



HORA DE ACTUAR

SEGUNDA EDICIÓN

PARA REDUCIR LOS
CONTAMINANTES
CLIMÁTICOS DE VIDA
CORTA

La Coalición de Clima y Aire Limpio para Reducir los Contaminantes de Vida Corta (CCAC) es una alianza voluntaria que vincula a gobiernos, organizaciones intergubernamentales, a la sociedad civil y al sector privado en el primer esfuerzo global para hacer frente a los contaminantes climáticos de vida corta (CCVC) como un desafío colectivo urgente, de manera que se protejan el medio ambiente y la salud pública, se promueva la seguridad alimentaria y energética, y se aborde la problemática del cambio climático a corto plazo. El trabajo de la Coalición complementa la acción mundial para reducir el dióxido de carbono, en particular los esfuerzos que se realizan bajo la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC).

Más información:

Secretariado
de la Coalición de Clima y Aire Limpio para Reducir
los Contaminantes Climáticos de Vida Corta
Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente
Rue de Milan 15
Tel: +33 (0)1 44 37 14 50
75441, París, Cedex 09, Francia
ccac_secretariat@unep.org
www.unep.org/ccac
<http://www.unep.org/spanish/ccac/>



Reconocimientos de la segunda edición en inglés

Coordinación editorial: Sophie Bonnard, UNEP–CCAC Secretariat; Nathan Borgford- Parnell, Advisor to the CCAC Secretariat

Revisores y colaboradores: CCAC Scientific Advisory Panel.

Colaboradores especiales: John Crump, GRID–Arendal; Helena Molin Valdes, UNEP–CCAC Secretariat; James Morris, UNEP–CCAC Secretariat; Arnico Panday (Arctic), ICIMOD; Pam Pearson (Arctic), ICCI; Durwood Zaelke, IGSD; Kaveh Zahedi, UNEP ROAP.

Gráficas e imágenes: Marta Díaz Hinarejos, GRID–Arendal.

Corrección de estilo: Judith Maréchal, GRID–Arendal.

Nota al lector

El contenido y las opiniones expresadas en esta publicación no necesariamente reflejan los puntos de vista o políticas, o cuentan con el aval de los socios de la CCAC o su Secretariado. Las denominaciones empleadas y la presentación del material en esta publicación no implican la expresión de ninguna opinión por parte de los socios de la CCAC o su Secretariado relativas a la condición jurídica de países, territorios, ciudades o zonas, o de sus autoridades, ni respecto de la delimitación de sus fronteras o límites.

Las opiniones expresadas no representan necesariamente la decisión o la política de los socios de la CCAC o de su Secretariado, ni la mención de marcas o procesos comerciales constituye un aval.

Si bien se han hecho esfuerzos razonables para asegurar que el contenido de esta publicación sea objetivamente correcto y adecuadamente referenciado, los socios de la CCAC o su Secretariado no aceptan responsabilidad alguna por la exactitud o exhaustividad de los contenidos, y no serán responsables por cualquier pérdida o daño que pueda ocasionarse, directa o indirectamente, a través del uso o al basarse en los contenidos de esta publicación.

Esta publicación puede ser reproducida en su totalidad o en parte y por cualquier medio para fines educativos o sin fines de lucro sin un permiso especial, siempre que se cite la fuente. El Secretariado de la CCAC agradecería recibir una copia de cualquier publicación que utilice esta publicación como fuente.

Ningún uso de esta publicación puede ser para su venta o para cualquier otro fin comercial sin permiso previo y por escrito del Secretariado de la CCAC.

Reconocimientos de la segunda edición en español

Traducción al español: Susana Escobar Maravillas, Sofía de Teresa Trueba, José Abraham Ortíz Álvarez.

Corrección de estilo: Raúl Marcó del Pont Lalli, Sofía de Teresa Trueba.

Revisión técnica: Dr. Víctor Hugo Páramo Figueroa, Dr. Arturo Gavilán García, M. en C. José Abraham Ortíz Álvarez.

Segunda edición: 2015

Presentación de la edición en español

Vivimos en un planeta cuya temperatura global es la más alta de los últimos 11,000 años, como resultado, en buena medida, de las actividades humanas, y México es uno de los países más vulnerables a los efectos de tal transformación.

Esto nos obliga a enfrentar retos enormes, que solo superaremos si llevamos a cabo acciones audaces, creativas, coordinadas y con horizontes temporales diversos. Sin duda, el compromiso más ambicioso que se ha propuesto nuestro país es la marcada reducción de sus emisiones para el año 2050, pero existen esfuerzos a plazos menores que pueden dar resultados palpables.

Como parte de los esfuerzos con efectos identificables a corto plazo destaca la reducción de los llamados contaminantes climáticos de vida corta (CCVC), como el carbono negro, el metano, el

ozono troposférico y muchos hidrofluorocarbonos (HFC's).

Como lo explica este trabajo, editado por la Coalición de Clima y Aire Limpio para Reducir los Contaminantes de Vida Corta, de la cual México es miembro fundador, los CCVC son agentes que contribuyen al calentamiento global. Y su vida útil en la atmósfera es relativamente breve, entre unos días y unas pocas décadas, a diferencia del CO₂, que permanece en la atmósfera durante siglos o miles de años. Y resultan peligrosos por sus efectos nocivos a la salud humana, la agricultura y los ecosistemas.

Que estos contaminantes permanezcan poco tiempo en la atmósfera significa que su mitigación acarrea beneficios a corto plazo, lo que favorece especialmente a

las regiones más vulnerables al cambio climático. Por ello la reducción de los CCVC representa una oportunidad que debemos aprovechar en la lucha contra los efectos de este desafío global.

En el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC), la instancia científica del gobierno federal mexicano en la materia, consideramos de gran utilidad contar con materiales de divulgación como el que tiene usted en sus manos, para ayudar a comprender mejor este fenómeno y contar con una ciudadanía informada que participe en los enormes esfuerzos que son necesarios para hacerle frente a uno de los principales retos de la humanidad.

Dra. María Amparo Martínez Arroyo

Directora General del Instituto Nacional
de Ecología y Cambio Climático

“Si alguien sugiere que puedes salvar cerca de 2,5 millones de vidas anualmente, reducir las pérdidas agrícolas globales anuales en casi 30 millones de toneladas y evitar que el cambio climático incremente medio grado Celsius,

¿qué harías?”

“Actuar, por supuesto...”

Achim Steiner
Director Ejecutivo del
Programa de las Naciones Unidas
para el Medio Ambiente (PNUMA)

Hora de actuar

CN CH₄ HCF's
Principales fuentes evitables de CCVC

Los contaminantes climáticos de vida corta están presentes en todos los ámbitos de nuestra vida cotidiana. Están afectando el sistema climático y la calidad del aire que respiramos. Es hora de actuar contra estos contaminantes y obtener múltiples beneficios a corto plazo para el bienestar humano.



01 Hora de actuar

Es hora de actuar.

Evaluaciones científicas recientes coordinadas por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) identificaron varias medidas que permitirán obtener a corto plazo la protección del clima, y obtener los beneficios de contar con un aire limpio (UNEP y WMO 2011; UNEP 2011a, b). La rápida adopción de estas medidas costo efectivas, fácilmente disponibles, y que están enfocadas a las emisiones de contaminantes de cambio climático de vida corta (CCVC) en sectores clave, podría proporcionar diversos beneficios inmediatos para el ser humano.

Los contaminantes climáticos de vida corta como el carbono negro (CN), el metano (CH₄), el ozono troposférico (O₃), y muchos hidrofluorocarbonos (HFC's), tienen un efecto de calentamiento en el clima, y la mayoría son también peligrosos contaminantes del aire con efectos negativos para la salud, la agricultura y los ecosistemas.

Estas medidas se extienden a una variedad de sectores: desde el manejo de residuos –donde las emisiones de CH₄ se pueden aprovechar como fuente de energía–, hasta el transporte –los vehículos con altas emisiones pueden ser retirados de circulación para reducir las emisiones de carbono negro–, pasan-

do por la industria –donde las nuevas tecnologías pueden ponerse en marcha para evitar el uso de HFC's con un alto potencial de calentamiento global (PCG)–. (Véase una lista de medidas en la página 22).

Achim Steiner, Director Ejecutivo del PNUMA, escribió: “Si alguien sugiere que puedes salvar cerca de 2,5 millones de vidas anualmente, reducir las pérdidas agrícolas globales anuales en casi 30 millones de toneladas y evitar que el cambio climático incremente medio grado Celsius, ¿qué harías?” “Actuar, por supuesto...”

“Más de una década de rigurosos trabajos científicos ha aportado evidencia que no se puede ignorar: que la acción inmediata sobre las fuentes de carbono negro, HFC's y metano puede aportar beneficios extraordinarios en términos de política pública, seguridad alimenticia y protección ambiental a corto plazo.”

El desafío de los CCVC

Los CCVC son responsables de una porción importante del cambio climático a corto plazo; tienen impactos particularmente importantes en regiones sensibles del planeta, y ocasionan daños significativos a la salud, la agricultura y el medio ambiente.

IMPACTOS

DE LOS CCVC
SOBRE EL CLIMA Y LA
CONTAMINACIÓN DEL AIRE



02 El desafío de los CCVC

Los contaminantes climáticos de vida corta (CCVC) y otros contaminantes coemitidos producen importantes impactos en nuestro sistema climático y en la calidad de nuestro aire.

Después del bióxido de carbono (CO₂), los más importantes contribuyentes con el actual calentamiento global actual son el CH₄, el CN y el O₃. Aunque las emisiones de HFC's son actualmente bajas, las proyecciones indican un aumento y podrían resultar equivalentes del 7 o al 19% de las emisiones de CO₂ para el 2050 (UNEP 2011b).

A nivel regional, el CN y el O₃ afectan la atmósfera inferior, alteran las lluvias y los patrones de circulación regional como el Monzón asiático, y pueden aumentar los efectos destructivos de las tormentas,

como sucede con los ciclones tropicales en el mar Arábigo. El CN oscurece la superficie de la nieve y el hielo, aumenta la absorción de la luz solar y agrava el derretimiento, particularmente en el Ártico y en otras regionales con glaciares y cubiertas de nieve.

El CN y los contaminantes coemitidos dan cuenta de la mayor parte del material particulado de 2.5 (PM2.5) que contamina el aire, y que representa a su vez una de las principales causas de enfermedades y muertes prematuras. Cada año mueren entre 3.5 y 3.2 millones de personas por la exposición a contaminación con PM2.5 en interiores y exteriores, respectivamente (Lim S. *et al.* 2012).

El O₃ –cuyo precursor principal es el CH₄–, es también un importante contami-

nante del aire que afecta la estructura y las funciones de los ecosistemas, la salud y productividad de las cosechas, lo que amenaza la seguridad alimentaria. El O₃ también reduce la capacidad de las plantas para absorber el CO₂, lo que altera su crecimiento y variedad.

Los CCVC son responsables de una parte sustancial del cambio climático a corto plazo; tienen un impacto particularmente grande en regiones sensibles del planeta, y pueden ocasionar daños significativos en la salud de los sistemas agrícolas y ambientales. Sin embargo, el desafío está aún por ser plenamente reconocido por la comunidad internacional.

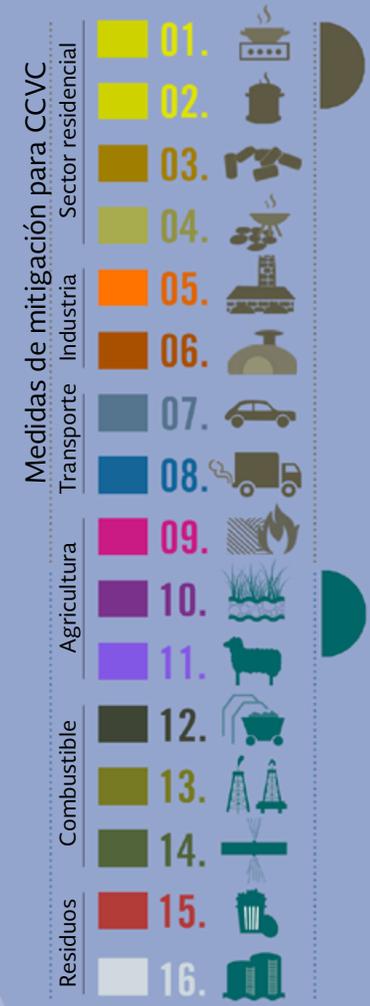
El beneficio de mitigar los CCVC

Los beneficios de las medidas de control

Se han identificado varias opciones de mitigación que, de ser implementadas con prontitud, tendrán el potencial de proporcionar con rapidez múltiples beneficios a los seres humanos, al mejorar la calidad del aire y al reducir el calentamiento global a corto plazo.

BENEFICIOS ANUALES

De la mitigación a gran escala a 2030



CALENTAMIENTO EVITADO



HASTA 0.5 °C DE CALENTAMIENTO EVITADO CON 16 MEDIDAS

HASTA 0.1 °C DE CALENTAMIENTO ADICIONAL EVITADO CON MEDIDAS PARA HFC's

03 El beneficio de mitigar los CCVC

Evidencia científica sólida indica que la aplicación rápida y a gran escala de las medidas de control de los CCVC proporcionaría a corto plazo múltiples beneficios de protección al clima, la salud pública, la seguridad alimentaria y energética.

Reportes recientes identificaron 16 medidas orientadas a la reducción del CN y el CH₄ que pueden aportar beneficios significativos para el bienestar humano al proteger el ambiente y la salud pública, promover la seguridad alimentaria y energética, y enfrentar el cambio climático a corto plazo. Estas medidas incluyen tecnologías y prácticas existentes y que, en su mayor parte, son costo efectivas.

Si se aplicaran de forma completa para el 2030, dichas medidas podrían reducir las emisiones globales de CH₄ en cerca del 40% y las emisiones de CN en alrededor del 80%, en relación a un escenario de referencia (INEP & WMO 2011).

Las principales reducciones de CH₄ se alcanzarían controlando las emisiones producidas por: las minas de carbón, la producción de petróleo y gas –incluyendo la desgasificación pre-mina–, la recuperación y oxidación del metano prove-

niente del aire ventilado de las minas de carbón, e implementando mejoras en el control de las emisiones fugitivas no intencionales generadas por la producción de petróleo y gas natural.

A nivel global, las medidas dirigidas al sector residencial y de transporte ofrecen el mayor potencial para la reducción de emisiones de carbono negro, incluyendo la aplicación de normas para la reducción de contaminantes provenientes de los vehículos, la eliminación de vehículos muy contaminantes, y la implementación de estufas y hornos más limpios y eficientes. Alrededor de la mitad de la reducción de estas emisiones podrían lograrse a través del ahorro en los costos netos durante el tiempo de vida de las medidas (UNEP 2011a).

