

Primer on Short-Lived Climate Pollutants

**Slowing the rate of global warming over the
near term by cutting short-lived climate
pollutants to complement carbon dioxide
reductions for the long term**

Versión en español



Institute for Governance & Sustainable Development

Abril 2013

Sumario Ejecutivo

Las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) son responsables del 55% a 60% de los forzadores radiativos antropogénicos. ¹ Mitigar de manera agresiva y rápida las emisiones de dióxido de carbono, resulta entonces esencial, en la lucha contra el cambio climático. Pero esto no es suficiente. La mitigación de emisiones de CO₂ debe combinarse con reducciones rápidas y agresivas de otros contaminantes, responsables del 40% a 45% del calentamiento ². Estos contaminantes incluyen al carbono negro (hollín), ozono troposférico, metano e hidrofluorocarbonos (HFCs). Por su corta vida atmosférica de solo días a década y media se los conoce como contaminantes climáticos de vida corta (CCVCs).

Reducir CCVCs es crucial para desacelerar el cambio climático en las próximas décadas y por lo tanto es determinante para lograr la protección de las personas y regiones más vulnerables a los impactos del cambio climáticos al corto plazo.

A pesar de que hace más de 35 años³ que tenemos conocimiento sobre los CCVCs, los últimos desarrollos científicos los han catapultado a la vanguardia de la batalla contra el cambio climático.

- En primer lugar, el reconocimiento de que ya hemos agregado suficientes gases de efecto invernadero en la atmósfera para calentar el planeta 2,4 grados centígrados o más durante este siglo ⁴. Gran parte de este calentamiento ha sido neutralizado por aerosoles refrigerantes, principalmente sulfatos, que están siendo reducidos como consecuencia de políticas de calidad de aire. Estas reducciones son importantes, pero contribuyen al calentamiento global en el corto plazo. En la ausencia de acciones de mitigación rápida de CCVCs, el calentamiento global podría, durante la mitad de este siglo, cruzar la barrera de 1,5 a 2 grados centígrados. Reducir CCVCs es la estrategia más efectiva para contraer el calentamiento en el corto plazo, pues la mayoría de su efecto de calentamiento desaparece en semanas a década y media luego de efectuarse las reducciones.
- En segundo lugar el reconocimiento de que tres de los cuatro CCVCs además de su poder de calentamiento global contaminan también el aire. Reducirlos podría prevenir millones de muertes prematuras cada año, proteger 10 millones de toneladas de cultivos y contribuir al desarrollo sostenible.
- En tercer lugar el reconocimiento de que los beneficios para la salud, los cultivos y el desarrollo sostenible, se producen principalmente en las naciones o las regiones donde se adoptan las medidas de mitigación, debido al fuerte impacto que el carbono negro y el ozono troposférico tiene cerca de sus fuentes de emisiones.
- En cuarto lugar el reconocimiento de que existen experiencias positivas medidas y tecnologías adoptadas para reducir los cuatro CCVCs y que estas reducciones pueden lograrse en el marco de leyes e instituciones que ya existen.

La reducción de 3 de los 4 CCVCs –carbono negro (hollín), ozono troposférico y metano- tiene el potencial de evitar ~0,5°C del calentamiento global promedio para el 2050⁵ y 0,84 °C en el ártico para el 2070.⁶ Esto podría reducir la tasa actual de calentamiento global a la mitad, la tasa del calentamiento global del ártico a 2/3, y la tasa de calentamiento sobre las regiones elevadas del Himalaya y el Tíbet por lo menos a la mitad.⁷

Reducir CCVCs podría su vez:

- Ayudar a estabilizar los sistemas climáticos regionales y reducir las olas de calor, los fuegos, las sequías, las inundaciones y los huracanes en latitudes medias, desacelerar cambios en los monzones, expansión de la desertificación e incrementos de los ciclones en los trópicos.
- Desacelerar el derretimiento de glaciares y del mar de hielo del ártico y la tasa de elevación del nivel del mar⁸.
- Desacelerar la marcha de los impactos climáticos y proveer tiempo crítico para poder adaptarnos a los grandes cambios climáticos.

Los beneficios locales principales y directos para los países en vías de desarrollo de reducir CCVCs incluyen:

- Salvar millones de vidas por años y reducir significativamente otras enfermedades.
- Mejorar la seguridad alimentaria.
- Expandir el acceso a energía para aquellos miles de millones que hoy se ven forzados a depender de la biomasa sólida.

Prevenir el crecimiento de otros CCVCs, los HFCs, podría evitar adicionalmente un calentamiento futuro de por lo menos ~0,6 grados centígrados para el 2050, adicionalmente prevenir ~0,4°C de calentamiento para el 2100. Reducciones en estos CCVCs podría lograrse rápidamente, en la mayoría de los casos utilizando tecnologías, leyes e instituciones que ya existen.

Utilizar las tecnologías e instituciones existentes para reducir estos contaminantes climáticos no CO2 podría ofrecer la mejor protección a corto plazo para aquellos países que son más vulnerables a los impactos del cambio climático, incluyendo los Estados islas, los Estados con áreas costeras bajas y aquellos países dependientes de la agricultura en Asia y África que ya se encuentran sufriendo de sequías, inundaciones, y cambios en los patrones de lluvias. Desacelerar la tasa de cambio climático y reducir los impactos al corto plazo es un complemento crítico a las estrategias de adaptación y desarrollo sustentable, con un potencial de proveer beneficios globales para el clima, los cultivos y la salud valuados en 5,9 billones de dólares anuales, a partir del 2030.

Todos los CCVCs están siendo abordados por la Coalición Clima y Aire Limpio para Reducir Contaminantes Climáticos de Vida Corta (CCAC por sus siglas en inglés). Esta Coalición está constituida por países desarrollados y en vías de desarrollo, junto al Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), la Comisión Europea, el Banco Mundial y organizaciones no gubernamentales⁹. Los líderes del G8 se unieron a la Coalición y requirieron al Banco Mundial que condujera un estudio sobre cómo integrar mejor reducciones de CCVCs en sus programas.

Con respecto a los HFCs resulta oportuno destacar que además de ser incluidos en la Coalición (CCAC), también han sido abordados en la declaración de Rio+20, *El Futuro Que Queremos*, donde líderes de todo el planeta apoyaron la eliminación progresiva de su producción y uso¹⁰. Esta eliminación progresiva podría ser lograda a través del Protocolo de Montreal, mientras simultáneamente se mejora la eficiencia energética de refrigeradores, aires acondicionados, y otros equipos y productos que usan este químico, reduciendo al mismo tiempo emisiones de CO2. Los Estados Federados de Micronesia hicieron una propuesta formal de enmendar el Protocolo de Montreal para hacer justamente esto. Una propuesta similar fue presentada conjuntamente también por México Canadá y los Estados Unidos¹¹. En lo que va del 2013, más de 100 Partes han expresado su apoyo¹². Acciones a nivel nacional y regional como por ejemplo los esfuerzos regulatorios por parte de la Unión Europea¹³, así como también esfuerzos voluntarios¹⁴, pueden colaborar para reducir HFCs.

Si bien esfuerzos para reducir CCVCs es esencial para minimizar los impactos climáticos en el corto plazo, estos no es suficiente. Reducciones agresivas de emisiones de CO₂ también son necesarias para limitar el incremento de la temperatura. Sin embargo, en contraste con la corta vida de los CCVCs, sólo la mitad de las emisiones de CO₂ se elimina de la atmósfera en los primeros cien años, permaneciendo una fracción significativa durante varios milenios.¹⁵ La reducción de las emisiones de CO₂ ahora, en línea con los escenarios de 450 partes por millón (ppm), puede evitar aproximadamente 0,15 ° C de calentamiento adicional en comparación con el calentamiento esperado de un business-as-usual (BAU) en 30 años, con un crecimiento de 0,5 ° C dentro de 50 años.¹⁶ Sin embargo, reducir sólo emisiones de CO₂ implicaría que las temperaturas subirían por encima de 2 ° C a mediados de este siglo (ver fig. 5).

Es importante destacar que reducciones de CCVCs y de CO₂ son complementarios, y si grandes reducciones de ambos se llevan a cabo inmediatamente hay una alta probabilidad de mantener el aumento de la temperatura global por debajo de 1,5 ° C por encima de la temperatura preindustrial para los próximos 30 años y por debajo del límite 2 ° C durante los próximos 60 a 90 años (véase la fig. 4 y 5).

Introducción a los Contaminantes Climáticos de Vida Corta

Las emisiones de CO₂ son responsables del 55 a 60% de los forzadores radiativos antropogénicos actuales. Reducciones rápidas y agresivas de CO₂ son esenciales para combatir el cambio climático resultante. Pero esto no es suficiente. Reducciones de CO₂ deben ser combinadas con reducciones agresivas y rápidas de CCVCs, que están causando el otro 40 45% del calentamiento global.

Carbono negro (hollín)

El carbono negro (hollín) es un forzador climático potente, es una aerosol que permanece en la atmósfera sólo días a semanas.¹⁷ El carbono negro es un componente del hollín y es una consecuencia de la combustión incompleta de combustibles fósiles, biocombustibles, o biomasa.¹⁸ El carbono negro contribuye al calentamiento global de diversas maneras: calienta directamente la atmósfera porque absorbe la radiación solar y emite calor; contribuye al derretimiento porque se deposita en las superficies de hielo y nieve y las oscurece; y afecta las propiedades microfísicas de las nubes de una manera que puede perturbar los patrones de precipitación. Estimaciones sobre la fuerza radiativa del carbono negro (hollín) indican que ocupa el segundo como responsable del calentamiento global.¹⁹ El forzamiento climático total del carbono negro es de 1,1 W m⁻², sólo superado por el CO₂ (1,7 W m⁻²).²⁰

El carbono negro también daña la salud humana, es un componente principal de las partículas finas (PM_{2.5}) que contaminan el aire, y pueden causar o contribuir a una serie de efectos adversos para la salud, como el asma y otros problemas respiratorios, bajo peso al nacer, ataques al corazón, y cáncer de pulmón.²¹

Las principales fuentes de carbono negro (hollín) son la quema abierta de biomasa, motores diesel, la quema residencial de combustibles sólidos como por ejemplo el carbón, la madera, el estiércol y los residuos agrícolas.²² En el año 2000, las emisiones globales de carbono negro se estimaron en aproximadamente en 7,5 millones de toneladas, con un gran margen de incertidumbre.²³

El carbono negro es co-emitado con otros contaminantes, algunos de los cuales son de color claro y causan enfriamiento debido a la dispersión de la radiación solar que retornan a la atmósfera.²⁴ El

tipo y la cantidad de contaminantes difiere según la fuente, y una alta relación de calentamiento con respect a los contaminantes que causan refrigeración indica las fuentes más prometedoras cuya reducción implicaría un enfriamiento rápido.²⁵ Una evaluación reciente sobre las emisiones de carbono negro confirma que las emisiones de los motores diesel y algunas fuentes industriales y domésticas de carbón tienen la mayor proporción de carbono negro en relación a contaminantes claros co-emitidos en comparación con otras fuentes de carbono negro.²⁶

Otro estudio reciente sobre contaminantes co-emitidos conocidos colectivamente como "carbono marrón" indica que incluso las fuentes de carbono negro que tienen una alta proporción de los contaminantes más ligeros co-emitidos, tales como la quema al aire libre de la biomasa, todavía puede causar calentamiento neto.²⁷ Esto es debido a que el calentamiento de carbono marrón compensa parcial o totalmente las partículas más ligeras que producen enfriamiento. Esto, a su vez, significaría que los contaminantes más ligeros no estarían compensando el nivel de calentamiento del carbono negro como se supone en muchos modelos.