La puesta en marcha a gran escala de estas medidas para el 2030 podría prevenir alrededor de 2.4 (0.7-4.6) millones de muertes prematuras anuales como resultado de la contaminación atmosférica exterior, y evitar la pérdida anual de cosechas por más de 50 (30-135) millones de toneladas, que representan un aumento de hasta el 4% del total de la producción anual global. La aplicación

podría también reducir la velocidad del calentamiento esperado para el 2050 en alrededor de 0.5°C (UNEP & WMO 2011) –y en cerca de 0.7°C en el Ártico para el 2040–; también podría ofrecer beneficios regionales climático significativos en porciones sensibles del planeta, al reducir la interrupción de los patrones de lluvia y disminuir el derretimiento de algunos glaciares (WB & ICCI 2013). Las acciones para reducir los impactos climáticos de los HFC's como el uso de refrigerantes de hidrocarburo en refrigeradores domésticos, los congeladores y unidades pequeñas de aire acondicionado, podrían proporcionar beneficios adicionales frente al cambio climático a corto plazo.

Sin embargo, aunque la acción rápida para mitigar los CCVC podría ayudar a reducir la tasa de cambio climático y mejorar las posibilidades de mantenernos por debajo de la meta a corto plazo de 2°C, la protección ambiental climática a largo plazo sólo será posible si se realizan rápidamente cambios profundos y persistentes en las emisiones de CO₂.

¿Qué son los contaminantes climáticos de vida corta?

Contaminantes climáticos de vida corta



FUENTES ANTROPOGÉNICAS

TIEMPO DE VIDA EN LA ATMÓSFERA



Responden a la mitigación a corto plazo

IMPACTOS/MITIGACIÓN

Carbono negro (CN)



Días



Metano (CH₄)



12 años



Ozono troposférico (O₃)



Semanas



Hidrofluorocarbonos (HFC's)



15 años
(ponderado según su uso)



Contaminantes climáticos de vida larga

Responden a la mitigación a largo plazo

Dióxido de carbono (CO₂)

Se necesitan reducciones rápidas, profundas y persistentes del CO₂ y otros gases de efecto invernadero de larga duración, para estabilizar el aumento en la temperatura global a largo plazo.

Hasta 60%
<100 años

Hasta 25%
>1000 años



IMPACTOS DE LOS CCVC

Dañan la salud pública



Reducen la seguridad alimentaria



Calientan la atmósfera



Aumentan el derretimiento del hielo y la nieve



Alteran los patrones climáticos



04 ¿Qué son los contaminantes climáticos de vida corta?

Los contaminantes climáticos de vida corta (CCVC) son sustancias con un tiempo de vida en la atmósfera relativamente corto –que va de un par de días a unas pocas décadas– y que tienen un efecto de calentamiento a corto plazo sobre el clima. Los principales CCVC son el carbono negro (CN), el metano (CH₄), el ozono troposférico (O₃) y muchos hidrofluorocarbonos (HFC's).

El corto tiempo que los CCVC permanecen en la atmósfera significa que si se reducen las emisiones de CCVC, sus concentraciones atmosféricas disminuirán en cuestión de semanas o años, con un efecto notable en la temperatura global durante las décadas siguientes. Por el contrario, el CO₂ tiene una larga duración, por lo que la mayoría de los beneficios climáticos tardarán décadas en notarse una vez realizadas las reducciones. Sin embargo, supo-

niendo que se lleva a cabo la reducción de los CCVC, el calentamiento a largo plazo estará determinado esencialmente por las emisiones acumulativas totales de CO₂, y serán efectivamente irreversibles en escalas de tiempo humanas de no controlarse las emisiones de carbono. Como podemos ver, los CCVC y el CO₂ tienen efectos climáticos importantes, pero se presentan a escalas de tiempo muy diferentes.

En algunos casos la mitigación de CCVC y CO₂ se logrará a través de distintas estrategias orientadas a diversos sectores, y muchas de las reducciones de CCVC tal vez resulten inicialmente motivadas por los beneficios que pueden ofrecer al mejorar la calidad del aire. Por lo tanto, la reducción de las emisiones de CCVC y CO₂ resultan metas complementarias.

Reducir la tasa de cambio climático a corto plazo dará lugar a múltiples be-

neficios, incluyendo la reducción de impactos del cambio climático en los seres vivos que habitan el planeta hoy en día, disminuir la pérdida de biodiversidad, proporcionar más tiempo para la adaptación climática y reducir el riesgo de ir más allá de los umbrales que conducen a un cambio climático irreversible. Adicionalmente, es probable que la reducción de los CCVC produzca mayores beneficios en la mitigación del calentamiento en el Ártico y otras regiones altas cubiertas de nieve y hielo, en las regiones del Himalaya tibetano, y en la reducción de impactos regionales en los patrones tradicionales de precipitación. También existen algunos beneficios a largo plazo a través de las respuestas al ciclo de carbono, y una disminución en el aumento del nivel del mar.

El carbono negro (CN) y sus co-contaminantes

TIEMPO DE VIDA EN LA ATMÓSFERA

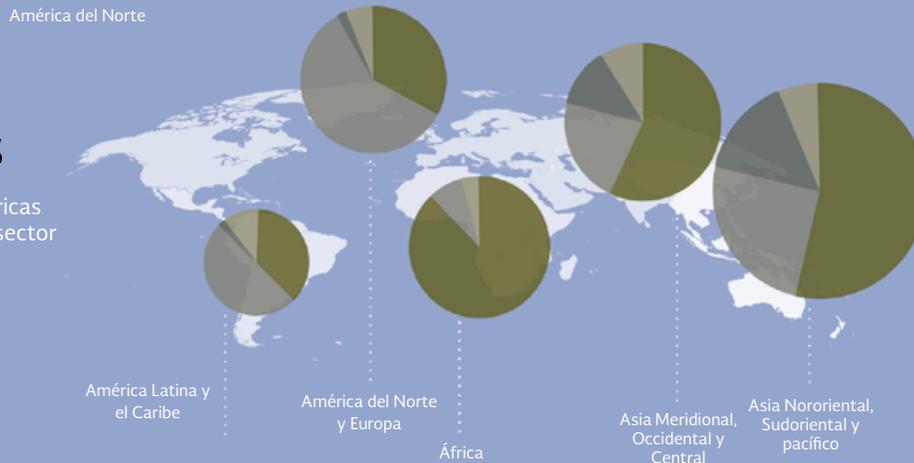
Días

EL carbono negro es un poderoso forzador climático y un peligroso contaminante del aire, que se forma a partir de la combustión incompleta de biomasa y combustibles fósiles.

IMPACTOS

EMISIONES

Principales fuentes ricas en CN por región y sector (2005)



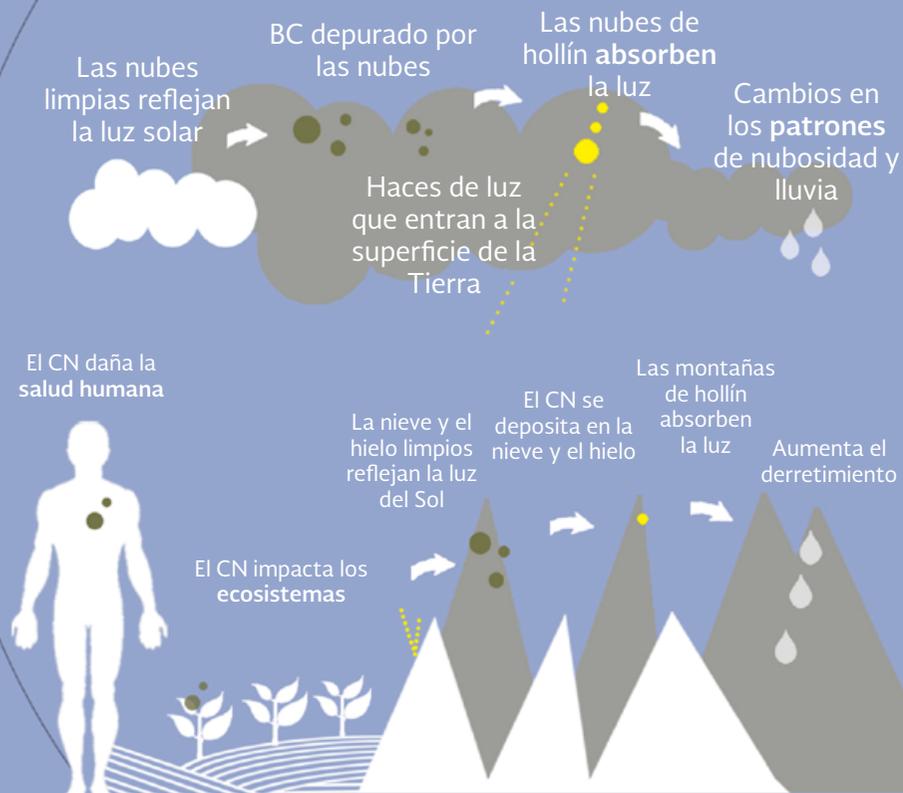
FUENTES PRIMARIAS RICAS EN CARBONO NEGRO

El CN siempre se emite junto con partículas co-contaminantes; algunas de ellas tienen un efecto de enfriamiento en el clima. La proporción de CN y sus co-contaminantes varía de acuerdo a la fuente y determina si una medida tiene un **efecto neto de calentamiento o neto de enfriamiento**.



Al estar suspendidas en la atmósfera, las partículas de CN contribuyen con el **calentamiento global** pues absorben la energía y la convierten en calor

El CN es un peligroso contaminante local del aire que puede ser **transportado por todo el globo terráqueo**



05 El carbono negro (CN) y sus co-contaminantes

El carbono negro (u hollín) es una pequeña partícula negra y el mayor componente del material particulado 2.5 (PM2.5) que contamina el aire, el cual es emitido junto con otros contaminantes por la combustión incompleta de biomasa y combustibles fósiles.

Cuando están suspendidas en la atmósfera, las partículas de CN contribuyen con el calentamiento global, al absorber la radiación solar entrante y convertirla en calor. Al depositarse sobre el hielo y la nieve, el carbono negro los oscurece y los hace menos reflectantes; es decir, aumenta su capacidad de absorción de luz; esto ocasiona un calentamiento local e incrementa la tasa de fusión o deshielo de la nieve y el hielo. Las regiones del Ártico y de glaciales como el Himalaya, son particularmente sensibles a los efectos del carbono negro.

El CN es siempre emitido junto con otras partículas contaminantes (co-contaminantes), como son el carbono orgánico y sulfatos, que pueden tener un efecto neutral o incluso enfriador sobre el clima. La proporción de CN y los otros contaminantes varía dependiendo de la fuente de emisión y tipo de combustible; los impactos netos de calentamiento pueden ser positivos o negativos, dependiendo de la fuente de emisión.

Por ejemplo, mientras que las emisiones provenientes de motores diésel tienen una mayor proporción de CN que de contaminantes enfriadores, las emisiones por incendios forestales y la quema de biomasa a cielo abierto presentan una proporción más balanceada. Cuando se evalúan las medidas para reducir las emisiones de CN, es importante considerar el efecto climático neto.

El CN y sus co-contaminantes conforman la mayor parte de PM2.5 del aire contaminado; las PM2.5 representan la principal causa ambiental de enfermedades y muertes prematuras, y consiste en partículas suspendidas de 2.5 micrómetros o más pequeñas de diámetro—aproximadamente 40 veces más pequeñas que un grano de sal de mesa—, que permanecen suspendidas en el humo y la neblina. En 2010, se estimó que la contaminación del aire por PM2.5 en ambientes interiores (hogares) y al aire libre ha causado más de 3.5 y 3.2 millones de muertes prematuras, respectivamente (Lim S. *et al.* 2012).

El CN puede también afectar la salud de los ecosistemas de distintas maneras: al depositarse sobre las hojas de las plantas incrementa su temperatura, disminuyendo o atenuando la luz solar que llega al planeta y, también, modificando los patro-

nes de lluvia. Esto último puede tener consecuencias mayores para los ecosistemas y estilos de vida; por ejemplo, interrumpe el ciclo de los monzones, que son fundamentales para la agricultura en zonas extensas de Asia y África.

El 80% de las emisiones antropogénicas de CN en 2005 incluyeron la combustión residencial, comercial, y el transporte (PNUMA y OMM 2011); otras fuentes importantes fueron los procesos industriales y la quema de desechos agrícolas. También existen pequeñas fuentes de CN, como son la extracción de combustibles fósiles, la combustión a gran escala (incluyendo plantas de generación eléctrica y calderas industriales), y la quema de basura al aire libre o a cielo abierto. Nuevos datos muestran que las lámparas de queroseno pueden ser una fuente significativa de carbono negro (Jacobson A. *et al.* 2013). En las próximas décadas se esperan importantes variaciones regionales en las emisiones, con una disminución de hasta la mitad en Norteamérica y Europa debido a las medidas de mitigación en el sector de transporte y, por otro lado, con aumentos significativos en Asia y África.

Metano (CH₄)

TIEMPO DE VIDA EN LA ATMÓSFERA

12 años

Las emisiones de metano resultantes de la actividad humana son una de las principales causas del cambio climático. El metano es también el principal precursor del ozono troposférico, un poderoso gas de efecto invernadero y contaminante del aire.

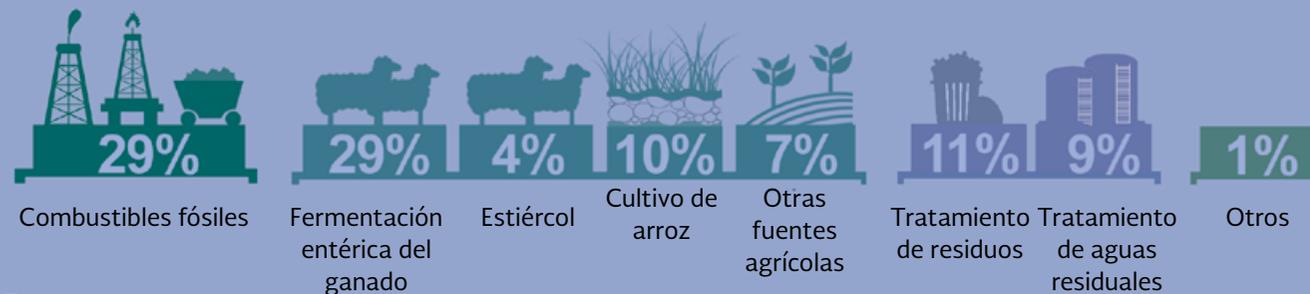
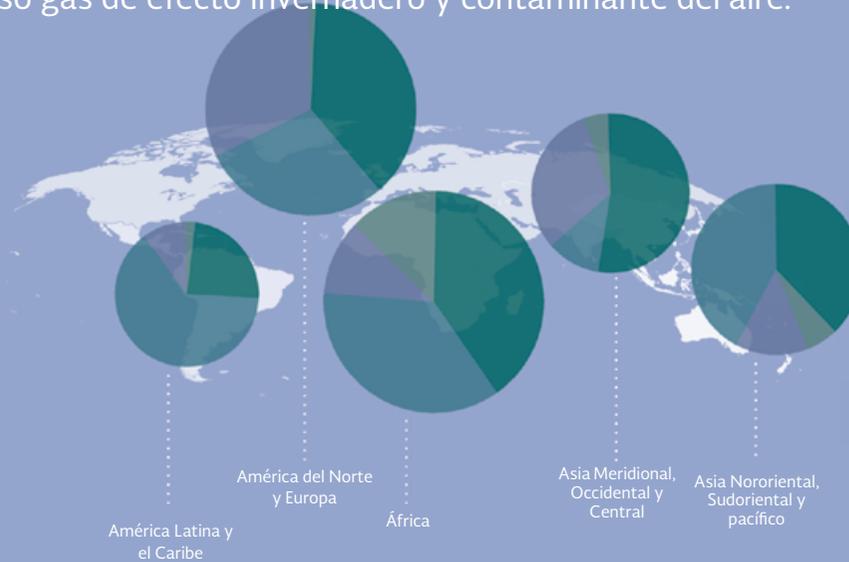


El CH₄ es un poderoso gas de efecto invernadero que contribuye con el calentamiento global

EMISIONES

y fuentes principales por región y sector

(2005)



Principales **fuentes** antropogénicas (60% de las emisiones de metano provienen de actividades humanas)

310 Megatoneladas (Mt) de emisiones antropogénicas de metano en 2005

IMPACTOS

En términos globales, las crecientes emisiones de metano son **responsables de la mitad del aumento observado en los niveles de O₃**



Aunque el metano no causa daños directos a la salud humana o la producción agrícola, su papel como gas precursor de O₃ contribuye en gran medida con diversos daños a la salud y la producción agrícola.



06 Metano (CH₄)

El CH₄ es un poderoso gas de efecto invernadero con un tiempo de vida media en la atmósfera de aproximadamente 12 años. Las emisiones de CH₄ causadas por actividades humanas son uno de los impulsores más importantes del cambio climático. El CH₄ influye directamente en el sistema climático, pero también afecta indirectamente tanto la salud humana como la de los ecosistemas, y la producción agrícola a través de su rol como precursor prima-

rio de O₃ troposférico: un poderoso gas de efecto invernadero y contaminante del aire (PNUMA y OMM 2011). Se ha estimado que la contaminación por O₃ causa alrededor de 150.000 muertes anuales en todo el mundo y afecta la salud de muchas más personas (Lim S. *et al.* 2012).

Aproximadamente el 60% del metano es emitido por actividades humanas. En 2005, la agricultura (especialmente la producción de arroz), la cría de ganado,

la producción y distribución de combustible fósil y el manejo de los residuos municipales (sólidos y de aguas residuales) representaron el 93% de las emisiones antropogénicas globales o mundiales de metano. De acuerdo con las tendencias proyectadas, se espera que, de no realizarse mayores esfuerzos de mitigación, las emisiones de metano antropogénico se incrementen en un 25% para el 2030 (PNUMA y OMM 2011).

Ozono troposférico (O₃)

El ozono troposférico (O₃) es uno de los principales contaminantes del aire y el clima. Incrementa el calentamiento del planeta y es un oxidante altamente reactivo, que daña la producción de cultivos y la salud humana. El O₃ es un contaminante secundario pues no se produce directamente, sino que se forma cuando los gases precursores reaccionan en presencia de la luz solar.

TIEMPO DE VIDA EN LA ATMÓSFERA

Semanas



IMPACTOS



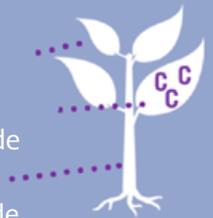
Los precursores de O₃ pueden ser transportados por todo el planeta, y por ello representan un problema de contaminación transfronteriza.



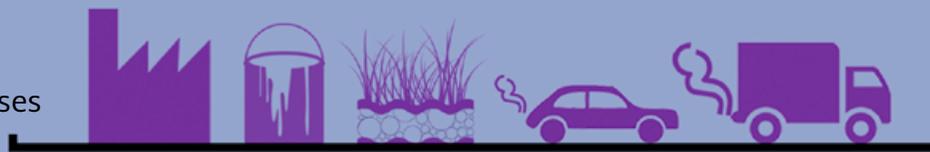
El O₃ troposférico calienta la atmósfera

El O₃ daña las plantas y afecta la producción agrícola al reducir:

- la fotosíntesis
- la capacidad de captura de carbono
- la salud y productividad de las cosechas



Fuentes de gases precursores



La contaminación por O₃ causa más de 150 mil muertes prematuras cada año, y produce millones de enfermedades crónicas, especialmente en niños y ancianos.

07 Ozono troposférico (O₃)

El O₃ es conocido como un gas secundario porque en lugar de ser emitido directamente, se forma cuando gases precursores se oxidan al entrar en contacto con la luz solar; algunos ejemplos de estos gases precursores son los compuestos orgánicos volátiles diferentes al metano (COVNM) y los óxidos de nitrógeno (NO_x) (U.S. EPA 2013, PNUMA y OMM 2011).

En la parte superior de la atmósfera (estratósfera) el O₃ actúa como un protector o escudo que protege al planeta del daño de la radiación de la luz ultravioleta. Sin embargo, en la atmósfera baja (tropósfera) el O₃ es un potente gas de efecto invernadero y un dañino contaminante que tiene efectos adversos en la salud pública y de los ecosistemas. En la tropósfera, el O₃ reduce la capacidad de

las plantas para absorber CO₂, alterando con ello su crecimiento y variedad; daña la estructura y funcionamiento de los ecosistemas y, también, la salud y productividad de los cultivos; por esta razón, amenaza la seguridad alimentaria.

Como resultado, el O₃ reduce la capacidad neta de captación de carbono de los ecosistemas terrestres, y disminuye su productividad. Este factor puede ser tan responsable del calentamiento del planeta como el ozono de efecto invernadero.

El O₃ troposférico es el principal componente del smog fotoquímico urbano, y un oxidante altamente reactivo que, al ser inhalado, puede empeorar la bronqui-

tis y los enfisemas, desencadenar asma y dañar permanente el tejido pulmonar. La exposición al O₃ troposférico es responsable de aproximadamente 150,000 muertes prematuras al año (Lim S. *et al.* 2012). Los niños, los adultos mayores y las personas con enfermedades en los pulmones o cardiovasculares, se encuentran en mayor riesgo de sufrir efectos adversos en su salud.

HIDROFLUOROCARBONOS (HFC's)

Los HFC's son gases fluorados con un poderoso efecto invernadero, que son creados por el hombre, y que se están incrementando rápidamente en la atmósfera. Se utilizan como sustitutos de las sustancias agotadoras de la capa de ozono (SAO) en aires acondicionados, refrigeración, agentes espumantes, retardantes de flama y aerosoles.

TIEMPO DE VIDA EN LA ATMÓSFERA

15 años

(Ponderado por uso)

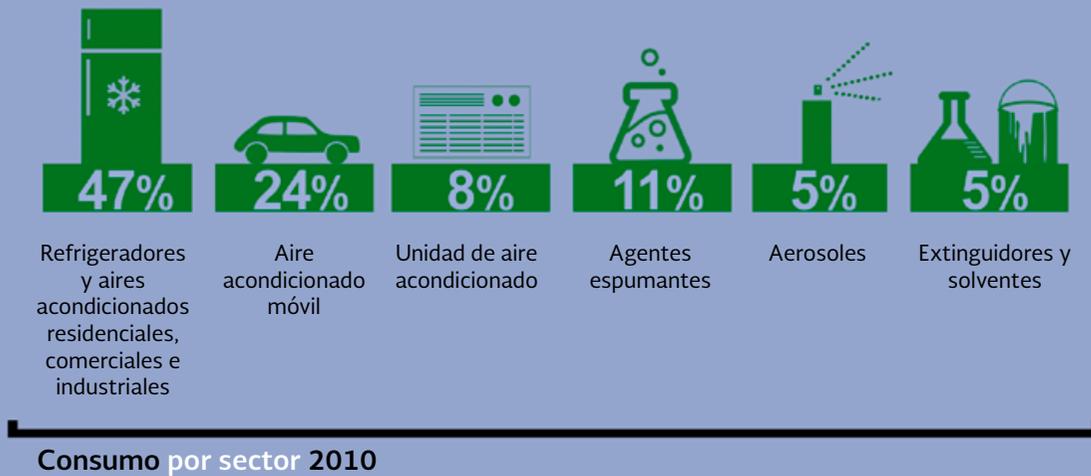


Los HFC's son poderosos gases de efecto invernadero que contribuyen al calentamiento global

CONSUMO

por sector

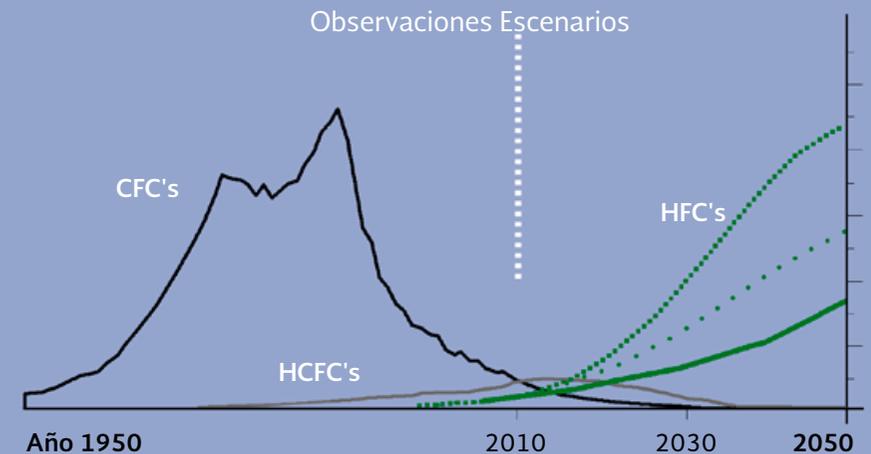
Mientras los HFC's han causado menos del 1% del calentamiento global a la fecha, la producción, el consumo y las emisiones de estos gases industriales crece a una tasa de 8% anual.



CRECIMIENTO PROYECTADO

La demanda de aire acondicionado y refrigeración crece conforme el mundo se calienta y aumenta la riqueza.

El uso de HFC's se eleva rápidamente porque estos gases están siendo adoptados en forma masiva como sustitutos de las sustancias agotadoras de la capa de ozono (SAO), como son los clorofluorocarbonos (CFC's) y los hidroclofluorocarbonos (HCFC's), y cuyo uso debe eliminarse de acuerdo con el Protocolo de Montreal.



08 Hidrofluorocarbonos (HFC's)

Los hidrofluorocarbonos (HFC's) son poderosos gases de efecto invernadero de origen antropogénico, utilizados principalmente para obtener aire acondicionado, refrigeración, espuma, extintores, solventes y aerosoles. Su uso se ha incrementado debido a que se han adoptado ampliamente como reemplazantes de sustancias agotadoras de O₃ (SAO), incluyendo los clorofluorocarbonos (CFC's) e hidroclorofluorocarbonos (HCFC's), los cuales se están eliminando gradualmente de acuerdo con lo estipulado en relación a las sustancias que agotan la capa de ozono, por el Protocolo de Montreal.

La mezcla de los HFC's usados actualmente ponderados por uso (tonelaje), tiene un tiempo de vida atmosférico promedio de 15 años (Velders G.J.M. *et al.* 2009). Aunque los HFC's sólo representan una pequeña fracción del total de los gases de efecto invernadero (menos del 1%), se encuentran actualmente entre los de más rápido crecimiento (en porcentaje) en muchos países, incluyendo los Estados Unidos de América, la Unión Europea, China e India. Las emisiones con alto potencial de calentamiento global (PCG) de HFC's

están aumentando rápidamente, hasta en un 8% o más por año (PNUMA 2011b). Un estudio reciente concluyó que el reemplazo de los HFC's con alto potencial de calentamiento global por alternativas con bajo potencial de calentamiento global podría evitar en 0,1°C el calentamiento para el año 2050 (Xu Y. *et al.* 2013).

Medidas de mitigación de los CCVC

16 medidas costo efectivas que incluyen tecnologías y prácticas existentes y que podrían reducir significativamente las emisiones de CCVC. Si se aplican de manera global, estas medidas podrían reducir las emisiones de metano en un 40%, y de carbono negro en un 80% para el 2030. Las medidas para mitigar los HFC's con potencial de calentamiento global podrían ofrecer beneficios climáticos a corto plazo.

Sector residencial

CN

01. Reemplazar estufas tradicionales de leña por estufas a base de combustibles modernos.

02. Reemplazar las formas tradicionales de cocinar y calentar, por estufas que usan biomasa con combustión limpia.

03. Reemplazar estufas y fogones de leña con desperdicios de madera (pellet).

04. Reemplazar piezas de carbón con ladrillos de carbón para cocinar y calentar.

Industria

05. Reemplazar los hornos de ladrillos artesanales con hornos mejorados.

06. Reemplazar los hornos tradicionales de cocción con hornos modernos de recuperación.

07. Filtros de partículas diesel para vehículos para carretera e industriales (EURO VI).

08. Eliminar vehículos diesel con altos niveles de emisiones.

Agricultura

09. Prohibir la quema a cielo abierto de residuos agrícolas.

10. Aireación intermitente de los campos de cultivo de arroz anegados continuamente.

11. Mejorar el manejo del estiércol y la alimentación del ganado.

12. Desgasificación pre-mina, recuperación y oxidación del CH4 de las ventilaciones de aire de las minas de carbón.

Combustible fósil

CH4

Manejo de residuos

13. Recuperación y uso del gas y de las emisiones fugitivas de la producción de petróleo y gas natural.

14. Reducir las fugas en los ductos de transporte de gas a larga distancia.

15. Separación y tratamiento de residuos municipales biodegradables y colección de gas residual.

16. Modernizar el tratamiento de aguas residuales con recuperación de gas y control de flujo excesivo.

HFC's

+ medidas para HFC's

Reemplazar los HFC's de alto impacto, con alternativas de bajo impacto.



09 Medidas de mitigación de los CCVC

Una evaluación coordinada en 2011 por el PNUMA y la Organización Meteorológica Mundial (OMM) identificó 16 medidas de control para los CCVC. De implementarse a nivel global para el 2030, estas medidas podrían ofrecer beneficios significativos en la protección del clima y una mejora en la calidad del aire (PNUMA y OMM 2011).

Estas medidas de control involucran tecnologías y prácticas existentes que ya han sido implementadas a nivel global con un enfoque en los sectores que emiten CCVC, incluyendo la producción y distribución de combustibles fósiles, el uso de energía para uso industrial y residencial, así como el transporte, el manejo de los desechos y la agricultura.