En las zonas de nieve y hielo, como el Ártico, incluso las fuentes con una gran proporción de contaminantes que normalmente causan enfriamiento aún producir un calentamiento significativo.²⁸ Esto se debe a que la deposición de partículas tanto oscuras como más ligeras o claras, incluyendo polvo, reduce la reflectividad (albedo) de nieve y hielo, lo que permite la absorción de más radiación solar, provocando calentamiento local y aumentando la superficie de fusión.²⁹ Independientemente de los efectos con respecto al clima, todos los contaminantes de partículas son perjudiciales para la salud humana.³⁰

Gracias a modernos controles de polución y al cambio de combustible, las emisiones de carbono negro en Norteamérica y Europa fueron reducidas significativamente a principios de los años 1900. Sin embargo, fuentes móviles, particularmente vehículos operados a diesel, continúan siendo la mayor fuente de contaminación de carbono negro (hollín) en estas regiones.³¹ Las fuentes de carbono negro (hollín) en los países en vías de desarrollo son significativamente diferentes a las fuentes de Norteamérica y Europa. En países en vías de desarrollo, una porción significativa de emisiones de carbono negro (hollín) proviene del modo en que se calefacciona y se cocina a nivel residencial y de la industria.³² Según el PNUMA, se espera que las emisiones globales de carbono negro (hollín) se mantengan estables durante el 2030, con reducciones continuas en Norteamérica y Europa, las cuales son altamente neutralizadas por el crecimiento continuo en otras partes del mundo.³³

Metano

El metano es un poderoso gas de efecto invernadero, con un potencial de calentamiento de 100 años 21 veces más que el CO₂ y una vida atmosférica de aproximadamente 12 años.³⁴ Alrededor del 60% de las emisiones mundiales de metano se deben a las actividades humanas.³⁵ Las fuentes primordiales de las emisiones antropogénicas de metano son el petróleo y el gas, la fermentación entérica, los vertederos, el manejo del estiércol, el tratamiento de líquidos cloacales, el cultivo del arroz y las emisiones provenientes de las minas de carbón. El metano es el componente principal del gas natural, con algunas emisiones de metano emitidas a la atmósfera durante su producción, procesamiento, almacenamiento, transmisión y distribución.³⁶

El forzamiento radiativo de metano en el año 2005 fue de 0,48 W/m², que es aproximadamente un 30% del forzamiento radiativo del CO₂.³⁷ De acuerdo con una reciente evaluación del PNUMA y la OMM, se espera que las emisiones antropogénicas de metano aumenten un 25% con respecto a los niveles de 2005 para el año 2030, impulsado por el aumento de la producción de las minas de

carbón, producción de petróleo y gas, y el crecimiento de las emisiones de desechos agrícolas y municipales.³⁸

El ozono troposférico

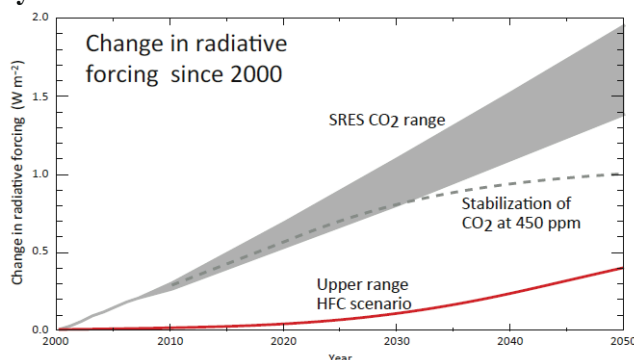
El ozono es un gas reactivo que, cuando está en la estratosfera absorbe la radiación ultravioleta peligrosa, sin embargo, en la atmósfera inferior (troposfera) el ozono es un contaminante del aire importante y generador de calentamiento climático además de ser perjudicial para la salud humana y la producción de cultivos.³⁹ Respirar ozono es especialmente peligroso para los niños, adultos mayores y personas con enfermedades pulmonares, y puede causar bronquitis, enfisema, asma y cicatrices permanentes en el tejido pulmonar.⁴⁰ Sus impactos en las plantas incluyen no sólo reducción en los rendimientos de los cultivos, sino también una disminución en su capacidad de absorber CO₂.⁴¹

El ozono troposférico no se emite directamente sino que se forma por las reacciones entre gases precursores, ambos producidos por los humanos y naturales. Estos gases precursores incluyen monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno (NO_x) y compuestos orgánicos volátiles (COVs), que incluyen el metano. A nivel mundial el aumento de las emisiones de metano es responsable de aproximadamente dos tercios del aumento del ozono troposférico.⁴² La reducción de las emisiones de metano dará lugar a una reducción significativa del ozono troposférico y sus efectos dañinos.⁴³

Hidrofluorocarbonos (HFCs)

Los HFCs son químicos fabricados para ser utilizados principalmente en los sectores de refrigeración y espumas aislantes. Los HFCs tienen un efecto de calentamiento ciento a miles de veces más poderoso que el CO₂. El promedio de vida de una mezcla de los HFCs, según su uso, es de 15 años.⁴⁴ Los HFCs son los gases de efecto invernadero de mayor crecimiento en muchos países, incluyendo en los Estados Unidos, donde las emisiones han crecido aproximadamente el 6% entre 2009-2010 comparado con el 2% de crecimiento del CO₂ en el mismo periodo.⁴⁵ Globalmente, las emisiones de HFCs están creciendo entre el 10 y el 15% por año y la expectativa es que se dupliquen para el 2020. Si no se actúa rápidamente para limitar su crecimiento, la fuerza climática de los HFCs podría equivaler aproximadamente al 20% de la fuerza de las emisiones de CO₂ en un escenario BAU, y hasta un 40% de la fuerza de las emisiones de CO₂ en un escenario donde las concentraciones de CO₂ se han limitado a 450 partes por millón (ppm) (véase la fig. 1).⁴⁶ Esto equivale aproximadamente al forzamiento climático de las actuales emisiones anuales de CO₂ del sector transporte.

Figura 1: Proyección de los HFCs de hasta el 20-40% de FR de CO₂ en 2050



La proyección del forzamiento radiativo del clima por los HFCs y CO₂ desde el año 2000, cuando la influencia de los HFCs era esencialmente cero. El forzamiento radiativo de los HFCs en un escenario de rango superior se compara con el forzamiento de CO₂ en la gama de escenarios del IPCC-SRES y del escenario de estabilización 450 ppm de CO₂. Es evidente que la contribución de los HFCs al forzamiento radiativo podría ser muy significativa en el futuro; para el 2050, podría ser tanto como una cuarta parte de lo debido a los aumentos de CO₂ desde 2000, si el escenario de rango superior HFCs se compara con el escenario de rango superior SRES. La contribución de los HFCs podría ser de hasta un 40% del forzamiento radiativo por CO₂ en el escenario de 450 ppm.⁴⁷

Ambas, la mitigación en CO₂ y la mitigación de CCVCs son críticas para la seguridad del Clima

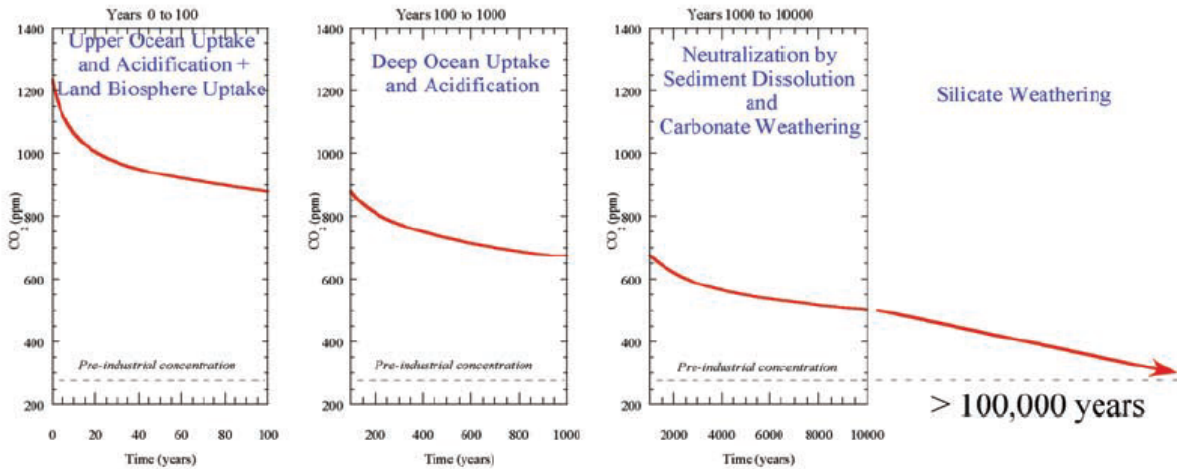
La Importancia de la Mitigación Inmediata de CO₂

CO₂ es el forzador climático más significativo, responsable del 55 a 60% del forzamiento climático actual. Reducciones sustanciales e inmediatas en las emisiones de CO₂ son absolutamente necesarias para combatir exitosamente el aumento de la temperatura global largo plazo. Sin embargo es preciso notar que las reducciones de CO₂ son menos eficaces para limitar el calentamiento en los próximos 30 años.⁴⁸ Incluso después de que las reducciones de emisiones de CO₂ tienen lugar, sus consecuencias en reducir el calentamiento será gradual, pues necesitan aproximadamente medio siglo para que sus efectos se realicen.⁴⁹ Por ejemplo, reducir las emisiones de CO₂ para alcanzar un nivel por debajo de 450 ppm para el año 2100, se prevé que evitará 0,15°C aproximadamente en un escenario de evolución sin cambios o *business as usual* en los primeros 30 años, pero sus efectos de prevención del calentamiento se incrementan a 0.5 °C 50 años después de haber comenzado las reducciones significativas (ver fig. 5)⁵⁰ Reducciones exclusivamente en CO₂, si bien producen un impacto significativo en la temperatura global a largo plazo, en el corto plazo, hasta mediados de este siglo, aún veremos la temperatura subir por encima de 2 ° C (ver fig. 5).

Las emisiones de CO₂ seguirán causando calentamiento a largo plazo debido a su larga vida en la atmósfera. Mientras que aproximadamente el 50% de CO₂ se retira de la atmósfera dentro de un siglo, una parte sustancial (% 20-40) de las emisiones de CO₂ permanece en la atmósfera durante miles de años (véase la fig. 2).⁵¹ La larga vida atmosférica del CO₂, combinada con la inercia térmica de los océanos, que hace que el calor atrapado sea liberado lentamente durante muchos siglos. Esto significa que si las emisiones de CO₂ cesaran hoy, más del 80% de la disminución prevista de la temperatura media global no se realizaría hasta mil años después desde que se adoptó la medida.⁵²

El extenso legado de calentamiento debido al CO₂ antropogénico causará una serie de consecuencias a largo plazo, que son irreversibles en escalas de tiempo humanas, como el aumento del nivel del mar, incluso si las emisiones cesarán mañana.⁵³ El incremento del nivel del mar ya comprometido como consecuencia de la expansión térmica, por sí sola podría ser tan alta como un metro si las concentraciones atmosféricas de CO₂ exceden de 600 ppm (ver fig. 3)⁵⁴. (Las concentraciones atmosféricas de CO₂ alcanzaron 396,8 ppm en el 2013⁵⁵ y podrían llegar tan alto como 1.100 ppm a finales de este siglo bajo BAU escenarios.)⁵⁶

Figura 2: Escalas de tiempo para la eliminación del CO₂ de la atmósfera

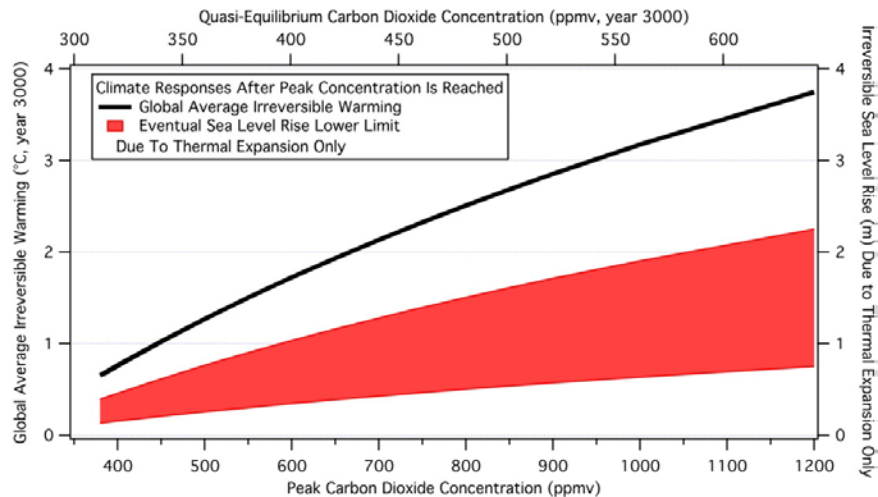


Derechos de autor National Academy of Sciences.