De ser implementadas a nivel global para el 2030, estas 16 medidas podrían reducir las emisiones globales de CH₄ has-

ta en un 40%, y en el caso del CN hasta en un 80%, respecto de un escenario de referencia (PNUMA y OMM 2011). Aproximadamente la mitad de la reducción de estas emisiones podría lograrse a través de los ahorros en costos a lo largo del periodo de aplicación de las medidas.

Además de estas medidas, la sustitución de los HFC's con alto potencial de calentamiento global por alternativas con bajo potencial de calentamiento global, tiene el potencial de abordar con eficacia el forzamiento climático de este sector.

Debido a que los HFC's son un producto industrial, se pueden controlar con mayor eficacia al disminuir gradualmente su producción y consumo (PNUMA 2011b). Además de los beneficios directos para el clima por la mitigación de los HFC's, eliminación global de los HFC's también podría

proporcionar beneficios indirectos a través de mejoras en la eficiencia energética de los refrigeradores, acondicionadores de aire, así como en otros artefactos y equipos que utilizan estos productos químicos. Así, estos aumentos en la eficiencia podrían reducir las emisiones de CO₂ (PNUMA y CCAC 2014).

Mientras que la rápida implementación de las medidas de mitigación de los CCVC, incluido el CN, el metano, el O₃ troposférico y otros HFC's, ayudaría a retrasar la tasa de cambio climático y aseguraría la oportunidad de mantenerse bajo los 2°C a corto plazo, a largo plazo la protección del clima sólo será posible si se realiza una profunda y rápida eliminación de las emisiones de CO₂ (PNUMA y OMM 2011).

Costo de las medidas de control de los CCVC

Es posible alcanzar reducciones de la mitad de las emisiones de CN y CH₄ con ahorros netos en costos o costos bajos durante el tiempo que duren las medidas puestas en marcha, tomando exclusivamente en consideración los beneficios climáticos. Si se consideran todos los beneficios, todas las medidas resultan costo-efectivas.

BENEFICIOS CLIMÁTICOS GLOBALES

Proporción total del calentamiento evitado a partir de las reducciones de CCVC en 2050

AHORROS NETOS O DE BAJOS COSTOS

COSTOS MODERADOS

COSTOS ALTOS

DIFÍCILES DE CUANTIFICAR*

* Porque dependen de una fuerte capacidad de gobernanza y marcos regulatorios que permitan obtener el éxito y superar las barreras y costos de su implementación, así como del monitoreo y cumplimiento, que son difíciles de cuantificar

BENEFICIOS NO CLIMÁTICOS

Sector residencial

01.

Reemplazar estufas tradicionales de leña por estufas a base de combustibles modernos.



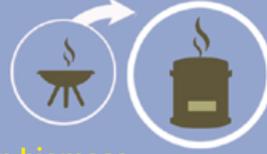
25%



- Protección a la salud
- Calidad del aire en interiores
- Protección a las cosechas

02.

Reemplazar las formas tradicionales de cocinar y calentar por estufas que usan biomasa con combustión limpia.



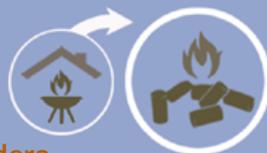
2%



- Eficiencia energética
- Protección a la salud

03.

Reemplazar estufas y fogones de leña con desperdicios de madera (pellet).



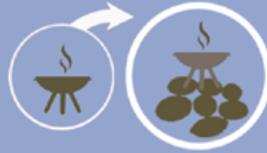
4%



- Eficiencia energética
- Protección a la salud

04.

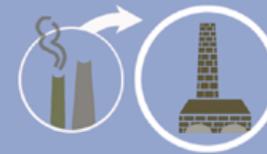
Reemplazar piezas de carbón con ladrillos de carbón para cocinar y calentar.



Industria

05.

Reemplazar los hornos de ladrillos artesanales con hornos mejorados.



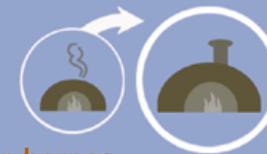
0.5%



- Ladrillos de mejor calidad
- Protección a la salud
- Eficiencia energética

06.

Reemplazar los hornos tradicionales de cocción con hornos modernos de recuperación.



1.5%



- Producción costo-efectiva
- Eficiencia energética

Transporte

07.

Filtros de partículas diesel para vehículos en carretera e industriales (EURO VI).



1%



3%



- Cuidado de la salud
- Protección de las cosechas



3%



08.

Eliminar vehículos diésel con altos niveles de emisiones.



6.5%



- Protección a la salud
- Eficiencia energética



Costo de las medidas de control de los CCVC

Agricultura

09.		5%		BENEFICIOS CLIMÁTICOS GLOBALES
				AHORROS NETOS O DE BAJOS COSTOS
Prohibir la quema a cielo abierto de residuos agrícolas.				
10.		3%		BENEFICIOS CLIMÁTICOS GLOBALES
				AHORROS NETOS O DE BAJOS COSTOS
Aireación intermitente de los campos de cultivo de arroz anegados continuamente.				
11.		0.5%		BENEFICIOS CLIMÁTICOS GLOBALES
				AHORROS NETOS O DE BAJOS COSTOS
Mejorar el manejo del estiércol y la alimentación del ganado.				
12.		6%		BENEFICIOS CLIMÁTICOS GLOBALES
				AHORROS NETOS O DE BAJOS COSTOS
Desgasificación pre-mina, recuperación y oxidación del CH4 proveniente de las ventilaciones de aire de las minas de carbón.				
13.		11%		BENEFICIOS CLIMÁTICOS GLOBALES
				AHORROS NETOS O DE BAJOS COSTOS
Recuperación y uso del gas y de las emisiones fugitivas de la producción de petróleo y gas natural.				

Combustible fósil

Manejo de residuos

13.		2%		BENEFICIOS CLIMÁTICOS GLOBALES
				AHORROS NETOS O DE BAJOS COSTOS
Fuga durante la producción de petróleo				
Eficiencia energética				
Seguridad laboral				
14.		2.5%		BENEFICIOS CLIMÁTICOS GLOBALES
				AHORROS NETOS O DE BAJOS COSTOS
Reducir las fugas en los ductos de transporte de gas a larga distancia.				
Economía a largo plazo				
Eficiencia energética				
Protección de cultivos				
15.		9.5%		BENEFICIOS CLIMÁTICOS GLOBALES
				AHORROS NETOS O DE BAJOS COSTOS
Separación y tratamiento de residuos municipales biodegradables y colección de gas residual.				
Mejor manejo de residuos				
Eficiencia energética				
Protección de cultivos				
16.		1.5%		BENEFICIOS CLIMÁTICOS GLOBALES
				AHORROS NETOS O DE BAJOS COSTOS
Modernizar el tratamiento de aguas residuales con recuperación de gas y control de flujo excesivo.				
Mejor manejo del agua				
HFC's		-0.1°C para el 2050		BENEFICIOS CLIMÁTICOS GLOBALES
				AHORROS NETOS O DE BAJOS COSTOS
Reemplazar los HFC's de alto impacto, con alternativas de bajo impacto				
Eficiencia energética				

HFC's



← 10 A/B Costos de las medidas de control (ver págs. 24–25)

Las 16 medidas de control de CN y CH₄ identificadas ya han sido implementadas a nivel global; por lo tanto, los costos directos de la implementación pueden ser estimados en la mayoría de los casos. Los costos indirectos relacionados con las medidas que evalúan los beneficios en costos de la salud y producción de cultivos son más difíciles de evaluar.

Aún sin tomar en cuenta el valor de los beneficios en la salud y producción de cultivos, cerca de la mitad de los beneficios obtenidos con la reducción de la temperatura asociada con el CN y el CH₄ podría

ser alcanzada con ahorros de los costos netos (como promedio global) sobre el tiempo de vida útil de las medidas tecnológicas; es decir, la inversión inicial se verá compensada con los ahorros posteriores o a futuro (por ejemplo, mediante el uso de gas recuperado).

Los costos de algunas medidas que no sólo dependen de la implementación de nueva tecnología, sino también de un cambio de política como la eliminación de vehículos con altas emisiones o la prohibición de la quema a cielo abierto de residuos agrícolas, son más difíciles de cuan-

tificar. Estas medidas representan poco más del 10% de los beneficios totales de temperatura (PNUMA 2011a).

Se están realizando evaluaciones de los costos de las alternativas con bajo potencial de calentamiento global. Tales medidas se asocian a importantes beneficios de eficiencia energética en distintos sectores, como la refrigeración doméstica y comercial, así como algunos sistemas de aire acondicionado (PNUMA y CCAC 2014).

11 Beneficios climáticos de la mitigación de los CCVC: calentamiento global evitado

La completa o total implementación de las 16 medidas de control de CN y CH₄ para el 2030 podría prevenir un incremento adicional de 0.5°C de calentamiento adicional para el 2050 (PNUMA y OMM 2011). Estudios recientes proyectan que los HFC's con alto potencial de calentamiento global podrían ser sustituidos con alternativas de bajo potencial de calentamiento global, y así evitar un aumento adicional de 0.1°C de calentamiento para el año 2050 (Xu Y. *et al.* 2013).

La pronta implementación de las me-

didias de control de los CCVC –de estar acompañadas de medidas profundas y persistentes orientadas a la reducción de las emisiones de CO₂–, podría aumentar las posibilidades de no incrementar la temperatura de 2°C con respecto a los niveles preindustriales.

Por último, aunque los mayores beneficios son a corto plazo, la reducción de los CCVC podría también ofrecer beneficios a largo plazo, con respecto a las respuestas del ciclo del carbono y la reducción del ascenso del nivel del mar.

Sin embargo, es importante destacar que la implementación de las medidas de control de los CCVC no actúa de manera directa sobre la problemática del CO₂. Independientemente de las tendencias de los CCVC, los científicos estiman que será imposible mantenerse dentro de los límites de los 2°C, a menos de que el crecimiento de las emisiones de CO₂ sea prontamente revertido y restringido.

Beneficios de la mitigación de los CCVC

Calentamiento global evitado

La inmediata puesta en marcha de las medidas de mitigación de los CCVC, junto con la realización de acciones orientadas a la reducción de las emisiones de CO₂, mejoraría enormemente las posibilidades de mantener el aumento de temperatura de la Tierra en menos de 2°C, con respecto a los niveles previos a la industrialización.

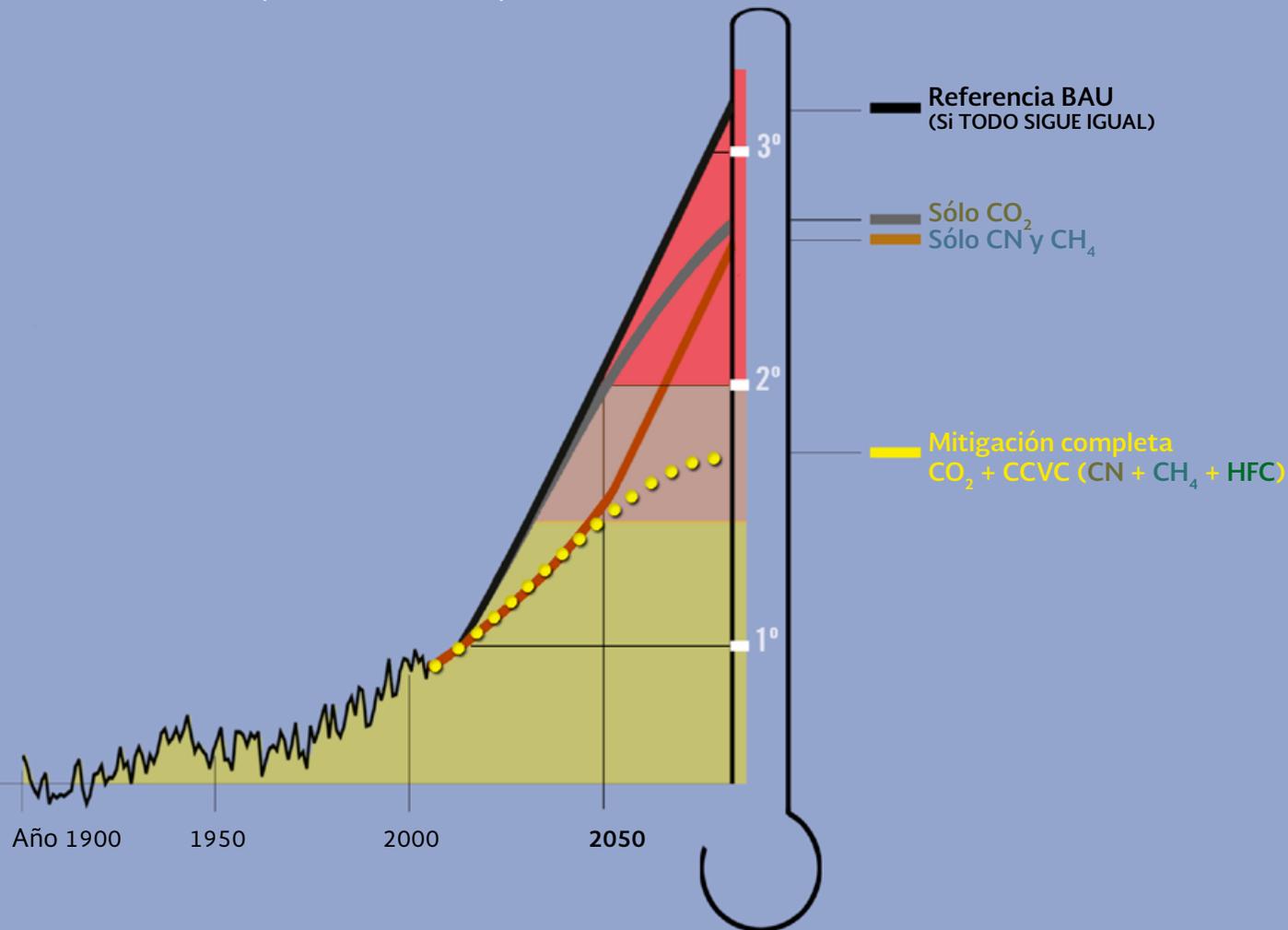
CALENTAMIENTO
GLOBAL
EVITADO EN 2050

CN + CH₄ 0.5°C

HFC's 0.1°C

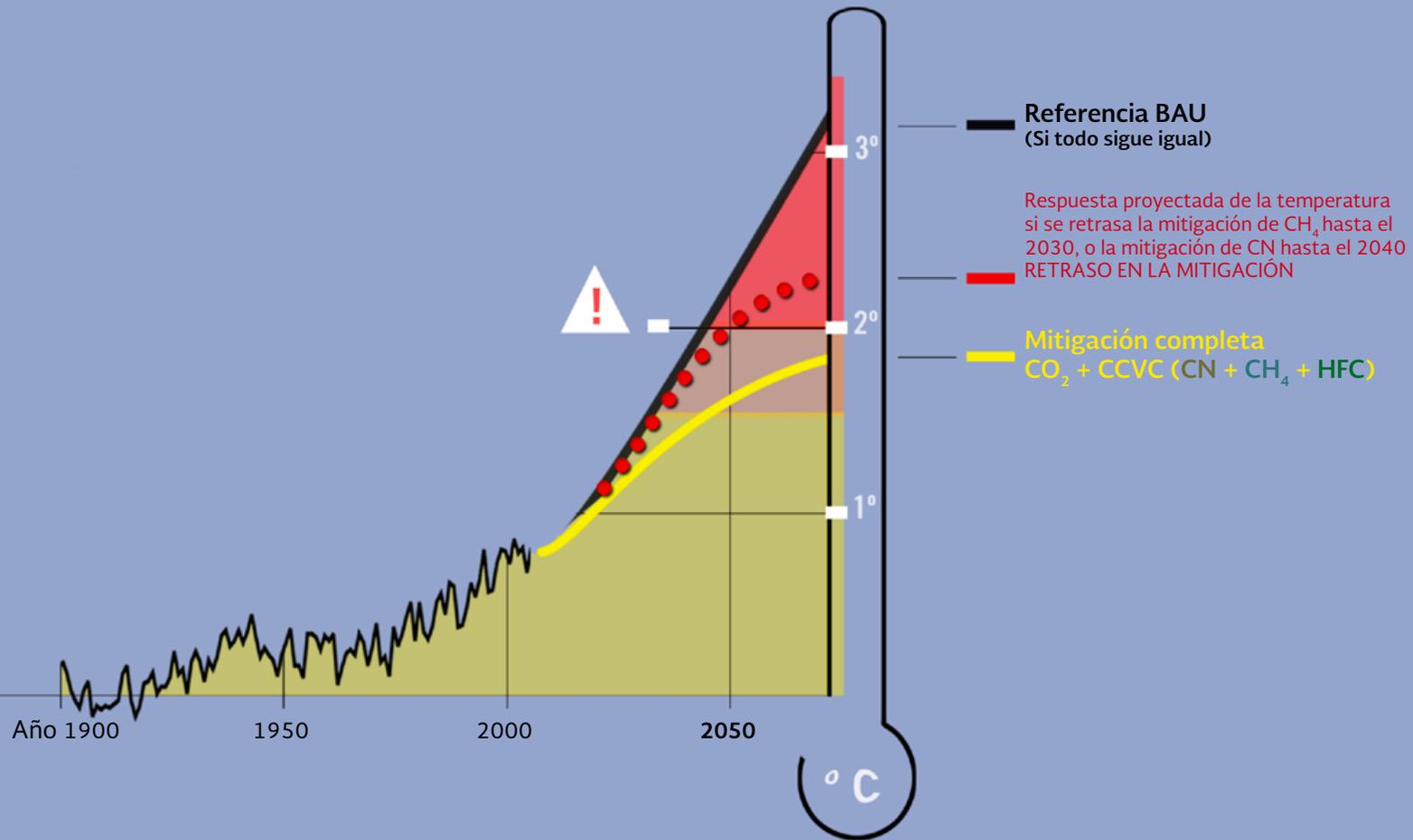
CCVC 0.6°C

Temperatura simulada de acuerdo
con varios escenarios de mitigación
CO₂, CN, CH₄, HFC's



Consecuencias de retrasar la mitigación de los CCVC

Retrasar la aplicación de medidas de control de los CCVC podría traer importantes consecuencias negativas para el aumento de la temperatura.



12 Consecuencias de retrasar la mitigación de los CCVC

No es suficiente con actuar; debemos hacerlo ya. Retrasar la implementación de las medidas de control, ya sea de CO₂ o de los CCVC, podría traer importantes y negativas consecuencias sobre la temperatura, así como efectos acumulativos en el incremento del nivel de los océanos y el bienestar humano.

El tiempo de vida relativamente corto de los CCVC implica que los beneficios climáticos podrían ser alcanzados rápidamente después de la mitigación, si ocurre hoy o al término del siglo. Además, el tiempo de reducción no afecta mayormente la tendencia del calentamiento inducido. Sin

embargo, un retraso en el corte puede llevar a no alcanzar los múltiples beneficios a corto plazo. Un estudio reciente ha modelado y proyectado que el retraso en la implementación de las medidas de control de los CCVC por 25 años llevaría a tener impactos significativos e irreversibles en el sistema climático (Hu A. *et al.* 2013).

En el caso del CO₂, la lenta respuesta climática a las medidas de mitigación implica que cuanto más se retrase el tomarlas, más severos y permanentes resultarán el calentamiento y sus impactos.

Si no tomamos acción o medidas ahora, la inercia del sistema climático podría

originar que la temperatura sobrepase o supere en este siglo el umbral de los 2°C, y en ese contexto la gente no tendría la capacidad o tiempo de adaptarse. Además, esto podría empujar al clima a un punto de inflexión (no retorno) desencadenando con ello una serie de eventos a una escala y rapidez que hará imposible regresar a la condición previa.

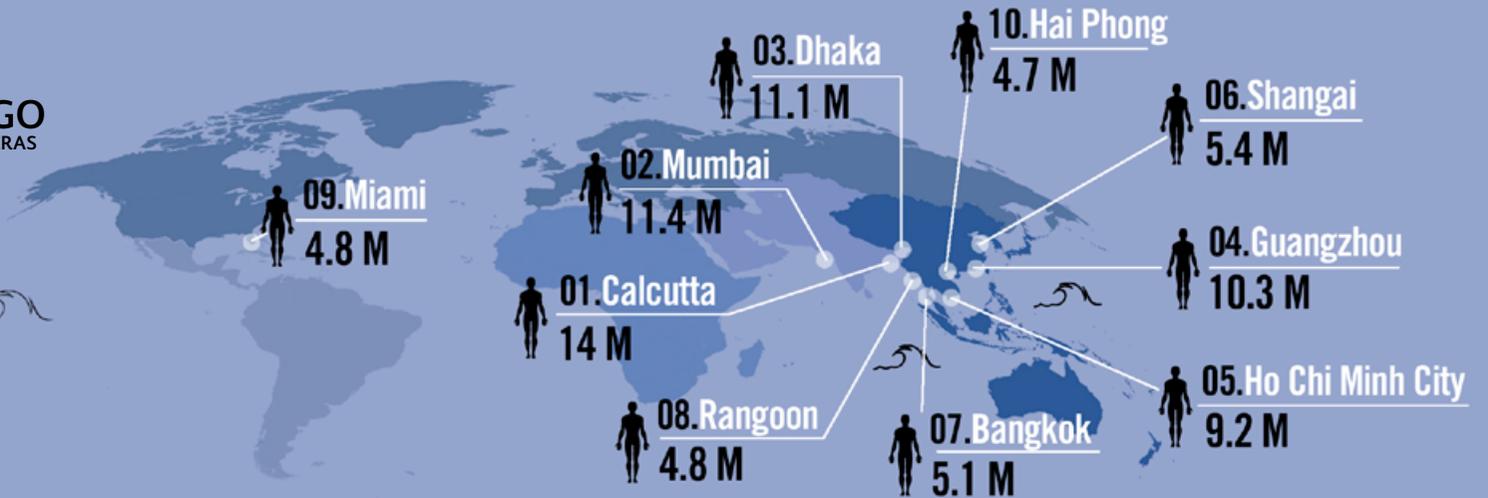
El aumento del nivel del mar y los CCVC

Las medidas para controlar los CCVC podrían ayudar a reducir la tasa de aumento del nivel del mar, que es uno de los aspectos más preocupantes del cambio climático.

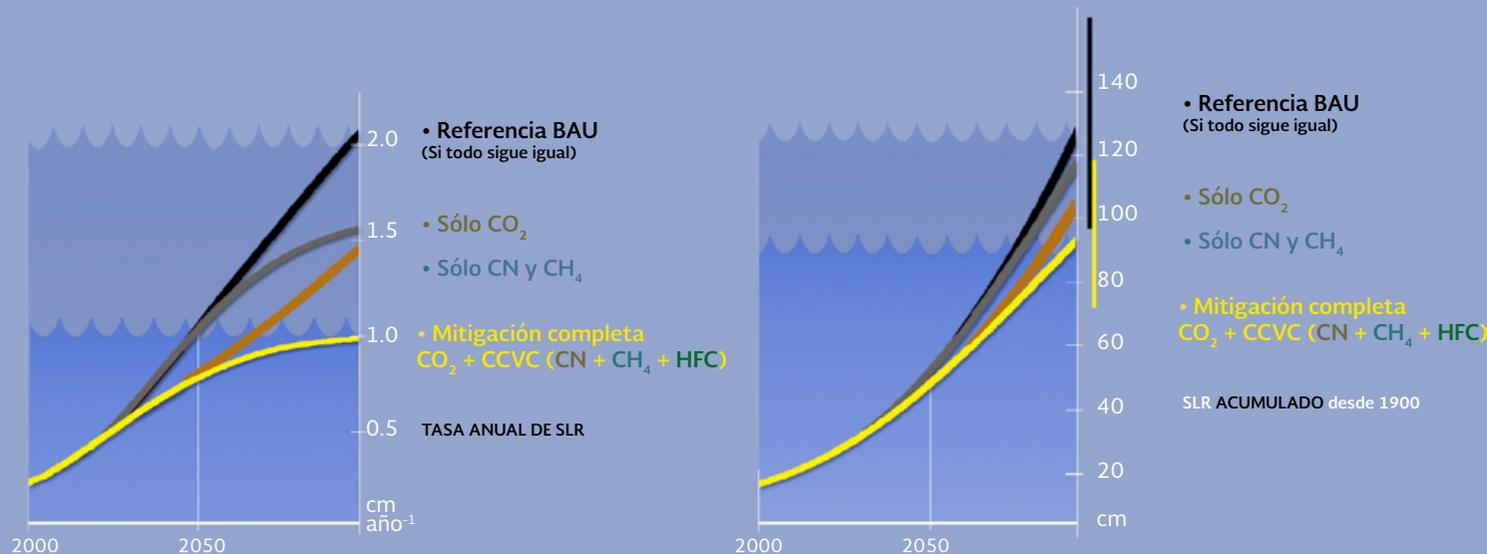
LAS 10 CIUDADES EN RIESGO DE DAÑO A LA POBLACIÓN POR INUNDACIONES COSTERAS

Vulnerabilidad con base en proyecciones de un aumento de 1 m del nivel del mar en 2070

Se espera que el aumento del nivel del mar en los océanos Índico y Pacífico occidental sean entre el 10 y el 20% mayores que el promedio global.



PROYECCIÓN DEL AUMENTO EN EL NIVEL DEL MAR (SLR) PARA 2010



13 El aumento del nivel del mar y los CCVC

A medida que los glaciares terrestres y las capas de hielo se derriten y el calentamiento de los océanos se expande, el aumento del nivel del mar se ha acelerado hasta 3 milímetros anuales en años recientes (IPCC 2013). La última evaluación del IPCC señaló que la tasa de aumento del nivel del mar desde la mitad del siglo XIX ha sido mayor que la tasa media de los dos milenios anteriores.

El impacto potencial del aumento del nivel de los océanos es uno de los más preocupantes efectos del cambio climático. Muchas de las principales ciudades del mundo como Amsterdam, Bangkok, Calcuta, Dhaka, Miami, Nueva York, Shanghai y Tokio, se encuentran en zonas costeras bajas. Si las temperaturas continúan elevándose, los niveles del mar podrían subir hasta un metro en este siglo, y aún más en los siglos siguientes (IPCC 2013). Tal aumento podría sumergir comunidades costeras densamente pobladas, cuando sean golpeadas por tormentas.

El aumento en el nivel del mar traerá consigo diversas y serias amenazas para las poblaciones: amplias zonas costeras densamente pobladas serán permanentemente inundadas, y se esperan mareas de tempestad más fuertes y con mayor penetración. Se avecinan daños dramáticos y costos elevados, naciones insulares enteras podrían perderse, y grandes poblaciones tendrían que ser reubicadas. Un informe clasificó las veinte ciudades en mayor riesgo por el aumento de tan sólo un metro en el nivel del mar, y se estima que 35 billones de dólares en activos y 150 millones de personas estarían en riesgo en estas ciudades en 2070 (OCDE 2010). Ocho de las diez ciudades con más activos expuestos, y nueve de las diez ciudades con poblaciones en mayor situación de riesgo, se encuentran en Asia.

Un estudio reciente estimó que la aplicación inmediata de medidas de control de los CCVC podría reducir la tasa de aumento del nivel del mar en alrededor del

20% en la primera mitad del siglo, en comparación con un escenario de referencia. En 2100, la mitigación combinada de CO₂ y los CCVC podría reducir la tasa de aumento del nivel del mar hasta en un 50%, y el acumulado aumento del nivel del mar en un 30%, en comparación con el mismo escenario (Hu A. *et al.* 2013).

Debido a que algunos procesos del sistema climático –en especial la fusión de grandes capas de hielo terrestres de Groenlandia y la Antártida–, tienen un impulso casi imparable una vez comenzados; incluso con una mitigación agresiva de CO₂ y CCVC, se estima que dos tercios del aumento del nivel del mar previsto podrían ser inevitables. Sin embargo, la mitigación temprana podría reducir su tasa hasta en un 50%, lo que reduciría la vulnerabilidad y daría a las comunidades costeras y a los estados de baja altitud tiempo para adaptarse (Hu A. *et al.* 2013).

Efectos de los CCVC en la salud pública

Contaminación del aire, un riesgo prevenible

Los contaminantes climáticos de vida corta, en especial el O₃, el CN y sus co-contaminantes, son parte importante de la contaminación del aire con PM2.5, y resultan dañinos para la salud. A nivel global, las PM2.5 constituyen la principal causa ambiental de una salud débil y muertes prematuras.