Modelo de simulación de la concentración atmosférica de CO₂ para > 100.000 años después de una gran emisión de CO₂ por la combustión de combustibles fósiles. Diferentes fracciones del gas liberado recuperado en diferentes escalas de tiempo.⁵⁷

Reducciones significativas de las emisiones de CO₂ requerirá un enorme descarbonización de la economía mundial y de los sistemas energéticos. Requiere la implementación de una serie de acciones que incluyen la conservación y mejora en la eficiencia energética para reducir la intensidad de carbón en el uso y la generación de energía. Incluyendo la sustitución de combustibles fósiles por energías renovables, captura de carbono, la reutilización y el almacenamiento de carbono, y numerosos otros pasos.⁵⁸ Resulta oportuno destacar además, que construir una infraestructura de energía limpia para reducir emisiones de CO₂, requerirá considerables cantidades de energía de la infraestructura existente. Por lo tanto la construcción de un sistema de energía nuevo, sustentable, es probable que requiera un aumento significativo de las emisiones de corto plazo. Así, la prevención de los impactos climáticos de un esfuerzo semejante, probablemente se retrasará durante varias décadas.⁵⁹

Figura 3: Incremento irreversible del nivel del mar y el calentamiento del CO₂



La línea negra muestra un promedio de calentamiento global irreversible en base a un pico de concentraciones atmosféricas de CO₂. La banda roja muestra el rango límite inferior del correspondiente nivel del mar por la expansión térmica solamente, debido al pico de concentraciones atmosférica de CO₂.⁶⁰

Importancia de mitigación inmediata de CCVCs

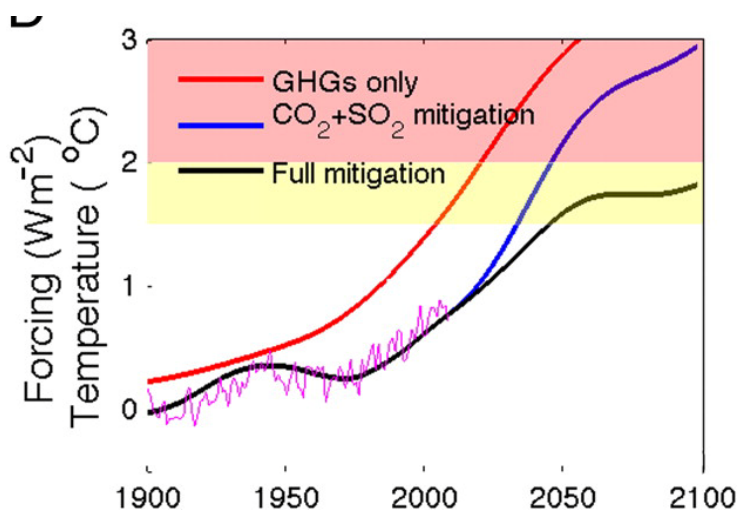
Reducir CCVCs es una estrategia climática crucial para reducir la tasa de corto plazo del calentamiento global, especialmente en las regiones más vulnerables al cambio climático, así como para compensar el calentamiento a corto plazo como resultado de las reducciones de los aerosoles que producen enfriamiento, tales como los sulfatos, cuya reducción es importante para proteger la salud pública y los ecosistemas a pesar de que su reducción causará calentamiento.

Los CCVCs representan aproximadamente el 40-45% del actual forzamiento climático.⁶¹ A diferencia del CO₂ la corta vida atmosférica de los CCVCs, implica que su reducción puede prevenir hasta el 90% del calentamiento estimado en una década, retrasando el otro 10% durante ciento de años debido a la inercia térmica de los océanos. La reducción de tres de los no-CO₂-CCVCs -el carbono negro, el ozono troposférico y el metano- tiene el potencial de evitar el calentamiento de 0,5 ° C para 2050⁶² y 0,7 ° C en el Ártico en 2040,⁶³ lo que puede reducir el ritmo del calentamiento global por la mitad, la tasa de calentamiento del Ártico en dos terceras partes, y puede reducir el calentamiento en la alta altitud del Himalaya y la Meseta del Tíbet por lo menos a la mitad.⁶⁴ (Durante el último medio siglo, el ritmo del calentamiento global ha sido de 0,13 ° C por década.⁶⁵ La tasa de calentamiento en el Ártico es en la actualidad por lo menos el doble de la media mundial, y la tasa en el Himalaya y el Tíbet es cerca de tres veces el promedio global.⁶⁶) Adicionar además a estas reducciones de carbono negro, ozono troposférico y metano; reducciones de HFCs, puede aumentar la reducción de la tasa de calentamiento global de 50% a aproximadamente 60%.⁶⁷

Mientras que el calentamiento medido de los contaminantes climáticos es actualmente alrededor de 0,8 ° C por encima de los niveles preindustriales, el calentamiento total de las emisiones históricas hasta el año 2005, que se ha comprometido, pero que aún no se ha hecho plenamente efectivo se estima en 2,4 a 4,3 ° C.⁶⁸ Se estima que hasta 1,15 ° C de este calentamiento que ya está comprometido, está actualmente 'enmascarado' por las emisiones de los aerosoles de refrigeración, principalmente sulfatos, procedentes de la combustión combustibles fósiles y de biomasa que están siendo rápidamente reducidos para proteger la salud humana y los ecosistemas.⁶⁹ Desenmascarar este calentamiento comprometido podría empujar las temperaturas globales por encima del límite

de 2 ° C para mediados de siglo (ver fig. 4, línea azul).⁷⁰ La reducción de los HFCs, el carbono negro, el ozono troposférico y el metano es esencial para limitar este calentamiento (ver fig. 4, línea negro).

Figura 4: Calentamiento que podría evitarse mediante una combinación de reducción de CCVCs y mitigación de CO2

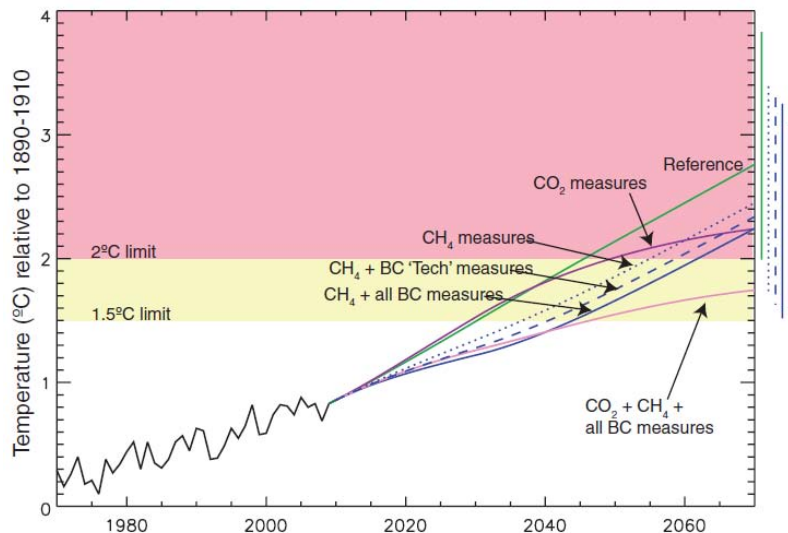


La línea roja representa una mitigación fuerte de CO2 (con un pico en el 2015 y que permanece a los niveles del 2015 hasta el 2100, llegando a un pico de concentración de 430 ppm en 2050). Esta línea no representa la mitigación de gases de efecto invernadero distintos del CO2, y no tiene en cuenta el forzamiento climático de los aerosoles y/o el cambio de uso del suelo. La línea azul es la misma que la línea roja excepto que incluye el forzamiento climático de los aerosoles (tanto como forzadores de calentamiento como forzadores de enfriamiento) y la mitigación de enfriamiento de los aerosoles de sulfato. La negra es la misma que la línea azul excepto que incluye la mitigación de todos los CCVCs incluidos los HFCs. Los fondos rosados y amarillos muestran las zonas de más de 2 ° C y de más de 1,5 ° C.⁷¹

Beneficios de combinar Mitigación de CO2 y de CCVCs

CO2 y CCVCs debe pensarse como dos perillas distintas de control del aumento de la temperatura. Esta perillas operan independientemente y en escalas de tiempo diferentes.⁷² Ambas deben moverse simultánea e inmediatamente, como parte de una estrategia general sobre el clima para evitar a corto plazo, el cambio climático abrupto⁷³ y a largo plazo la desestabilización del clima. La combinación de mitigación de CO2 y mitigación de CCVCs ofrece las mayores posibilidades de mantener la temperatura global por debajo de 1,5 ° C durante los próximos 30 a 40 años y ofrece la mejor oportunidad para mantener la temperatura global por debajo de los 2 ° C hasta el 2100.⁷⁴

Figura 5: Predicciones de aumento de temperatura en varios escenarios de mitigación



Copyright © 2012, American Association for the Advancement of Science

Temperaturas observadas hasta el 2009 y temperaturas proyectadas a partir de entonces en diversos escenarios, todos en relación con la media de 1890-1910. Los resultados para escenarios futuros son los valores centrales de las ecuaciones de estimación de análisis de la respuesta a los forzamientos calculados a partir de modelos de composición climática y evaluaciones de la literatura sobre el tema. Los bares más a la derecha proveen los rangos para el 2070, incluyendo la incertidumbre en el forzamiento radiativo y sensibilidad climática. Una porción de la incertidumbre es sistemática, de manera que en intervalos que se solapan no significa que no hay una diferencia significativa)⁷⁵ (Nota: La mitigación de HFCs no se incluye en este gráfico, a pesar de que está incluida en la figura 4, más arriba).

Beneficios para las regiones más vulnerables a las consecuencias del cambio climático

El calentamiento global se expresa como un aumento medio global de la temperatura superficial, pero el calentamiento se experimenta de forma desigual en las distintas regiones. Así existen regiones más vulnerables a cuestiones climáticas y regiones que sufren más calentamiento que el promedio mundial, es decir que se están calentando más rápido que el promedio global.⁷⁶ Por ejemplo, África se está calentando aproximadamente una y media veces más rápido que el promedio global, y el Ártico, la región del Himalaya y la meseta del Tíbet se están calentando dos a tres veces más que la tasa promedio mundial.⁷⁷ Por lo tanto, son especialmente importante las reducciones de CCVCs, que tienen la capacidad de reducir rápidamente la tasa de calentamiento regional en lugares como el Ártico, las regiones de alta elevación de la cordillera del Himalaya y el Tíbet⁷⁸ y otras regiones con climas vulnerables, incluidas aquellas en las que el calentamiento puede desencadenar reacciones de amplificación y / o la transgresión de los puntos de equilibrio climático, de manera tal que se desencadenen una serie de consecuencias a escala que tornarían imposible volver a la condición climática anterior.