DEFUNCIONES PREMATURAS AÑO 2010

A NIVEL GLOBAL LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE ES RESPONSABLE DE:

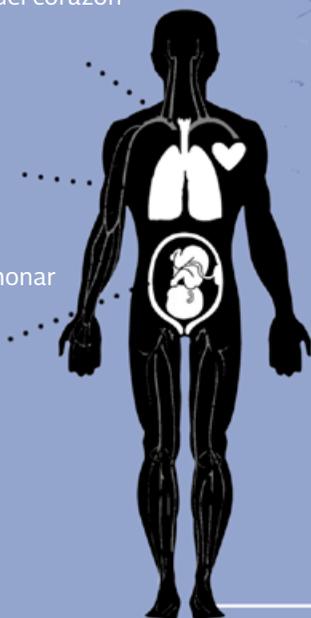
-  3 500 000 por contaminación de PM2.5 en espacios cerrados
-  3 200 000 por contaminación de PM2.5 en espacios abiertos
-  150 000 por contaminación por ozono

ENFERMEDADES

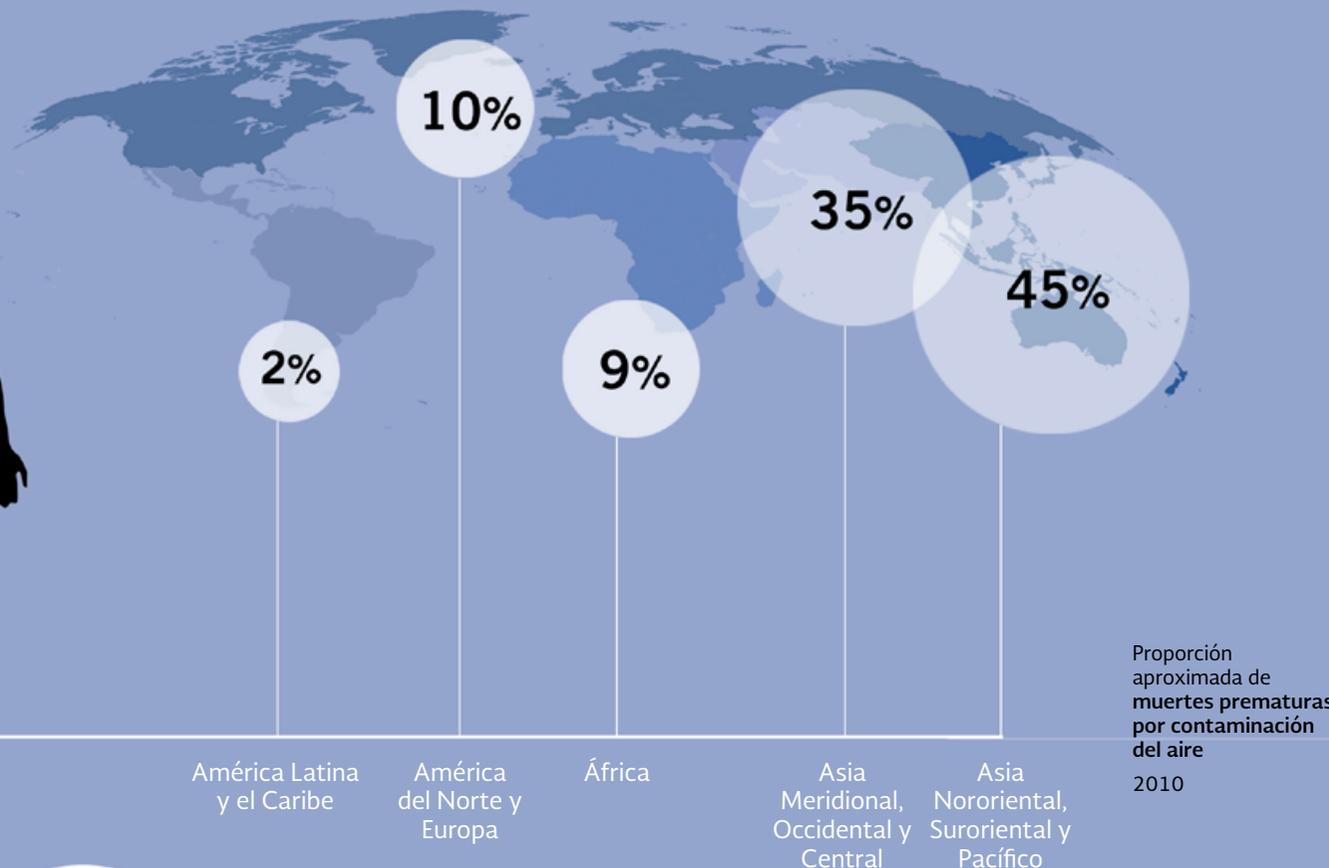
 Causadas por PM2.5

 Causadas por el O₃

-    Paros cardíacos
-   Derrames, enfermedades del corazón
-   Insuficiencia cardíaca
-   Cáncer pulmonar
-    Bronquitis crónica
-    Asma
-   Enfisema
-   Cicatrices en el tejido pulmonar
-   Bajo peso al nacer



A nivel mundial, la **contaminación del aire** es el segundo factor en importancia en cuanto a la carga mundial de morbilidad, detrás de la presión sanguínea alta, y junto con el **consumo de tabaco**, incluyendo a los fumadores pasivos.



14 Efectos de los CCVC en la salud pública

Además de sus impactos en el clima, el carbono negro y el ozono troposférico son también potentes contaminantes del aire con impactos perjudiciales en la salud pública.

El carbono negro es uno de los principales componentes de contaminación del aire por partículas, y el ozono troposférico es uno de los principales contaminantes del aire. La contaminación del aire por partículas PM2.5 es una causa importante de mortalidad prematura a nivel mundial. De acuerdo con el estudio de La Carga de Morbilidad 2010, la contaminación del aire por partículas PM2.5 en espacios cerrados y al aire libre son respectivamente el cuarto y séptimo factor principal de riesgo de mortalidad temprana a nivel mundial (Lim S. *et al.* 2012).

En algunas regiones los impactos pueden ser mucho más significativos.

Por ejemplo, en el sur de Asia la contaminación del aire en espacios cerrados por partículas PM2.5 es el principal factor de riesgo prevenible de la carga de morbilidad, mientras que en el este, centro y oeste del África Subsahariana ocupa el segundo lugar, y el tercero en el sudeste asiático (Lim S. *et al.*, 2012).

Algunas poblaciones también son particularmente vulnerables. A nivel global, la contaminación del aire por partículas PM2.5 en espacios cerrados y al aire libre son los dos principales factores de riesgo de muerte en niños durante los seis primeros días de vida (Lim S. *et al.* 2012).

Se estima que en 2010 la contaminación del aire en espacios cerrados y la contaminación del aire por material particulado causaron respectivamente más de 3.5 y 3.2 millones de muertes

prematargas, mientras que 0.15 millones de muertes se atribuyen a la contaminación ambiental por ozono.

Evaluaciones recientes demuestran que la rápida implementación de medidas para reducir las emisiones de carbono negro y metano (precursores del ozono troposférico) como la adopción generalizada de combustibles limpios, tienen el potencial de prevenir cada año a partir del 2030 más de dos millones de muertes prematuras por contaminación del aire en exteriores, lo que conllevará importantes beneficios para la salud pública (PNUMA y la OMM 2011).

Beneficios para la salud pública de la mitigación de los CCVC

La rápida mitigación de los CCVC puede traer beneficios importantes para la salud pública, salvando millones de vidas cada año.

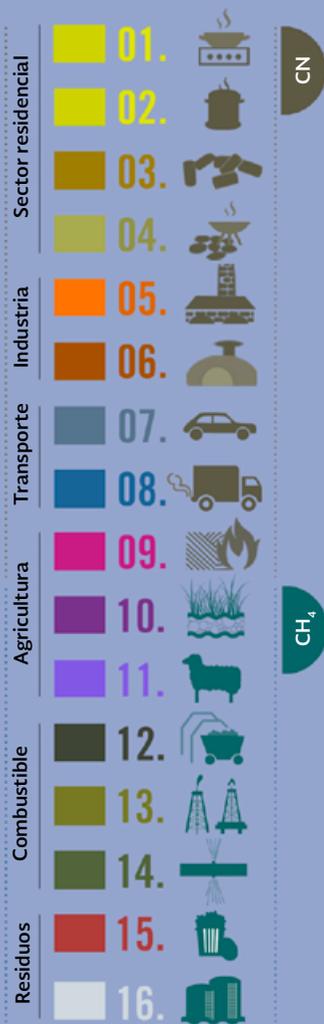
BENEFICIOS A LA SALUD POR LA PUESTA EN MARCHA GLOBAL DE MEDIDAS PARA LOS CCVC

2 400 000
(0.7-4.6 millones)
de muertes evitadas
al año al reducir la
contaminación del aire
en exteriores por PM2.5
para el 2030

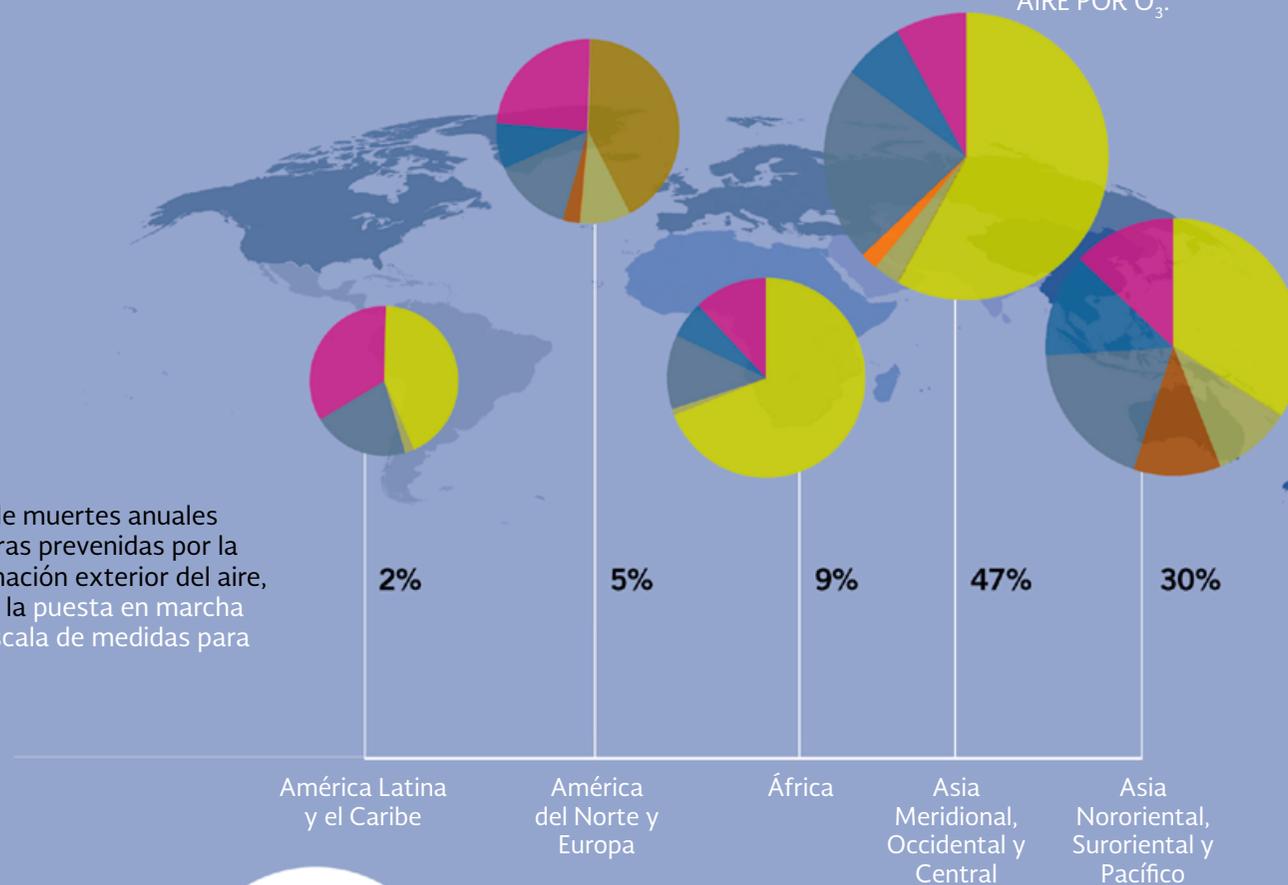


+ BENEFICIOS ADICIONALES A LA
SALUD POR LA REDUCCIÓN DE
PARTÍCULAS CONTAMINANTES
PM2.5 Y CONTAMINACIÓN DEL
AIRE POR O₃.

Medidas de mitigación de CCVC



% total de muertes anuales prematuras prevenidas por la contaminación exterior del aire, gracias a la puesta en marcha a gran escala de medidas para el CN.



15 Beneficios para la salud pública de la mitigación de los CCVC

La aplicación global de las 16 medidas de control de carbono negro mejoraría sustancialmente la calidad del aire, podrían evitarse aproximadamente 2.4 (0.7-4.6) millones de muertes prematuras relacionadas con la contaminación del aire al año, y se obtendría un mayor impacto en la reducción de la morbilidad crónica a partir del 2030 (PNUMA y la OMM 2011; Shindell D. *et al.* 2012). Estas medidas podrían ofrecer importantes beneficios adicionales a la salud por la reducción de la contaminación en espacios cerrados y también, de manera más modesta, por la disminución de la contaminación por O_3 , incluyendo las medidas de CH_4 .

Los efectos más substanciales de las medidas de control de carbono negro serán percibidos inmediatamente en o cerca de la región de implementación, y se espera que Asia sea el lugar más beneficiado tanto en número de vidas salvadas como en términos de calidad de vida y enfermedades crónicas evitadas.

Las cocinas mejoradas y las medidas destinadas al sector de transporte podrían traer grandes beneficios en África, Asia, América Latina y el Caribe. La sustitución del uso de leña doméstica por las estu-

fas de pellets traería mayores beneficios a América del Norte y Europa, mientras que la prohibición de la quema de residuos agrícolas a cielo abierto podría ofrecer importantes beneficios para la salud en todas las regiones (PNUMA y la OMM 2011).

Los efectos negativos de los CCVC en la agricultura

Los CCVC, una amenaza a la productividad agrícola

Los CCVC, en especial el O₃ troposférico, impactan desfavorablemente los ecosistemas, la productividad agrícola, y afectan la seguridad alimentaria.