El calentamiento en el Ártico y en la meseta del Himalaya tibetano en particular, podría dar lugar a respuestas climáticas peligrosas que podrían acelerar la transgresión de puntos de equilibrio. Un ejemplo de este tipo de respuestas es el derretimiento de la nieve y el hielo marino del Ártico, que alcanzó un máximo histórico en septiembre de 2012.⁷⁹ A medida que el hielo y la nieve reflectante se sustituye por superficie oscura como consecuencia del derretimiento, la absorción de calor de la tierra y el mar aumenta, y el calentamiento puede amplificarse.⁸⁰ Esto a su vez reduce aún más la cubierta de hielo y nieve, creando un peligroso círculo de realimentación.⁸¹ El calentamiento del Ártico también provoca el deshielo del permafrost -suelo perenne congelado -que subyace

aproximadamente en el 25% de la superficie terrestre en el hemisferio norte y se extiende por debajo en algunas partes del Océano Ártico.⁸² El permafrost terrestre contiene casi el doble de carbono, atrapado en la biomasa congelada, del total de depósito de carbono atmosférico. La liberación de sólo el 1% de la reserva de metano atrapado en el permafrost bajo el agua podría provocar un cambio climático abrupto.⁸³

Se estima que el carbono negro (hollín) es responsable del 50% del aumento del calentamiento del Ártico, o casi 1 ° C del total de 1,9 ° C de incremento entre 1890 y 2007.⁸⁴ Aproximadamente el 50% del calentamiento en la meseta del Himalaya- y la meseta tibetana también se ha atribuido al carbono negro (hollín).⁸⁵ Reducir el carbono negro (hollín), el ozono troposférico y el metano puede reducir en dos terceras partes la tasa de calentamiento en el Ártico y la tasa de calentamiento en las regiones elevadas de la meseta tibetana del Himalaya a por lo menos a la mitad.⁸⁶ La reducción de estos contaminantes es esencial, aunque no suficiente para salvar el Ártico y otros lugares vulnerables en el corto plazo.⁸⁷

Beneficios para la salud humana y la seguridad alimentaria

Además de los beneficios para el clima, la reducción de CCVCs ofrece grandes beneficios para la salud pública y la seguridad alimentaria. El carbono negro (hollín) y el ozono troposférico son los principales contaminantes del aire, y contribuyen a más de 6 millones de muertes al año, incluyendo 3,5 millones de muertes por la contaminación del aire doméstico causada por la combustión de combustibles sólidos, 3,1 millones de muertes a causa de la contaminación del aire como consecuencia del material particulado, y 0,2 millones de muertes a causa de la contaminación por ozono ambiental.⁸⁸ A nivel mundial, la contaminación del aire es el cuarto principal factor de riesgo de muerte prevenible, luego de la mala alimentación y la presión arterial alta, ocupando prácticamente el mismo ranking que el humo del tabaco.⁸⁹ En el sur de Asia, que incluye a la India, la contaminación del aire en interiores es el primer factor de riesgo de muerte prematura y de menos años vividos en plena salud (carga de la enfermedad)⁹⁰, mientras que en el este, centro y la zona occidental subsahariana ocupa el segundo lugar y en el sudeste de Asia el tercer puesto.⁹¹ El lastre de esta clase de contaminación para el desarrollo sostenible es importante. Por ejemplo, la contaminación del aire tiene un costo estimado en China equivalente al 1,2% de su producto interno bruto cada año.⁹²

El despliegue global de catorce medidas de mitigación de carbono negro (hollín) y de metano (véase más adelante) puede prevenir hasta 4,7 millones de muertes relacionadas con la contaminación del aire cada año, y aumentar los rendimientos de cultivos a nivel mundial de hasta 135 millones de toneladas métricas, a la vez que repara la capacidad de las plantas para secuestrar carbono, una función que ahora se vea afectada por el ozono troposférico.⁹³ Según un estudio, las muertes evitadas por las reducciones técnicamente posibles de carbono negro (hollín) y metano representaría "1-8% de las muertes cardiopulmonares y por cáncer de pulmón entre personas mayores de 30 años y 1-7% de todas las muertes sin considerar edades."⁹⁴ Las mejoras en la producción agrícola se estiman en hasta un 4% del total de la producción mundial anual de los cuatro granos básicos: maíz, arroz, soja y trigo.⁹⁵

Debido a los efectos de magnificación que posee el carbono negro (hollín) y el ozono troposférico cerca de las fuentes de emisiones, estos beneficios, incluyendo la mayor parte de los beneficios de mitigación del cambio climático, se disfrutan en gran medida en las regiones que realizan las

acciones de mitigación. Por ejemplo, la eliminación de las emisiones de carbono negro (hollín) de las tradicionales estufas de biomasa sólida mediante la implementación y el uso de cocinas mejoradas tendría un impacto importante en la reducción de las consecuencias directas de hollín en el sur de Asia (aproximadamente en un 60%).⁹⁶

Medidas de Mitigación para Contaminantes Climático de Vida Corta

Mitigación Carbono negro (hollín) y de Metano

Estudios recientes han identificado catorce medidas de mitigación para las emisiones de carbono negro (hollín) y metano que pueden proporcionar beneficios inmediatos.⁹⁷ Estas medidas son capaces de reducir las emisiones globales de metano ~ 38% y las emisiones de carbono negro (hollín) ~ 77%, es decir "casi el 90% de la reducción máxima del Potencial de Calentamiento Global neto", a partir de estas fuentes.⁹⁸

Medidas de control de metano

- Controlar las emisiones fugitivas de producción de petróleo y gas
- Controlar las emisiones de la minería de carbón
- Controlar las emisiones fugitivas de transmisión de gas a larga distancia
- Captura de gas de los vertederos de residuos sólidos urbanos
- Captura de gas de las instalaciones de tratamiento de aguas residuales
- Captura de gas procedente del estiércol animal
- Aireación intermitente de los campos de arroz constantemente inundados

Medidas de control del carbono negro (hollín)

- Instalación de filtros de partículas en los vehículos diesel
- Reemplazar las tradicionales cocinas por cocinas de biomasa limpia
- Modernizar los hornos de ladrillos
- Modernizar los hornos de coque
- Prohibición de quema a cielo abierto de biomasa
- Eliminar de la carretera vehículos de altas emisiones así como vehículos diesel todo terreno
- Facilitar el acceso global a la cocina moderna y a la calefacción

La reducción de las emisiones de carbono negro (hollín) de diesel junto a otras fuentes claves, incluidos los hornos de ladrillos y la quema de combustible sólido residencial, puede reducir rápidamente el calentamiento debido a los bajos niveles de aerosoles refrigerantes coemitidos.⁹⁹ Además, la sustitución de los millones de lámparas de kerosene de mecha simples usadas en muchos países en desarrollo, por lámparas de bajo costo y bajo nivel de emisiones, podría proporcionar una mitigación significativa de carbono negro.¹⁰⁰ Un estudio reciente encargados por la Organización Marítima Internacional identificó una serie de opciones de reducción de emisiones de carbono negro procedentes de la navegación comercial internacional, que representa el 1-2% de las emisiones globales, y llegó a la conclusión de que las emisiones podrían reducirse drásticamente en un ahorro de costes mediante la conversión de los buques a gas natural licuado y la combinación de velocidad de los buques más lentos mediante motores controlados electrónicamente lentos.¹⁰¹

La mayoría de las medidas de control para la reducción del carbono negro (hollín) y para la reducción del ozono troposférico, mediante el control de uno de sus precursores -el metano-, se pueden implementar hoy con las tecnologías existentes, y muchas veces con las leyes y las

instituciones existentes, en particular mediante la mejora y la aplicación de las actuales normas de calidad del aire.¹⁰²

La mitad de las medidas del carbono negro (hollín) y de metano identificadas se pueden implementar con un ahorro de costos netos promediado globalmente.¹⁰³ Un análisis reciente indica que aproximadamente el 64% de las reducciones previstas en el metano de las medidas identificadas se puede conseguir por menos de \$ 250 por tonelada, muy por debajo del estimado de ~ \$ 1000 por valor de tonelada métrica obtenida de mitigación del cambio climático, mejorando los beneficios de salud, y la producción de cultivos.¹⁰⁴ Para el carbono negro (hollín), una mayor eficiencia en la modernización de los hornos de ladrillos y la sustitución de estufas de leña tradicional puede llevar a un ahorro de costos netos, y en conjunto representan aproximadamente la mitad de las posibles reducciones de carbono negro (hollín).¹⁰⁵ Investigaciones recientes indican que una gran parte de las restantes medidas de mitigación de carbono negro (hollín) probablemente costarán mucho menos que el valor de los beneficios para la salud, el clima y los cultivos obtenidos (véase Tabla 1).¹⁰⁶ Todas estas medidas de mitigación son en última instancia rentables cuando los \$ 5,9 miles de millones de beneficios anuales que comienzan en el año 2030 se tienen en cuenta, y se pueden lograr mediante la introducción gradual de forma lineal de las catorce medidas identificadas de control desde 2010 hasta 2030 (véase Tabla 1).¹⁰⁷

Tabla 1: Valoración de los beneficios globales de la aplicación plena de 14 medidas de Mitigación de CCVCs¹⁰⁸

	Medidas de Mitigación de Metano	Medidas de Mitigación de Carbono Negro (hollín)	Total
Beneficios Climáticos¹⁰⁹	\$331 (449 – 213)	\$225 (343 – 13)	\$556 (792 – 226)
Beneficios en los cultivos¹¹⁰	\$4.2 (5.4 – 3)	\$4 (7.2 – 0.8)	\$8.2 (12.6 – 3.8)
Beneficios en Salud¹¹¹	\$148 (247 – 49)	\$5142 (9853 – 1564)	\$5290 (10100 – 1613)
Total	\$483.2 (701.4 – 265)	\$5371 (10203.2 – 1577.8)	\$5854.2 (10904.6 – 1845.2)

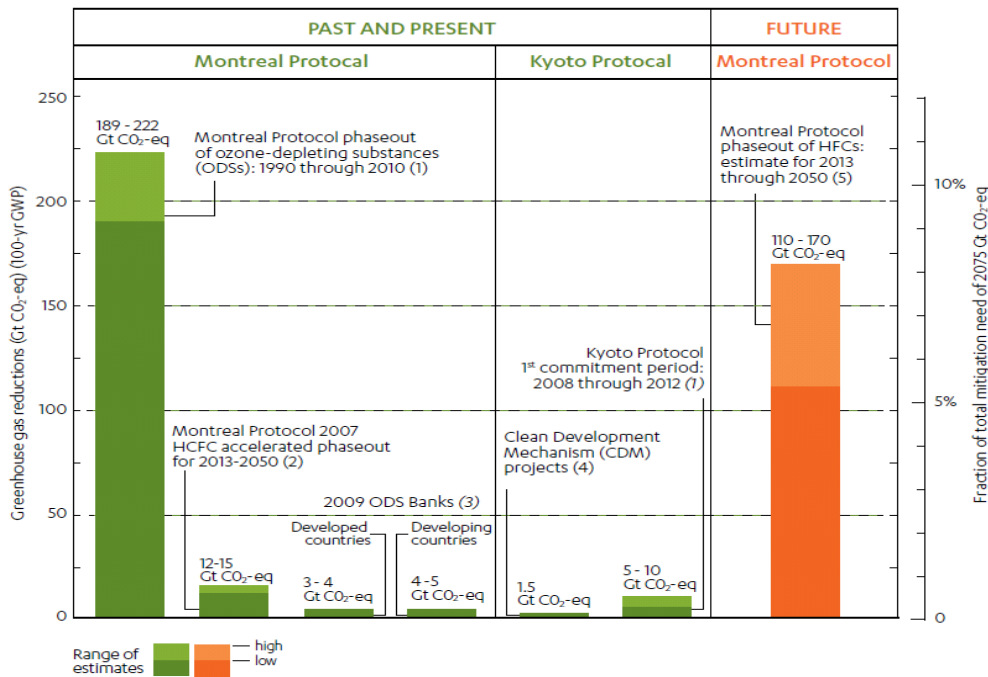
Mitigación de HFCs

El enfoque de mitigación para reducir los HFCs es diferente del enfoque con respecto al carbono negro (hollín) y/o el metano. Debido a que los HFCs son provocados por el hombre, pueden ser más

efectivamente controlados a través de una reducción gradual de la producción y el consumo, que podría tener lugar en el marco del Protocolo de Montreal. El éxito de la eliminación gradual de los CFCs y la continua eliminación de los HCFCs han hecho del Protocolo de Montreal, el tratado sobre el clima mundial más eficaz.¹¹² Entre 1990 y 2010 el Protocolo de Montreal ha reducido emisiones de CO₂-eq casi veinte veces más que el período de compromiso inicial del Protocolo de Kioto (ver fig. 6).¹¹³

Se han presentado dos propuestas de enmienda en el marco del Protocolo de Montreal para disminuir gradualmente los HFCs de alto potencial de calentamiento, una por parte de los Estados Federados de Micronesia y la otra por parte de los países de América del Norte auspiciada por Estados Unidos, Canadá y México.¹¹⁴ Las propuestas son similares, y reducirían el 85-90% de la producción de HFCs y su uso, proporcionando mitigación del cambio climático equivalente a 100 mil de millones de toneladas de emisiones de CO₂ para el 2050 (en un rango de 87 hasta 146 mil millones de toneladas) (ver fig. 7), a muy bajo costo. Las enmiendas propuestas, pueden eliminar sustancialmente el calentamiento global causado por uno de los seis gases de efecto invernadero del Protocolo de Kioto, evitando la producción y uso de HFCs de alto PCA, proporcionando hasta un 7% del total de CO₂-eq de la mitigación necesaria para tener una probabilidad del 75% de permanecer por debajo de la barrera de protección de 2 ° C.¹¹⁵

Figura 6: Protección climática proporcionada por el Protocolo de Montreal y por el Protocolo de Kioto



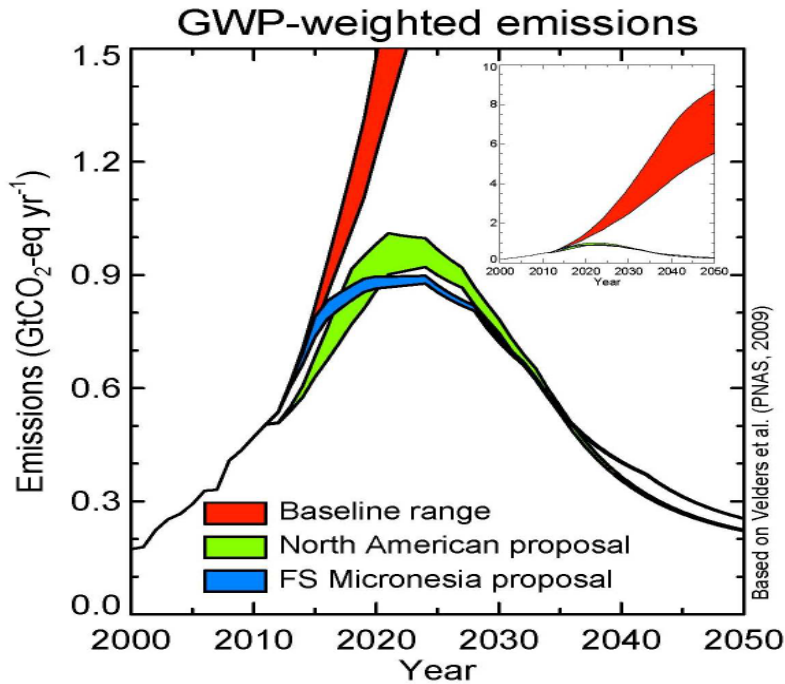
Los HFCs son ahora el contaminante de mayor crecimiento de GEI en los EE.UU. y en muchos otros países. Esto se debe en parte a su utilización como sustitutos de los HCFCs, que ahora se están eliminando gradualmente, y en parte a la creciente demanda mundial de aire acondicionado y refrigeración.¹¹⁷ Esta demanda está aumentando a medida que el mundo se calienta y la población crece y el aire acondicionado y refrigeración se tornan económicamente accesibles. Si el crecimiento vertiginoso de los HFCs no se controla, en el 2050 el calentamiento de las emisiones anuales de HFCs podría ser equivalente al 20% del calentamiento de las emisiones anuales de CO₂ en un escenario BAU, y representar hasta el 45% del calentamiento de las emisiones anuales de CO₂ bajo un escenario de 450 ppm de estabilización de CO₂.¹¹⁸

Muchos gobiernos han adoptado medidas para reducir los HFCs. Estas medidas incluyen: la creación de bases de datos nacionales de los equipos que contienen HFCs en Hungría, Eslovenia y Estonia; controles obligatorios de fugas de refrigerantes para equipos móviles en Alemania, Suecia y los Países Bajos, y sistemas de responsabilidad del productor que exige a los productores y proveedores de HFCs llevar de vuelta a granel los HFCs recuperados para su posterior reciclaje, regeneración y destrucción en Suecia y Alemania.¹¹⁹ Los EE.UU. permite a los fabricantes de automóviles y camiones livianos el empleo de nuevos refrigerantes alternativos a los HFCs en sistemas móviles de aire acondicionado para vehículos año modelo 2012-2016, como una manera para generar créditos por el cumplimiento con las normas de emisiones de CO₂ y los estándares de economía de combustible CAFE.¹²⁰ De acuerdo con las nuevas reglas para los años modelo 2017-2025, los US CAFE estándares seguirán proporcionando créditos para los sustitutos de HFCs así como también créditos para la mejora de la eficiencia móvil de aire acondicionado.¹²¹ California está reduciendo el uso de HFCs en los sistemas móviles de aire acondicionado a través de su regulación Vehículo de Bajas Emisiones (LEV III), la misma exige que todos los automóviles de pasajeros, camiones ligeros y vehículos semipesados de pasajeros utilicen refrigerantes con un potencial de calentamiento global inferior o igual a 150, a partir del año modelo 2017.¹²² Los EE.UU. también ha adoptado normas para el control de fugas de HFC de los sistemas de aire acondicionado en las camionetas, furgonetas y tractores.¹²³ Asimismo, la CE está fortaleciendo su normativa de gases f.¹²⁴

Las empresas privadas también están tomando medidas voluntarias para limitar los HFCs. El Foro de Bienes de Consumo, una red global de más de 650 minoristas, fabricantes, proveedores de servicios y otras partes interesadas de más de setenta países se ha comprometido a comenzar la eliminación gradual de los HFCs en equipos nuevos comenzando en el año 2015.¹²⁵

Debido a que el tiempo de vida global promedio ponderado de los HFCs ahora en uso es de 15 años, los HFCs están incluidos en la CCAC.¹²⁶ En la declaración de Río +20, *El Futuro Que Queremos*, más de un centenar de jefes de Estado reconocieron el daño al clima generado por los HFCs y solicitaron reducción gradual de su producción y consumo.¹²⁷ Además, 108 países han firmado la Declaración de Bangkok pidiendo el uso de alternativas de bajo PCA para sustituir los CFCs y HCFCs.¹²⁸ Hasta noviembre 2012, 105 países suscribieron la *Declaración de baby Bali sobre Transitioning to Low Global Warming Potential Alternatives to Ozone Depleting Substances*.¹²⁹

Figura 7: Proyección de Reducción de Emisiones de HFC procedentes de las Propuestas de los Estados Federados de Micronesia y Norteamérica



La propuesta de los países de Norteamérica y la propuesta de Micronesia son similares, ambas proponen disminuir los acumulados (2013-2050) directos GWP-weighted de las emisiones de HFCs a 22-24 Gta. de CO₂-eq 110 a 170 Gta. de CO₂-eq, para un total de ~ 87 a 146 GtCO₂-eq en mitigación. Esto equivale a una reducción de las emisiones proyectadas anuales de 5,5 a 8,8 GtCO₂-eq/año en el 2050 a menos de ~ 0,3 GtCO₂-eq/año.¹³⁰

La Coalición Para el Clima y de Aire Limpio (CCAC)

Reconociendo que la mitigación de CCVCs es esencial para hacer frente al cambio climático en el corto plazo y complementario a los esfuerzos mundiales para reducir emisiones de CO₂; en febrero del 2012 seis países y el PNUMA conformaron la Coalición Clima y Aire Limpio para reducir los contaminantes climáticos de vida corta (CCAC). La CCAC es el primer esfuerzo mundial para tratar la mitigación de estos contaminantes como un reto colectivo. El objetivo de la CCAC es acelerar y ampliar las medidas para reducir CCVCs al catalizar nuevas acciones, así como destacar y reforzar los esfuerzos existentes. La Coalición está creciendo rápidamente, un año después de su lanzamiento, la CCAC tiene 60 socios (ver lista abajo), un Panel Consultivo Científico de Alto Nivel y una Secretaría propia con sede en el PNUMA y 5 iniciativas ya en marcha para reducir CCVCs con acciones concretas en el territorio. IGSD fue elegido para ser el representante de las ONGs en el Comité Directivo de la Coalición.

La CCAC busca reducir los CCVCs mediante el apoyo y la coordinación de los programas existentes, como la Iniciativa Cocinas Limpias y la Iniciativa Global de Metano, mientras que "impulsa el desarrollo de planes de acción nacionales para la reducción de CCVCs y la adopción de mitigación de CCVCs como prioridad política, creación de capacidad en los países en desarrollo, la movilización de la acción pública y privada, promueve una mayor toma de conciencia a nivel mundial, fomenta la cooperación regional e internacional, y una mejor comprensión científica de los efectos contaminantes y de mitigación de los CCVCs".¹³¹

Cinco iniciativas específicas y dos esfuerzos transversales han sido aprobados por la CCAC para una rápida implementación:¹³²

- Reducción de las emisiones de carbono negro de los vehículos pesados y motores diésel;
- Mitigar el carbono negro y otros contaminantes de la producción de ladrillos;
- Mitigar los CCVCs del sector de residuos sólidos urbanos;
- La promoción de tecnologías alternativas a HFCs y de estándares;
- Acelerar las reducciones de metano y de carbono negro de la producción de petróleo y gas natural;
- Promoción de la Financiación de la mitigación CCVCs, y
- Promoción de la planificación nacional de acción sobre CCVCs.

La Coalición está desarrollando nuevas iniciativas referidas a estufas de calefacción doméstica, agricultura y ciencia. En la Cumbre de Río +20 en junio del 2012, la Coalición y el Banco Mundial, el alcalde de Nueva York Michael R. Bloomberg, el Presidente del Grupo de Ciudades C40 Climate Leadership, el ex presidente de EE.UU. Bill Clinton, y el alcalde de Río de Janeiro, Eduardo Paes, anunciaron la puesta en marcha de la Red de Residuos Sólidos para ayudar a las ciudades a reducir las emisiones de metano a través de la gestión de residuos sólidos urbanos.¹³³ En las negociaciones sobre cambio climático de la ONU en Doha en diciembre de 2012, los ministros de los países socios de la CCAC se comprometieron a reducir drásticamente las emisiones de SLCPs.¹³⁴ En enero de 2013, más de una docena de ministros emitieron una declaración pidiendo a las compañías petroleras y de gas para trabajar con el CCAC para reducir sustancialmente la ventilación, fugas, y la quema de gas natural a partir de las operaciones de petróleo y gas en todo el mundo.¹³⁵ En marzo de 2013, las diez importantes ciudades de cada región del mundo, se unieron a la iniciativa de los residuos sólidos urbanos de la CCAC, y se espera que decenas de otras ciudades asimismo se unan a finales de este año.¹³⁶

La Secretaría de la CCAC gestiona un fondo fiduciario dedicado a la reducción de CCVCs, con un aporte inicial de \$ 16,7 millones de dólares de los EE.UU., Canadá, Suecia, Holanda, Alemania, Noruega, Dinamarca y la Comisión Europea.¹³⁷ El Banco Mundial indicó su compromiso de aproximadamente US \$ 30 mil millones (aprox. 13% de sus compromisos de préstamos globales) para actividades relevantes en CCVCs durante los años fiscales 2007-12.¹³⁸ De cara al futuro, el Banco Mundial propone ampliar su portfolio para actividades relevantes en CCVCs al 15 % en el 2015 y al 20 % en el 2020.¹³⁹ Los líderes del G8 encargaron al Banco Mundial preparar un informe sobre la manera de integrar la reducción de CCVCs en sus actividades y una evaluación de las opciones de financiamiento para las reducciones de metano.¹⁴⁰

CCAC Partners (March 2013) ¹⁴¹	
Country Partners	
<ul style="list-style-type: none"> • Australia • Bangladesh • Canada • Chile • Colombia • Cote d'Ivoire • Denmark • Dominican Republic • Ethiopia • Finland 	<ul style="list-style-type: none"> • Japan • Jordan • Mexico • Netherlands • New Zealand • Nigeria • Norway • Peru • Poland • Republic of Korea

<ul style="list-style-type: none"> • France • Germany • Ghana • Israel • Italy 	<ul style="list-style-type: none"> • Republic of Maldives • Sweden • Switzerland • United Kingdom • United States of America
Inter-Governmental Partners	
<ul style="list-style-type: none"> • European Commission • World Bank • UN Environment Programme 	<ul style="list-style-type: none"> • UN Development Programme • UN Industrial Development Organization
Non-Governmental Partners	
<ul style="list-style-type: none"> • Bellona Foundation • Caucasus Environmental NGO Network • Center for Clean Air Policy • Center for Human Rights & Environment • Clean Air Initiative for Asian Cities • Clean Air Institute • Clean Air Task Force • ClimateWorks Foundation • Earthjustice • Environmental Defense Fund • Environmental Investigation Agency • EvK2CNR Committee • Global Alliance for Clean Cookstoves • Institute for Advanced Sustainability Studies • Institute for Global Environmental Strategies 	<ul style="list-style-type: none"> • Institute for Governance & Sustainable Development • International Centre for Integrated Mountain Development • International Council on Clean Transportation • International Cryosphere Climate Initiative • International Institute for Sustainable Development • International Union of Air Pollution Prevention and Environmental Protection Associations • Molina Center for Strategic Studies in Energy & the Environment • Natural Resources Defense Council • Regional Environmental Center • Stockholm Environment Institute