PÉRDIDAS DE CULTIVOS
POR LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE
TRIGO + ARROZ + SOYA + MAÍZ

110 000 000 t

EFFECTOS DE LOS CCVC SOBRE LAS PLANTAS



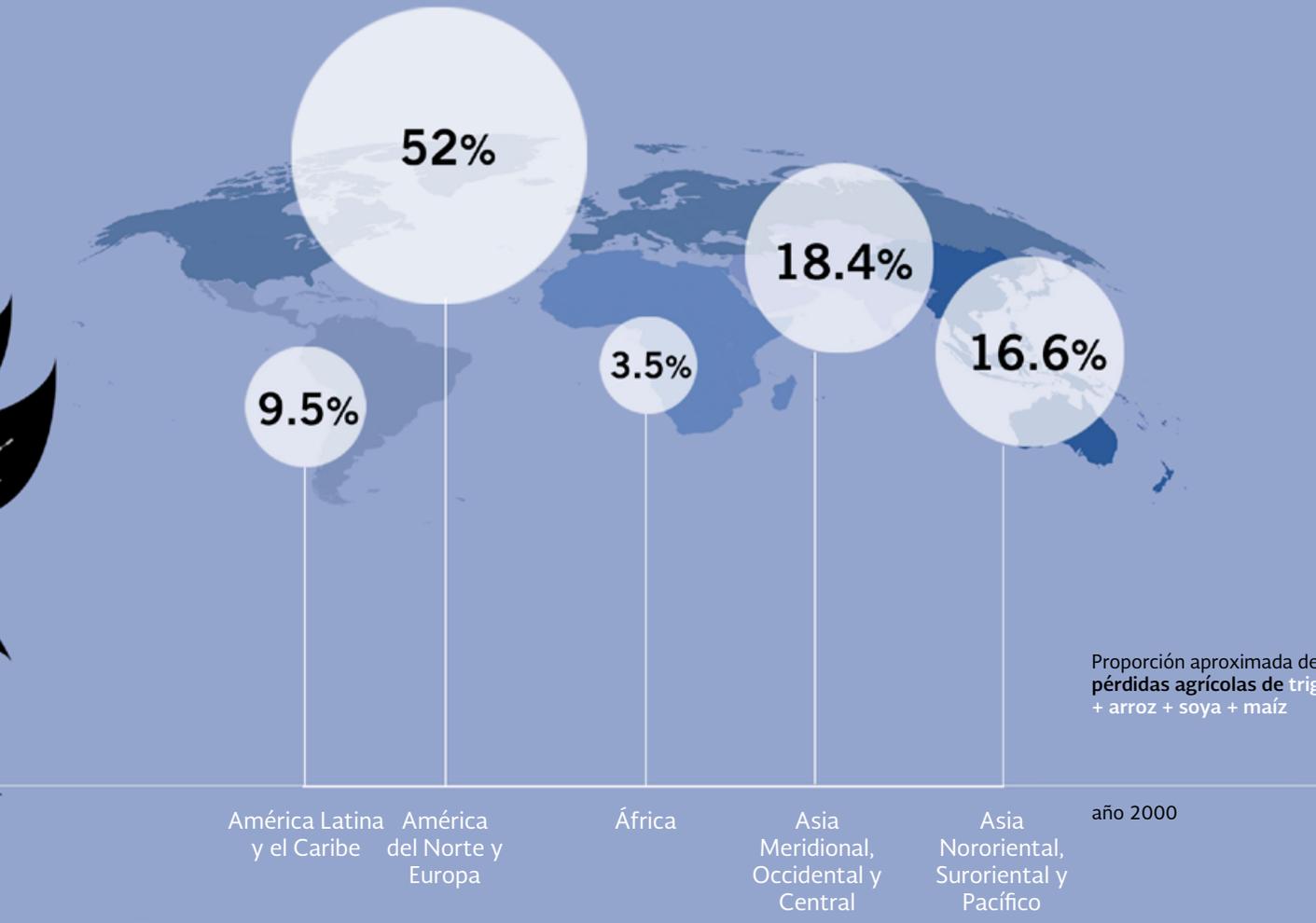
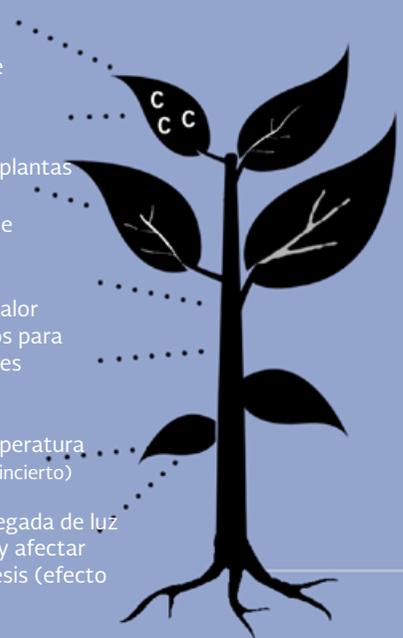
O₃



CN y co-contaminantes

- Impiden la fotosíntesis
- Reducen la capacidad de capturar carbono
- Dañan las células de las plantas
- Reducen la producción de cultivos
- Reducen la calidad y el valor nutritivo de los alimentos para seres humanos y animales

- Aumento en la temperatura de las hojas (efecto incierto)
- Pueden reducir la llegada de luz solar a las plantas, y afectar con ello la fotosíntesis (efecto incierto)



16 Los efectos negativos de los CCVC en la agricultura

Mientras la creciente preocupación alimentaria mundial se ha convertido en uno de los temas centrales de nuestro siglo, los CCVC están dañando los ecosistemas, y el rendimiento de los cultivos.

El ozono troposférico es el principal contaminante del aire responsable de la pérdida de cosechas. Afecta a las plantas al reducir su capacidad de fotosíntesis, y, en concentraciones elevadas, causa necrosis. Actualmente, las pérdidas relativas al rendimiento de cosechas por la exposición al ozono troposférico tienen un alcance del 7–12% para el trigo, 6–16% para la soya, 3–4% para el arroz y 3–5% para los cultivos de maíz (Harmens H. *et al.*, 2011).

Al reducirse la calidad de las cosechas también se afecta la seguridad alimentaria. Se ha demostrado que la exposición prolongada al ozono troposférico disminuye los carbohidratos y aumenta las concentraciones de proteína en el trigo y la papa; mientras que en la canola –que es la tercer fuente más importante de aceite vegetal a nivel mundial–, reduce la proteína y el contenido de aceite (Harmens H. *et al.* 2011; US EPA 2013). También puede disminuir el valor nutricional de las plantas forrajeras; lo que podría dar lugar a una menor producción de leche y carne, afectándose con ello algunas de las poblaciones más vulnerables del mundo.

Por otro lado, el carbono negro también puede afectar los cultivos de varias formas: al depositarse en las hojas aumenta la temperatura e impide su crecimiento, y al limitar la cantidad de radiación solar que llega a la Tierra reduce la fotosíntesis. El carbono negro y sus derivados también influyen en la formación de las nubes, afectan la circulación regional de la atmósfera y los patrones de lluvia, lo que altera por ejemplo, los monzones de los que dependen enormes porciones de Asia y África.

Beneficios para la agricultura: mitigación de los CCVC

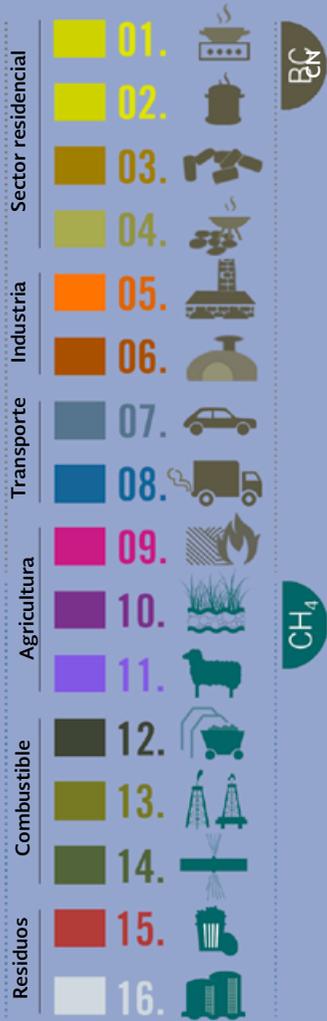
La implementación completa de medidas para CN y CH₄ (en tanto precursores del O₃ troposférico) podría traer beneficios inmediatos y considerables para la seguridad alimentaria.

PÉRDIDAS ANUALES DE CULTIVOS
PARA 2030 A PARTIR DE LAS 16 MEDIDAS
PARA CCVC

52 000 000 
(30-135 millones)

+ PÉRDIDAS ADICIONALES
EVITADAS DE OTROS CULTIVOS

Medidas de mitigación de CCVC



TRIGO + ARROZ + SOYA +
MAÍZ

Porcentaje aproximado de
pérdidas evitadas por año a
partir de la implementación
globalde 16 medidas para
los CCVCaño 2000

para 2030

17 Beneficios para la agricultura de la mitigación de los CCVC

La pronta implementación de las 16 medidas de control de los CCVC para reducir metano y carbono negro tienen el potencial de evitar la pérdida anual de más de 50 millones de toneladas métricas en cosechas para el año 2030 (PNUMA y la OMM 2011). Los beneficios son equitativos en las medidas de control de metano y carbono negro que afectan la formación de ozono troposférico. Las medidas de control de metano traerían en Asia mayores beneficios en las emisiones de la minería del carbón, la producción de petróleo y

gas, y el tratamiento de residuos. Dentro de las medidas de control de carbono negro, los mayores beneficios provendrían de las medidas enfocadas al sector de transporte. El metano tiende a afectar la formación del ozono troposférico más allá de la fuente de los co-contaminantes del carbono negro, algunos de los cuales son también precursores del ozono troposférico. De ahí que las ventajas de las medidas de carbono negro sean más cercanas a la fuente de emisión que las medidas de metano.

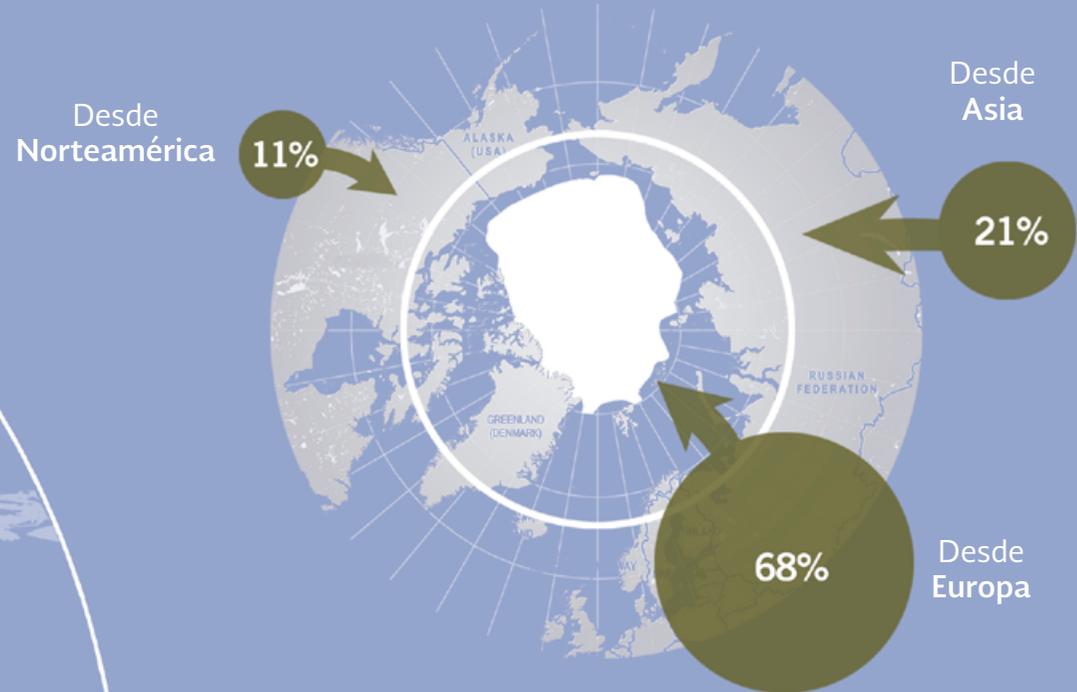
En términos de tonelaje, serían evitadas las mayores pérdidas de producción de cultivos en China, India, Estados Unidos, Pakistán y Brasil. En términos de porcentaje las principales mejoras se obtendrían en el Oriente Medio y, posteriormente, en el centro y sur de Asia. Un gran impacto en los porcentajes de rendimientos de cultivos en México, muy distinta de sus países vecinos, refleja la influencia de los cambios de emisiones locales (Shindell D. *et al.* 2012).

La Criósfera: acercamiento al Ártico

Actualmente el Ártico se calienta dos o tres veces más rápido que el promedio global y se espera que su temperatura aumente más que en ninguna otra región del planeta. Los CCVC contribuyen a elevar el derretimiento en el Ártico, y el CN depositado sobre la nieve y el hielo aumenta el calentamiento, y produce un mayor derretimiento.



TRANSPORTE TRANSFRONTERIZO DE CN AL ÁRTICO



EL ÁRTICO SE DERRITE

x2 TASA DE CALENTAMIENTO

El derretimiento del permafrost libera el CH_4 y CO_2 que éste contiene

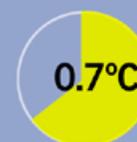
El hollín calienta el hielo, lo que da lugar a un mayor derretimiento, revela agua y suelos más oscuros que absorben más calor en un bucle de retroalimentación

El permafrost ártico se derrite y puede retroceder entre un 12 y un 26% en 2035

El hielo oceánico ártico cubre la mitad de la superficie que tenía hace 30 años

Destrucción del hábitat

BENEFICIOS DE LA MITIGACIÓN DE LOS CCVC



La rápida puesta en marcha de medidas de mitigación de los CCVC podría evitar 0.7 °C del calentamiento proyectado en el Ártico para 2040, reduciendo el ritmo de calentamiento BAU en dos tercios.

18 La Criósfera: acercamiento al Ártico

Durante el siglo pasado, el Ártico y muchas otras partes de la criósfera terrestre –regiones de hielo y nieve– se han calentando de 2 a 3 veces más rápido que la tasa promedio mundial, y están experimentando cambios dramáticos (de WB & ICCI 2013). El carbono negro acelera el calentamiento porque, al depositarse sobre el hielo y la nieve, promueve la disminución del albedo, y acelera el derretimiento. Las reducciones de metano también tienen mayores beneficios de reducción de la temperatura en el Ártico.

El aumento de la fusión de la criósfera hace que estas regiones absorban más calor por el descubrimiento de superficies como el suelo que, al ser más oscuras, resultan más susceptibles de absorber el calor; esto provoca que el calentamiento adicional y la fusión entren en un circuito de continua retroalimentación positiva. La cobertura de hielo marino del Ártico en el mínimo de verano se ha reducido a casi la mitad desde la década de 1970 (WB & ICCI 2013).

Además, grandes áreas de tierra y aguas costeras del Ártico y Subártico consisten de permafrost, que contiene grandes cantidades de carbono equivalentes a la cantidad de este elemento que ya ha sido liberada por todas las actividades humanas hasta la fecha. El calentamiento global causa el descongelamiento gradual de este permafrost. Aunque la tasa de deshielo y la liberación de carbono del permafrost sigue siendo muy incierto, es un hecho que algunos CH_4 y CO_2 son liberados, lo que representa un posible gran riesgo para la aceleración de un mayor calentamiento.

Junto con el Ártico, muchos glaciares de la Tierra se están derritiendo rápidamente, y podrían desaparecer a mitad de siglo; lo que plantea riesgos para los recursos hídricos. El aumento de la talla de los icebergs representa una amenaza para los buques y la respuesta en las operaciones de rescate (IPCC 2013).