Otras iniciativas regionales y mundiales de mitigación de CCVCs

Además de la CCAC hay una serie de otras iniciativas mundiales y regionales de mitigación de CCVCs. Por ejemplo, el Órgano Ejecutivo de la Convención sobre la Contaminación Atmosférica Transfronteriza a Gran Distancia (CLRTAP) recientemente aprobó una enmienda al Protocolo de Gotemburgo sobre la adopción de nuevos requisitos de PM e incluyó lenguaje específico sobre carbono negro, por lo que es el primer tratado internacional en actuar en el enlace entre la contaminación atmosférica y el cambio climático.¹⁴² La Alianza Mundial para Cocinas Limpias y la Iniciativa Global de Metano son esfuerzos específicos para abordar algunas de las mayores fuentes mundiales de carbono negro y de emisiones de metano.¹⁴³ El programa de Atmospheric Brown Clouds del PNUMA también se ocupa del carbono negro y del ozono troposférico, con un enfoque en Asia y planea expandirse a América Latina y África.¹⁴⁴ Por último, la Organización Marítima Internacional (OMI) está estudiando actualmente la posibilidad de controlar las emisiones de carbono negro procedentes de los buques¹⁴⁵ y recientemente completó una investigación sobre las medidas de control para reducir el carbono negro procedentes del transporte marítimo internacional.¹⁴⁶ Los ministros de medio ambiente del Ártico recientemente pidieron "medidas urgentes" para reducir los CCVCs para proteger el Ártico y reducir el riesgo de mecanismos de retroalimentación que aceleran el calentamiento y conducen a impactos irreversibles, y alentaron al Consejo del Ártico para considerar un nuevo "instrumento u otros acuerdos para mejorar los esfuerzos para reducir las emisiones de carbono negro procedentes de los Estados del Ártico " por decisión de la reunión ministerial de 2015 del Ártico.¹⁴⁷ Asimismo, como se ha señalado anteriormente, la UE está avanzando con nuevas regulaciones sobre los HFCs.¹⁴⁸

Conclusiones

Mitigar CCVCs reducirá los impactos nocivos del calentamiento global a corto plazo, incluidos el incremento del nivel del mar, postergará las reacciones peligrosas como consecuencia del cambio climático, nos proporcionará más tiempo para adaptarnos y reducirá el riesgo de transgredir los puntos de equilibrio que podría conducir a un daño irreversible del sistema climático actual. Además de proporcionar beneficios a corto plazo para el clima, la reducción de CCVCs también proporcionaría grandes beneficios para la salud humana y la seguridad alimentaria, contribuiría a los objetivos de desarrollo sostenible, y preservaría los avances significativos que hemos logrado en la reducción de la pobreza, avances que de lo contrario se revertirán a corto plazo por los impactos del cambio climático.¹⁴⁹ Mitigar CCVCs para lograr beneficios a corto plazo para el clima es un complemento importante a la reducción de emisiones de CO₂, pero las reducciones CCVCs no son un sustituto de la acción inmediata y urgente para reducir el CO₂. La reducción de CO₂ y CCVCs ofrece la mejor posibilidad de limitar el aumento de la temperatura global por debajo de 2 ° C a través de 2100. Como destacó el Premio Nobel Mario Molina y coautores, las medidas reguladoras en lugares específicos, tales como el Protocolo de Montreal son a menudo la mejor manera de reducir los CCVCs.¹⁵⁰

¹ Forster P. *et al.* (2007) [CHANGES IN ATMOSPHERIC CONSTITUENTS AND IN RADIATIVE FORCING](#), in Solomon S. *et al.* (2007) [CLIMATE CHANGE 2007: PHYSICAL SCIENCE BASIS](#), Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Figure 2.21.

² *Id.*

³ The science of SLCPs dates back to the 1970s. See e.g., Ramanathan V. (1975) [Greenhouse effect due to chlorofluorocarbons: climatic implications](#), SCI. 190:50; see also Wang *et al.* (1976) [Greenhouse effects due to man-made perturbations of trace gases](#), SCI. 194:685. A major WMO-UNEP-NASA-NOAA report in 1985 concluded that non-CO₂ greenhouse gases in the atmosphere are adding to the greenhouse effect by an amount comparable to the effect of CO₂. (Ramanathan *et al.* (1985) [Trace gas trends and their potential role in climate change](#), J. GEOPHYS. RES. 90:5547.) This finding has been confirmed and strengthened in the following decades by hundreds of studies culminating in IPCC reports (IPCC (1990) Overview Chapter, in IPCC (1990) [FIRST ASSESSMENT REPORT](#); IPCC (1995) [SECOND ASSESSMENT REPORT: CLIMATE CHANGE 1995](#); IPCC (2001) [THIRD ASSESSMENT REPORT: CLIMATE CHANGE 2001](#); and IPCC (2007) [CLIMATE CHANGE 2007: SYNTHESIS REPORT](#).) In short, researchers have had at least 25 years to carefully develop the science of SLCPs and assess the findings. Bond *et al.* is the most recent assessment in this field. Bond T. C. *et al.* (2013) [Bounding the role of black carbon in the climate system: a scientific assessment](#), Accepted for publication in the J. OF GEOPHYS. RES. –ATMOS., DOI:10.1002/jgrd.50171.

⁴ Ramanathan V. & Xu Y. (2010) [The Copenhagen Accord for limiting global warming: criteria, constraints, and available avenues](#), PROC. NAT'L ACAD. SCI. USA 107:8055, 8056 (“CO₂ (1.65 Wm⁻²) and the non-CO₂ GHGs (1.35 Wm⁻²) have added 3 (range: 2.6–3.5) Wm⁻² of radiant energy since preindustrial times..... The 3 Wm⁻² energy should have led to a warming of 2.4 °C (14). The observed warming trend (as of 2005) is only about 0.75 °C (15), or 30% of the expected warming. Observations of trends in ocean heat capacity (16) as well as coupled ocean–atmosphere models suggest that about 20% (0.5 °C warming) is still stored in the oceans (17). The rest of the 50% involves aerosols or particles added by air pollution.”).

⁵ Shindell D. *et al.* (2012) [Simultaneously mitigating near-term climate change and improving human health and food security](#), SCI. 335(6065):183-189, 183. (“We identified 14 measures targeting methane and BC emissions that reduce projected global mean warming ~0.5°C by 2050.”); see also Bond, *et al.*, and accompanying press release. Bond T. C. *et al.* (2013) [Bounding the role of black carbon in the climate system: a scientific assessment](#), Accepted for publication in the J. OF GEOPHYS. RES. –ATMOS., DOI:10.1002/jgrd.50171; and American Geophysical Union (2013) [Black carbon is much larger cause of climate change than previously assessed](#), press release.

⁶ See United Nations Environment Programme & World Meteorological Organization (herein after UNEP/WMO) (2011) [INTEGRATED ASSESSMENT OF BLACK CARBON AND TROPOSPHERIC OZONE](#), Table 5.2.

⁷ During the past half century, the rate of global warming has been about 0.13°C per decade. Solomon S. *et al.* (2007) [TECHNICAL SUMMARY in CLIMATE CHANGE 2007: THE PHYSICAL SCIENCE BASIS](#), Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, 36. The rate of warming in the Arctic is currently at least twice the global average and in the Himalayas and Tibet three times the average. Arctic Monitoring and Assessment Programme (2011) [SNOW, WATER, ICE AND PERMAFROST IN THE ARCTIC, EXECUTIVE SUMMARY AND KEY MESSAGE](#), 4. Average global surface temperatures have increased by 0.8°C, over the 1880–1920 average, and under business-as-usual it could increase by an additional 2°C by 2070. Hansen J. *et al.* (2010) [Global surface temperature change](#), REV. GEOPHYS. 48:4004; Solomon S. *et al.* (2007) [TECHNICAL SUMMARY in CLIMATE CHANGE 2007: THE PHYSICAL SCIENCE BASIS](#), Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, 36; and UNEP/WMO (2011) [INTEGRATED ASSESSMENT OF BLACK CARBON AND TROPOSPHERIC OZONE](#)

⁸ For analysis of these impacts see Schneider, S. H. *et al.* (2007) [ASSESSING KEY VULNERABILITIES AND THE RISK FROM CLIMATE CHANGE](#), in Parry M. L. *et al.* (2007) [CLIMATE CHANGE 2007: IMPACTS, ADAPTATION AND VULNERABILITY](#) 779-810; and IPCC (2012) [MANAGING THE RISKS OF EXTREME EVENTS AND DISASTERS TO ADVANCE CLIMATE CHANGE ADAPTATION. A SPECIAL REPORT OF WORKING GROUPS I AND II OF THE INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE](#)

⁹ Climate and Clean Air Coalition to Reduce Short Lived Climate Pollutants, [About](#)

¹⁰ Climate and Clean Air Coalition to Reduce Short Lived Climate Pollutants, [About](#)

¹¹ [Proposed Amendment to the Montreal Protocol](#) (submitted by the Federated States of Micronesia) (11 May 2012); see also [Proposed Amendment to the Montreal Protocol](#) (submitted by the United States, Canada, and Mexico) (9 May 2012).

¹² UNEP (2010) [DECLARATION ON THE GLOBAL TRANSITION AWAY FROM HYDROCHLOROFUOROCARBONS \(HCFCs\) AND CLHOLROFUOROCARBONS \(CFCs\)](#); see also UNEP (2011) [REPORT OF THE COMBINED NINTH MEETING OF THE CONFERENCE OF THE PARTIES TO THE VIENNA CONVENTION ON THE PROTECTION OF THE OZONE LAYER AND THE TWENTY-THIRD MEETING OF THE PARTIES TO THE MONTREAL PROTOCOL ON SUBSTANCES THAT DEplete THE OZONE LAYER](#); and UNEP (2012) [REPORT OF THE TWENTY-FOURTH MEETING OF THE PARTIES TO THE MONTREAL PROTOCOL ON SUBSTANCES THAT DEplete THE OZONE LAYER: ADVANCE COPY](#).

¹³ European Commission (2012) [Regulation of the European Parliament and of the Council on fluorinated greenhouse gases](#), COM(2012)0643 final; European Parliament, Committee on the Environment, Public Health and Food Safety (2013) [Draft Report on the proposal for a regulation of the European Parliament and of the Council on fluorinated greenhouse gases](#), 2012/0305(COD); and Schwarz W. *et al.* (2011) PREPARATORY STUDY FOR A REVIEW OF REGULATION (EC) No 842/2006 ON CERTAIN FLUORINATED GREENHOUSE GASES: FINAL REPORT.

¹⁴ Consumer Goods Forum (2012) [BETTER LIVES THROUGH BETTER BUSINESS](#), 10; see also The Consumer Goods Forum, [Sustainability Pillar](#); and Refrigerants, Naturally!, [What we do](#).

¹⁵ Solomon S. *et al.* (2007) [CLIMATE CHANGE 2007: PHYSICAL SCIENCE BASIS](#), Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (“While more than half of the CO₂ emitted is currently removed from the atmosphere within a century ... about 20% ... remains ... for many millennia.”); see also Archer D *et al.* (2009) [Atmospheric lifetime of fossil fuel carbon dioxide](#), ANNU. REV EARTH PLANET. SCI. 37:117-34 (“Equilibration with the ocean will absorb most of it [CO₂] on a timescale of 2 to 20 centuries. Even if this equilibration were allowed to run to completion, a substantial fraction of the CO₂, 20-40%, would remain in the atmosphere awaiting slower chemical reactions with CaCO₃ and igneous rocks.”); Matthews H. D. & Caldeira K. (2008) [Stabilizing climate requires near-zero emissions](#), J. GEOPHYSICAL RES. 35(4) (“[W]hile approximately half of the carbon emitted is removed by the natural carbon cycle within a century, a substantial fraction of anthropogenic CO₂ will persist in the atmosphere for several millennia.”); and Hansen J. *et al.* (2007) [Climate change and trace gases](#), PHIL. TRANS. R. SOC. 365:1925-1954 (“About one-quarter of fossil fuel CO₂ emissions will stay in the air “forever”, i.e. more than 500 years.... Resulting climate changes would be ... irreversible.”).