Estos cambios plantean diversas amenazas para las comunidades costeras, las infraestructuras y los medios de vida tradicionales de los indígenas a través del incremento de los riesgos de mareas de tempestad, rápida erosión, daños a la infraestructura del permafrost y rutas de hielo marinas más peligrosas e impredecibles.

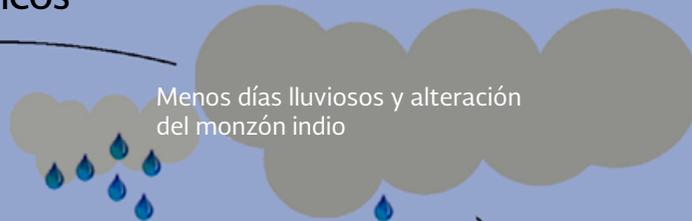
La implementación de un conjunto definido de medidas de control de los CCVC podría reducir la tasa de calentamiento en el Ártico hasta en dos terceras partes para mediados de siglo y, también, probablemente producir beneficios climáticos similares en otras regiones de la criósfera (Shindell D. *et al.* 2012).

El Himalaya: los CCVC en las regiones de grandes alturas

Los CCVC, especialmente el CN y sus co-contaminantes, son los principales contribuyentes a la nube atmosférica café del sur de Asia, con consecuencias importantes para la precipitación monzónica y el retiro de los glaciares. La rápida acción frente a los CCVC podría ayudar a reducir la tasa de calentamiento en la cuenca del Himalaya tibetano, obteniéndose con ello, múltiples beneficios para la salud pública, la seguridad alimentaria y la reducción de riesgos de desastres.

IMPACTOS CLIMÁTICOS

REGIONALES DE LOS CCVC



DESHIELO DE LOS GLACIARES HIMALAYOS

80% de los glaciares del occidente del Tíbet se han deshielado

Creciente vulnerabilidad de ecosistemas y comunidades

La cordillera del Himalaya se extiende 2 400 km a través de seis países: India, Pakistán, Afganistán, China, Bután y Nepal.



TRANSPORTE TRANSFRONTERIZO DE CN y principales fuentes



BENEFICIOS DE LAS MEDIDAS DE CONTROL DE CCVC

En India, Pakistán, Afganistán, China, Bután y Nepal



CUENCAS QUE SE ORIGINAN EN EL HIMALAYA



19 El Himalaya: los CCVC en las regiones de grandes alturas

La aplicación inmediata de las medidas de control de los CCVC ayudaría a reducir la tasa de calentamiento en las regiones elevadas de la meseta del Himalaya tibetano, y traería consigo beneficios a la salud, la seguridad alimentaria y la reducción del riesgo de desastres en la región (WB & ICCI 2013).

El Himalaya, la meseta del Tíbet, el Hindu Kush y la región de Karakoram, poseen la mayor superficie de glaciares y permafrost fuera de las regiones polares. Al igual que el Ártico, esta región es sensible al calentamiento y la contaminación por CN. El agua dulce en el Hindu Kush-Himalaya desempeña un papel importante en la seguridad alimentaria regional y mundial. Diez de los ríos más grandes de Asia fluyen a través de esta región, y sus cuencas son el sustento de más de 1.3 billones de

personas al suministrar agua para más de la mitad de la producción total de cereales de Asia (cerca del 25% del total mundial). Los rápidos cambios climáticos inducidos afectan directamente los recursos hídricos, los servicios de electricidad, y el suministro de alimentos de 3 mil millones de personas (WB e ICCI 2013).

Al aumentar el deshielo de los glaciares también se conduce a un incremento de las inundaciones fluviales y por deshielo. La Meseta del Himalaya tibetano se encuentra cerca de grandes fuentes de emisión de carbono negro que pueden aumentar el calentamiento, especialmente en regiones cubiertas por hielo y nieve. Más de la mitad de las emisiones globales de carbono negro y metano son producidas en Asia (Bond TC *et al.* 2013).

Estufas, hornos de carbón y lámparas de queroseno son generadores de carbono negro que contribuyen con la contaminación del aire de los hogares, que es el principal factor de riesgo evitable de morbilidad en el sur de Asia (incluyendo India) (Lim S. *et al.* 2012). El carbono negro afecta también los ciclos del monzón y, esto a su vez, tiene implicaciones en el acceso al agua y el rendimiento agrícola (UNEP 2008).

La Coalición de Clima y Aire Limpio

para Reducir los Contaminantes Climáticos de Vida Corta

La CCAC es una alianza de gobiernos, organizaciones intergubernamentales, representantes del sector privado, la comunidad ambiental y otros miembros de la sociedad civil. Es una iniciativa singular para apoyar la acción rápida y marcar una diferencia en la salud pública, la seguridad alimentaria, la seguridad energética, y el clima.

INICIATIVAS DE LA CCAC

Reducir las emisiones de carbono negro provenientes de los vehículos y motores para **trabajo pesado**.
Mitigar los **CCVC del sector municipal de residuos sólidos**.

Mitigar el carbono negro y otros contaminantes de la **producción ladrillera**.

Promover **tecnologías alternativas y normatividad específicas para los HFC's**.

Acelerar las reducciones de metano y carbono negro de la **producción de petróleo** provenientes del petróleo y la producción de gas natural.

Reducir los **CCVC de las cocinas domésticas y la calefacción en viviendas**.

Atender los **CCVC de la agricultura**.

Apoyar los **planes de acción nacionales** para CCVC.

Evaluaciones regionales de CCVC.

Financiar la **mitigación** de CCVC.

LOS OBJETIVOS DE LA COALICIÓN PARA HACER FRENTE A LOS CCVC

01.

Promover la **toma de conciencia** de los impactos de los CCVC y las estrategias de mitigación.

02.

Mejorar y desarrollar nuevas **acciones nacionales y regionales**, que incluyan la identificación y superación de obstáculos, mejora de la capacidad y obtención de apoyos.

03.

Promover las mejores prácticas y difundir los esfuerzos exitosos.

04.

Mejorar la **comprensión científica** de los impactos de los CCVC y las estrategias de mitigación.

20 La Coalición de Clima y Aire Limpio para Reducir los Contaminantes Climáticos de Vida Corta

A más de una década de esfuerzos científicos, en febrero de 2012 fue creada la Coalición de Clima y Aire Limpio para Reducir los CCVC (CCAC por sus siglas en inglés) por seis gobiernos y el PNUMA como el primer esfuerzo global para hacer frente a los CCVC como un desafío urgente y colectivo. Actualmente, la CCAC cuenta con más de 80 socios; entre ellos 40 países que han respaldado su marco y acordado participar en una acción significativa para reducir los CCVC.

La Coalición es una alianza internacional de carácter voluntario que reúne importantes participantes destacados por su experiencia, diversidad, alto nivel de compromiso y voluntad política para catalizar acciones concretas y sustanciales que permitan reducir los CCVC de manera que se protejan el medio ambiente y la salud pública, se promuevan la seguridad alimentaria y energética, y pueda hacerse frente al cambio climático a corto plazo. Todos los socios de la Coalición reconocen que su trabajo es complementario a los esfuerzos globales para reducir el CO₂, en particular bajo la CMNUCC (Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático).

Las actividades de la Coalición se estructuran en 10 iniciativas de alto impacto dirigidas por los socios:

1. Reducción de emisiones de carbono negro procedentes de vehículos pesados de diésel y motorizados.
2. Reducción de los CCVC provenientes de la cocina doméstica y la calefacción.
3. Mitigación de los CCVC provenientes de residuos sólidos urbanos.
4. Promover tecnologías, alternativas y normas para los HFC's.
5. Mitigación de los CCVC y otros contaminantes resultantes de la producción de ladrillos.
6. Abordar los CCVC generados por la agricultura.
7. Acelerar la reducción de metano y carbono negro provenientes del petróleo y la producción de gas natural.
8. Financiamiento de mitigación de los CCVC.
9. Evaluaciones regionales de los CCVC.
10. Apoyar la Planificación Nacional de Acción sobre los CCVC.

Para obtener más información sobre la Coalición, visítenos en:

www.unep.org/ccac

Glosario

Aerosol

Suspensión de partículas sólidas o líquidas en el aire, que residen en la atmósfera durante al menos varias horas. Por conveniencia, el término aerosol –que incluye tanto las partículas como los gases de la suspensión–, se utiliza a menudo en este informe en su forma plural para hacer referencia a las partículas de aerosol.

Albedo

El albedo de una superficie es su capacidad para reflejar la radiación solar entrante. Se expresa como un número que se encuentra entre el 0 (oscuro, toda la radiación absorbida) y el 1 (radiación total reflejada). Cuanto más radiación reflejada, mayor será el albedo. El hielo y la nieve suelen tener un albedo muy elevado.

Biomasa

Se refiere a la masa total de organismos que viven en un volumen o área determinada; el material vegetal muerto puede ser incluido como biomasa muerta. La quema de biomasa significa la quema de vida y vegetación muerta.

Carbono negro (CN)

A veces es denominado hollín. Definido de manera operativa como especies de aerosol basadas en la medición de la absorción

de la luz y la reactividad química y/o la estabilidad térmica.

Contaminación del aire por material particulado (PM)

Consiste en una mezcla de partículas sólidas y líquidas que se encuentran suspendidas en el aire. Los indicadores comunes para describir los PM, y que son importantes para la salud, se refieren a la concentración en masa de partículas con un diámetro de menos de 10 micras (PM10) y de partículas con un diámetro de menos de 2.5 micras (PM2.5).

EURO VI

Normas europeas de emisiones que definen los límites aceptables de emisiones de escape de vehículos nuevos que son vendidos en los estados miembro de la UE.

Forzamiento radiativo

Es la medida de la influencia que tiene un factor particular en el cambio neto del balance energético de la Tierra (por ejemplo, gases de efecto invernadero (GEI), aerosol o las modificaciones de uso del suelo).

Ozono

El ozono es la forma triatómica del oxígeno, y es una gaseosa constituyente de la atmósfera. El ozono troposférico (O₃)

actúa como gas de efecto invernadero, y se forma en la tropósfera, tanto de forma natural como por reacciones fotoquímicas que involucran gases resultantes de actividades humanas (smog). Por el contrario, en la estratósfera, el ozono desempeña un papel dominante en el balance radiativo y funciona como una especie de escudo que protege a la Tierra de una excesiva radiación ultravioleta.

Potencial de Calentamiento Global

Es la energía total que un gas absorbe durante un período de tiempo (generalmente 100 años), en comparación con el dióxido de carbono.

Retroalimentación positiva

La retroalimentación es la forma en que un sistema responde a un forzamiento. En el caso del sistema climático, un forzador de la temperatura como el calentamiento puede establecer las condiciones ya sea para ocasionar el efecto contrario (refrigeración), o un mayor calentamiento. El segundo caso se conoce como una retroalimentación positiva, y la región del Ártico es particularmente rica en retroalimentaciones positivas.

Acrónimos

ANM: aumento en el nivel del mar.

CCVC: contaminantes climáticos de vida corta.

CFC's: clorofluorocarbono.

CH₄: metano.

CN: carbono negro.

CO: monóxido de carbono.

CO₂: bióxido de carbono.

COVNM: compuestos orgánicos volátiles que no provienen del metano.

FR: forzadores radiativos.

FR: forzadores radiativos.

GEI: gases de efecto invernadero.

HCFC's: hidroclorofluorocarbonos.

MP: material particulado.

NOx: óxido de nitrógeno.

O₃: ozono.

OMM: Organización Meteorológica Mundial.

PCG: potencial de calentamiento global.

PM2.5: partículas suspendidas que se encuentran en el humo y la neblina y que poseen diámetros aerodinámicos menores a 2.5 µg/m³. Estas partículas pueden ser emitidas en forma directa desde fuentes como los fuegos forestales, o se pueden

formar al reaccionar con el aire a partir de las emisiones de gases emitidos por centrales eléctricas, industrias y automóviles. Su diminuto tamaño les permite alojarse en lo profundo de los pulmones y causar severos daños a la salud.

PNUMA: Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente.

SAO: sustancias agotadoras de la capa de ozono.

Referencias

Harmens H. *et al.* (2011) Air Pollution and Vegetation: ICP Vegetation Annual Review 2010/2011. Centre for Ecology & Hydrology.

IPCC (2013) Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press.

Jacobson A. *et al.* (2013) Black Carbon and Kerosene Lighting: An Opportunity for Rapid Action on Climate Change and Clean Energy for Development. The Brookings Institution, Washington, DC.

OECD (2010) Cities and Climate Change. OECD Publishing.

UNEP (2008) Atmospheric Brown Clouds: Regional Assessment Report With Focus on Asia. United Nations Environment Programme (UNEP), Nairobi, Kenya.

UNEP (2011a) Near- Term Climate Protection and Clean Air Benefits for Controlling Short-Lived Climate Forcers. United Nations Environment Programme (UNEP), Nairobi, Kenya.

UNEP (2011b) HFCs: A Critical Link in Protecting Climate and the Ozone Layer – A UNEP Synthesis Report. United Nations Environment Programme (UNEP), Nairobi, Kenya.

UNEP y CCAC (2014) Low-GWP Alternatives in Commercial Refrigeration: Propane, CO₂ and HFO Case Studies. United Nations Environment Programme.

UNEP y WMO (2011) Integrated Assessment of Black Carbon and Tropospheric Ozone. UNON/publishing Services Section/Nairobi, ISO 14001:2014.

U.S. EPA (2013) Integrated Science Assessment for Ozone and Related Photochemical Oxidants. Office of Research and Development, U.S. Environmental Protection Agency Research Triangle Park, NC.

World Bank y The International Cryosphere Climate Initiative (2013) On Thin Ice: How Cutting Pollution Can Slow Warming and Save Lives. International Bank for Reconstruction and Development /The World Bank, Washington, DC.

ARTÍCULOS

Bond T.C. *et al.* (2013) Bounding the role of black carbon in the climate system: a scientific assessment, *J. of Geophys. Res. –Atmos.* 118(11):5380-5552.

Hu. A. *et al.* (2013) Mitigation of short-lived climate pollutants slows sea-level rise, *Nature Climate Change* 3:730-734.

Lim S. *et al.* (2012) A comparative risk assessment of burden of disease and injury attributable to 67 risk factors and risk factor clusters in 21 regions, 1990–2010: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2010, *The Lancet* 380(9859):2224–2260.

Shindell D. *et al.* (2012) Simultaneously mitigating near term climate change and improving human health and food security, *Science* 335(6065):183-189.

Velders G. J. M. *et al.* (2009) The large contribution of projected HFC emissions to future climate forcing, *Proc. Nat'l Acad. Sci USA* 106:10949-10954.

Xu Y. *et al.* (2013) The role of HFCs in mitigating 21st century climate change, *Atmos Chem Phys* 13:6083-6089.



INECC
INSTITUTO NACIONAL
DE ECOLOGÍA
Y CAMBIO CLIMÁTICO