¹⁶ UNEP/WMO (2011) [INTEGRATED ASSESSMENT OF BLACK CARBON AND TROPOSPHERIC OZONE](#), 241 (“For example, mitigation of 0.15°C due to CO₂ measures takes place only around 2050 (Figure 6.1) under the CO₂ measures scenario; 30 years after emissions begin to decline rapidly. The influence of the CO₂ reductions grows rapidly, however, so that they mitigate roughly 0.5°C by 2070. Hence a delay of 20 years in implementation of those CO₂ reductions would mean that only ~0.15°C of warming mitigation relative to the reference scenario would be achieved within the 2070 timeframe examined here. Thus delayed CO₂ measures plus all the near-term measures examined here would lead to warming of about 2.1°C in 2070 rather than the 1.75°C shown in Figure 6.1.

Conversely, a delay in reducing emissions of short-lived species would have a large impact on near-term warming rates, but little effect on 2070 temperatures (see Figure 5.12).”).

¹⁷ U.S. Env'tl. Prot. Agency (2012) [REPORT TO CONGRESS ON BLACK CARBON](#); *see also* UNEP/WMO (2011) [INTEGRATED ASSESSMENT OF BLACK CARBON AND TROPOSPHERIC OZONE](#).

¹⁸ U.S. Env'tl. Prot. Agency (2012) [REPORT TO CONGRESS ON BLACK CARBON](#); *see also* UNEP/WMO (2011) [INTEGRATED ASSESSMENT OF BLACK CARBON AND TROPOSPHERIC OZONE](#).

¹⁹ Bond T. C. *et al.* (2013) [Bounding the role of black carbon in the climate system: a scientific assessment](#), Accepted for publication in the J. OF GEOPHYS. RES. –ATMOS., doi:10.1002/jgrd.50171 (“We estimate that black carbon, with a total climate forcing of +1.1 W m⁻², is the second most important human emission in terms of its climate-forcing in the present-day atmosphere; only carbon dioxide is estimated to have a greater forcing.”). This study confirms earlier estimates by Jacobson (2001) and Ramanathan and Carmichael (2008) which also concluded that black carbon is the second largest contributor to global warming after CO₂. *See* Jacobson M. Z. (2001) [Strong radiative heating due to the mixing state of black carbon in atmospheric aerosols](#), NAT. 409:695–69; and Ramanathan V. & Carmichael G. (2008) [Global and regional climate changes due to black carbon](#), NAT. GEOSCI. 1:221; *see also* U.S. Env'tl. Prot. Agency (2012) [REPORT TO CONGRESS ON BLACK CARBON](#), 4, 18 (“The sum of the direct and snow/ice albedo effects of BC on the global scale is likely comparable to or larger than the forcing effect from methane, but less than the effect of carbon dioxide; however, there is more uncertainty in the forcing estimates for BC....”).

²⁰ Bond T. C. *et al.* (2013) [Bounding the role of black carbon in the climate system: a scientific assessment](#), Accepted for publication in the J. OF GEOPHYS. RES. –ATMOS., doi:10.1002/jgrd.50171 (“The best estimate of industrial-era climate forcing of black carbon through all forcing mechanisms, including clouds and cryosphere forcing, is +1.1 W m⁻² with 90% uncertainty bounds of +0.17 to +2.1 W m⁻².”).

²¹ Janssen N. AH *et al.* (2012) [Health effects of black carbon](#), World Health Organization; *see also* Smith K. R. *et al.* (2009) [Public health benefits of strategies to reduce greenhouse-gas emissions: health implications of short-lived greenhouse pollutants](#), THE LANCET 274(9707):2091-2103.

²² U.S. Env'tl. Prot. Agency (2012) [REPORT TO CONGRESS ON BLACK CARBON](#)

²³ Bond T. C. *et al.* (2013) [Bounding the role of black carbon in the climate system: a scientific assessment](#), Accepted for publication in the J. OF GEOPHYS. RES. –ATMOS., doi:10.1002/jgrd.50171 (“With this method, a bottom-up estimate of total global emissions in the year 2000 is about 7500 Gg BC yr⁻¹, with an uncertainty range of 2000 to 29000 Gg yr⁻¹.”); *see also* U.S. Env'tl. Prot. Agency (2012) [REPORT TO CONGRESS ON BLACK CARBON](#).

²⁴ Bond T. C. *et al.* (2013) [Bounding the role of black carbon in the climate system: a scientific assessment](#), Accepted for publication in the J. OF GEOPHYS. RES. –ATMOS.; *see also* U.S. Env'tl. Prot. Agency (2012) [REPORT TO CONGRESS ON BLACK CARBON](#).

²⁵ Bond T. C. *et al.* (2013) [Bounding the role of black carbon in the climate system: a scientific assessment](#), Accepted for publication in the J. OF GEOPHYS. RES. –ATMOS.; *see also* U.S. Env'tl. Prot. Agency (2012) [REPORT TO CONGRESS ON BLACK CARBON](#).

²⁶ Bond T. C. *et al.* (2013) [Bounding the role of black carbon in the climate system: a scientific assessment](#), Accepted for publication in the J. OF GEOPHYS. RES. –ATMOS. (“Major sources of BC, ranked in order of increasing POA:BC [primary organic aerosol:black carbon] ratio, are diesel vehicles, residential burning of coal, small industrial kilns and boilers, burning of wood and other biomass for cooking and heating, and all open burning of biomass. A few of these sources also emit significant quantities of SO₂.”).

²⁷ Chung C. E., Ramanathan V., & Decremere D. (2012) [Observationally constrained estimates of carbonaceous aerosol radiative forcing](#), PROC. NATL. ACAD. SCI. USA, 109(29):11624-1162 (“10.4.1.12 Forcing by light-absorbing organic carbon, known as brown carbon, has not been explicitly considered here, although some of the models listed in Table 10.2 assume a small amount of absorption. Carbonaceous aerosols (CA) emitted by fossil and biomass fuels consist of black carbon (BC), a strong absorber of solar radiation, and organic matter (OM). OM scatters as well as absorbs solar radiation. The absorbing component of OM, which is ignored in most climate models, is referred to as brown carbon (BrC).... Organic aerosol was known to cool the planet significantly. The OM forcing estimated by the [IPCC AR4] models was negative, about -0.1 to -0.4 Wm⁻². By integrating and analyzing aerosol observations, we have shown here that organic aerosol, because of the warming effects of brown carbon, neither cools nor warms the planet. We attribute the negative bias in the modeling studies primarily to the neglect of the 20% absorption caused by BrC, particularly over biomass-burning regions in Asia, Africa, and South America.”); *see also* Feng Y., Ramanathan V. & Kotamarthi V. R. (2013) [Brown carbon: a significant atmospheric absorber of solar radiation](#), ATMOS. CHEM. & PHYS. DISC. 13:2795-2833.

²⁸ Bond T. C. *et al.* (2013) [Bounding the role of black carbon in the climate system: a scientific assessment](#), Accepted for publication in the J. OF GEOPHYS. RES. –ATMOS., DOI:10.1002/jgrd.50171 (“Light-absorbing particles in snow can significantly reduce snow albedo. Because of the high albedo of snow, even aerosol with relatively high single-scatter albedo (*e.g.*, aerosol with a high OA:BC ratio) causes positive radiative forcing.”).

²⁹ *Id.*

³⁰ *Id.* (“Evidence supporting the link between particles and adverse respiratory and cardiovascular health continues to mount. High human exposures to particulate matter in urban settings are linked to sources that emit black carbon and to intense exposures in indoor air. Thus, reducing particulate matter is desirable to improve human welfare, regardless of whether those reductions reduce climate warming.”) (internal citations omitted).

³¹ U.S. Evtl. Prot. Agency (2013) [DRAFT INVENTORY OF U.S. GREENHOUSE GAS EMISSIONS AND SINKS: 1990 – 2011](#), Table ES-2.

³² U.S. Evtl. Prot. Agency (2012) [REPORT TO CONGRESS ON BLACK CARBON](#).

³³ UNEP UNEP/WMO (2011) [INTEGRATED ASSESSMENT OF BLACK CARBON AND TROPOSPHERIC OZONE](#).

³⁴ Solomon S. *et al.* (2007) [CLIMATE CHANGE 2007: PHYSICAL SCIENCE BASIS](#), Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, 129, 132.

³⁵ US EPA (2010) METHANE AND NITROUS OXIDE EMISSIONS FROM NATURAL SOURCES, ES-2 (“Natural sources of CH₄ are estimated to produce 37 percent of the total CH₄ flux into the atmosphere every year.”).

³⁶ UNEP UNEP/WMO (2011) [INTEGRATED ASSESSMENT OF BLACK CARBON AND TROPOSPHERIC OZONE](#).

³⁷ Solomon S. *et al.* (2007) [TECHNICAL SUMMARY in CLIMATE CHANGE 2007: THE PHYSICAL SCIENCE BASIS](#), Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Figure TS.5.

³⁸ UNEP/WMO (2011) [INTEGRATED ASSESSMENT OF BLACK CARBON AND TROPOSPHERIC OZONE](#). (“Without implementation of measures beyond current and planned regulations, methane (CH₄) emissions are expected to increase in the future. Increased coal mining and oil and gas production, coupled with growth in agricultural activities and municipal waste generation, are likely to lead to more than 25 per cent higher global anthropogenic CH₄ emissions by 2030 relative to 2005. The projected increase in fossil fuel production is the main driving force behind this growth.”).

³⁹ *Id.*

⁴⁰ *Id.*; *see also* U.S. Evtl. Prot. Agency (2003) [OZONE: GOOD UP HIGH BAD NEARBY](#).

⁴¹ UNEP (2011) [NEAR-TERM CLIMATE PROTECTION AND CLEAN AIR BENEFITS: ACTIONS FOR CONTROLLING SHORT-LIVED CLIMATE FORCERS](#); *see also* Reilly J. *et al.* (2007) [Global economic effects of changes in crops, pasture, and forests due to changing climate, carbon dioxide, and ozone](#), ENERGY POLICY 35(11):5370-5283.

⁴² Reducing other ozone precursors can have varying effects on the climate, for example cutting non-methane VOCs can provide some additional cooling but reducing NO_x is predicted to produce warming due to its importance for removing methane from the atmosphere. UNEP/WMO (2011) [INTEGRATED ASSESSMENT OF BLACK CARBON AND TROPOSPHERIC OZONE](#), 57 (“Two-thirds of the O₃ radiative forcing to date may be attributed to the increase in atmospheric CH₄ over the last century, and hence CH₄ emissions are responsible for a large part of the increase.”).

⁴³ *Id.*

⁴⁴ UNEP (2011) [HFCs: A CRITICAL LINK IN PROTECTING CLIMATE AND THE OZONE LAYER](#).

⁴⁵ U.S. Evtl. Prot. Agency (2013) DRAFT [INVENTORY OF U.S. GREENHOUSE GAS EMISSIONS AND SINKS: 1990 – 2011](#), Table ES-2 (between 2010 and 2011 U.S. emissions of HFCs increased from 121.3 to 129.0 million metric tons CO₂-eq, an increase of ~6%. U.S. CO₂ emissions between 2010 and 2011 shrank from 5,711.1 to 5,604.9 million metric tonnes, a decrease of ~1.9%).

⁴⁶ UNEP (2011) [HFCs: A CRITICAL LINK IN PROTECTING CLIMATE AND THE OZONE LAYER](#).

⁴⁷ *Id.*

⁴⁸ Archer D. *et al.* (2005) [Fate of fossil fuel CO₂ in geologic time](#), J. OF GEOPHYS. RES. 110:C09S05 (“[W]hile approximately half of the carbon emitted is removed by the natural carbon cycle within a century, a substantial fraction of anthropogenic CO₂ will persist in the atmosphere for several millennia.”); *see also* UNEP/WMO (2011) [INTEGRATED ASSESSMENT OF BLACK CARBON AND TROPOSPHERIC OZONE](#), 241 (“For example, mitigation of 0.15°C due to CO₂ measures takes place only around 2050 (Figure 6.1) under the CO₂ measures scenario; 30 years after emissions begin to decline rapidly.”).

⁴⁹ Myhrvold N. P. & Caldeira K. (2012) [Greenhouse gases, climate change and the transition from coal to low-carbon electricity](#), ENVIRON. RES. LET. 7:014019, 4-5 (“Conservation is thus equivalent to phasing out 1 TWe of coal power over 40 yr without any replacement technology. Even in this case, GHGs (particularly CO₂) emitted by coal during the phaseout linger in the atmosphere for many years; in addition, ocean thermal inertia causes

temperature changes to lag radiative forcing changes. Consequently, conservation takes 20 yr to achieve a 25% reduction in HGE [high-GHG-emission scenario] warming and 40 yr to achieve a 50% reduction.... Natural gas plants emit about half the GHGs emitted by coal plants of the same capacity, yet a transition to natural gas would require a century or longer to attain even a 25% reduction in HGE warming.... Carbon capture and storage (CCS) also slows HGE warming only very gradually. Although CCS systems are estimated to have raw GHG emissions of 17%–27% that of unmodified coal plants, replacement of a fleet of conventional coal plants by coal-fired CCS plants reduces HGE warming by 25% only after 26–110 yr.”).

⁵⁰ UNEP/WMO (2011) [INTEGRATED ASSESSMENT OF BLACK CARBON AND TROPOSPHERIC OZONE](#), 241 (“For example, mitigation of 0.15°C due to CO₂ measures takes place only around 2050 (Figure 6.1) under the CO₂ measures scenario; 30 years after emissions begin to decline rapidly. The influence of the CO₂ reductions grows rapidly, however, so that they mitigate roughly 0.5°C by 2070. Hence a delay of 20 years in implementation of those CO₂ reductions would mean that only ~0.15°C of warming mitigation relative to the reference scenario would be achieved within the 2070 timeframe examined here. Thus delayed CO₂ measures plus all the near-term measures examined here would lead to warming of about 2.1°C in 2070 rather than the 1.75°C shown in Figure 6.1. Conversely, a delay in reducing emissions of short-lived species would have a large impact on near-term warming rates, but little effect on 2070 temperatures (see Figure 5.12).”).

⁵¹ Solomon S. *et al.* (2007) [CLIMATE CHANGE 2007: PHYSICAL SCIENCE BASIS](#), Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (“While more than half of the CO₂ emitted is currently removed from the atmosphere within a century ... about 20% ... remains ... for many millennia.”); *see also* Archer D *et al.* (2009) [Atmospheric lifetime of fossil fuel carbon dioxide](#), ANNU. REV. EARTH PLANET. SCI. 37:117-34 (“Equilibration with the ocean will absorb most of it [CO₂] on a timescale of 2 to 20 centuries. Even if this equilibration were allowed to run to completion, a substantial fraction of the CO₂, 20-40%, would remain in the atmosphere awaiting slower chemical reactions with CaCO₃ and igneous rocks.”); Matthews H. D. & Caldeira K. (2008) [Stabilizing climate requires near-zero emissions](#), J. GEOPHYSICAL RES. 35(4) (“[W]hile approximately half of the carbon emitted is removed by the natural carbon cycle within a century, a substantial fraction of anthropogenic CO₂ will persist in the atmosphere for several millennia.”); *and* Hansen J. *et al.* (2007) [Climate change and trace gases](#), PHIL. TRANS. R. SOC. 365:1925-1954 (“About one-quarter of fossil fuel CO₂ emissions will stay in the air “forever”, i.e. more than 500 years.... Resulting climate changes would be ... irreversible.”).

⁵² UNEP/WMO (2011) [INTEGRATED ASSESSMENT OF BLACK CARBON AND TROPOSPHERIC OZONE](#), 6 (“In the case of an SLCF this means that, when its concentration and hence its radiative forcing is reduced by emission controls, the global mean temperature will achieve most of its decrease towards a new equilibrium value in about a decade. About 10 per cent of the full decrease will not be realized for hundreds of years, since the redistribution of heat stored in the deep ocean while the SLCF was active, and hence its upwards transport, will continue for hundreds of years In the case of CO₂, more than 80 per cent of the expected decrease in global mean temperature after emission reductions will not be realized for hundreds of years. This is because the drawing down of atmospheric CO₂ into the deep ocean, and hence the decrease in its radiative forcing, is roughly offset by the upward transport of heat to the surface, since both phenomena are achieved by the same physics of deep-ocean mixing....”) *citing* Solomon S. *et al.* (2009) [Irreversible climate change due to carbon dioxide emissions](#), PROC. NATL. ACAD. SCI. USA 106:1704, 1704 (“[C]limate change that takes place due to increases in carbon dioxide concentration is largely irreversible for 1,000 years after emissions stop. Following cessation of emissions, removal of atmospheric carbon dioxide decreases radiative forcing, but is largely compensated by slower loss of heat to the ocean, so that atmospheric temperatures do not drop significantly for at least 1,000 years.”); *and* Matthews D & Weaver J. (2010) [Committed climate warming](#), NAT. GEOSCI. 3:142.

⁵³ Solomon S. *et al.* (2009) [Irreversible climate change due to carbon dioxide emissions](#), PROC. NATL. ACAD. SCI. USA 106(6):1704-1709 (“Anthropogenic carbon dioxide will cause irrevocable sea level rise.... An assessed range of models suggests that the eventual contribution to sea level rise from thermal expansion of the ocean is expected to be 0.2–0.6 m per degree of global warming (5). Fig. 4 uses this range together with a best estimate for climate sensitivity of 3 °C (5) to estimate lower limits to eventual sea level rise due to thermal expansion alone. Fig. 4 shows that even with zero emissions after reaching a peak concentration, irreversible global average sea level rise of at least

0.4–1.0 m is expected if 21st century CO₂ concentrations exceed 600 ppmv and as much as 1.9 m for a peak CO₂ concentration exceeding 1,000 ppmv.”).

⁵⁴ *Id.*

⁵⁵ National Oceanic & Atmospheric Administration, [TRENDS IN ATMOSPHERIC CARBON DIOXIDE](#).

Solomon S. *et al.* (2007) [CLIMATE CHANGE 2007: PHYSICAL SCIENCE BASIS](#), Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.

⁵⁷ Solomon S. *et al.* (2011) [Climate Stabilization Targets: Emissions, Concentrations, and Impacts over Decades to Millennia](#), National Research Council.

⁵⁸ B. Metz *et al.* (2007) [CLIMATE CHANGE: MITIGATION OF CLIMATE CHANGE](#), Contribution Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007, 19-22.

⁵⁹ Myhrvold N. P. & Caldeira K. (2012) [Greenhouse gases, climate change and the transition from coal to low-carbon electricity](#), ENVIRON. RES. LET. 7:014019, 1 (“The use of current infrastructure to build this new low-emission system necessitates additional emissions of greenhouse gases, and the coal-based infrastructure will continue to emit substantial amounts of greenhouse gases as it is phased out. Furthermore, ocean thermal inertia delays the climate benefits of emissions reductions.... We show that rapid deployment of low-emission energy systems can do little to diminish the climate impacts in the first half of this century.”).

⁶⁰ Solomon S. *et al.* (2009) [Irreversible climate change due to carbon dioxide emissions](#), PROC. NATL. ACAD. SCI. USA 106(6):1704-1709.

⁶¹ UNEP/WMO (2011) [INTEGRATED ASSESSMENT OF BLACK CARBON AND TROPOSPHERIC OZONE](#), 6, 159 (“In the case of an SLCF this means that, when its concentration and hence its radiative forcing is reduced by emission controls, the global mean temperature will achieve most of its decrease towards a new equilibrium value in about a decade. About 10 per cent of the full decrease will not be realized for hundreds of years, since the redistribution of heat stored in the deep ocean while the SLCF was active, and hence its upwards transport, will continue for hundreds of years.... Over the longer term, from 2070 onwards, there is still a reduction in warming in the early measures case, but the value becomes quite small. This reinforces the conclusions drawn from previous analyses that reducing emissions of O₃ precursors and BC can have substantial benefits in the near term, but that long-term climate change is much more dependent on emissions of long-lived GHGs such as CO₂.”).

⁶² Shindell D. *et al.* (2012) [Simultaneously mitigating near-term climate change and improving human health and food security](#), SCI. 335(6065):183-189, 183 (“We identified 14 measures targeting methane and BC emissions that reduce projected global mean warming ~0.5°C by 2050.”).

⁶³ UNEP/WMO (2011) [INTEGRATED ASSESSMENT OF BLACK CARBON AND TROPOSPHERIC OZONE](#), 246 (“The 16 measures examined here, including the measures on pellet stoves and coal briquettes, reduce warming in the Arctic by 0.7°C (range 0.2 to 1.3°C) at 2040. This is a large portion of the 1.1°C (range 0.7 to 1.7°C) warming projected under the reference scenario for the Arctic...”).

⁶⁴ Shindell D. *et al.* (2012) [Simultaneously mitigating near-term climate change and improving human health and food security](#), SCI. 335(6065):183-189, 183, 185 (“We identified 14 measures targeting methane and BC emissions that reduce projected global mean warming ~0.5°C by 2050. *** BC albedo and direct forcings are large in the Himalayas, where there is an especially pronounced response in the Karakoram, and in the Arctic, where the measures reduce projected warming over the next three decades by approximately two thirds and where regional temperature response patterns correspond fairly closely to albedo forcing...”); *see also* UNEP/WMO (2011) [INTEGRATED ASSESSMENT OF BLACK CARBON AND TROPOSPHERIC OZONE](#), 3 (“If the measures were to be implemented by 2030, they could halve the potential increase in global temperature projected for 2050 compared to the Assessment’s reference scenario based on current policies and energy and fuel projections. *** This could reduce warming in the Arctic in the next 30 years by about two-thirds compared to the projections of the Assessment’s reference scenario”).

⁶⁵ Solomon S. *et al.* (2007) [TECHNICAL SUMMARY in CLIMATE CHANGE 2007: THE PHYSICAL SCIENCE BASIS](#), Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, 36 (“The rate of warming averaged over the last 50 years (0.13°C ± 0.03°C per decade) is nearly twice that for the last 100 years.”).

⁶⁶ Arctic Monitoring and Assessment Programme (2011) [SNOW, WATER, ICE AND PERMAFROST IN THE ARCTIC, EXECUTIVE SUMMARY AND KEY MESSAGE](#), 4 (“The increase in annual average temperature since 1980 has been twice as high over the Arctic as it has been over the rest of the world.”); *see also* Qiu J. (2008) [China: The third pole](#), NAT. 454:393, 393, (“The proximate cause of the changes now being felt on the [Tibetan] plateau is a rise in

temperature of up to 0.3°C a decade that has been going on for fifty years — approximately three times the global warming rate.”).

⁶⁷ Institute for Advanced Sustainability Studies (2012) [SHORT LIVED CLIMATE FORCERS: PATHWAYS TO ACTION – WORKSHOP SUMMARY](#) (“... inclusion of HFCs mitigation would further reduce the warming by another 20% (about 0.1°C), thus increasing the total reduction of warming between now and 2050 to about 0.6°C” (citing Ramanathan V. & Xu Y. (2010)); see also Ramanathan V & Xu Y. (2010) [The Copenhagen Accord for limiting global warming: criteria, constraints, and available avenues](#), PROC. NAT’L ACAD. SCI. USA 107:8055, 8055 (“These actions [to reduce emissions of SLCPs including HFCs, methane, black carbon, and ground-level ozone], even if we are restricted to available technologies ... can reduce the probability of exceeding the 2°C barrier before 2050 to less than 10% and before 2100 to less than 50% [when CO₂ concentrations are stabilized below 441 ppm during this century].”).

⁶⁸ Ramanathan V. & Feng Y. (2008) [On avoiding dangerous anthropogenic interference with the climate system: formidable challenges ahead](#), PROC. NAT’L ACAD. SCI. USA 105:14245; see also Schellnhuber H. J. (2008) [Global warming: stop worrying, start panicking?](#) PROC. NAT’L ACAD. SCI. USA 105:14239.

⁶⁹ Ramanathan V & Xu Y. (2010) [The Copenhagen Accord for limiting global warming: criteria, constraints, and available avenues](#), PROC. NAT’L ACAD. SCI. USA 107:8055.

⁷⁰ *Id.*

⁷¹ *Id.*

⁷² National Research Council of the National Academies (2011) [CLIMATE STABILIZATION TARGETS: EMISSIONS, CONCENTRATIONS, AND IMPACTS OVER DECADES TO MILLENNIA](#), 3; see also UNEP/WMO (2011) [INTEGRATED ASSESSMENT OF BLACK CARBON AND TROPOSPHERIC OZONE](#); and United Nations Environment Program (2011) [NEAR-TERM CLIMATE PROTECTION AND CLEAN AIR BENEFITS: ACTIONS FOR CONTROLLING SHORT-LIVED CLIMATE FORCERS](#).

⁷³ National Research Council Committee on Abrupt Climate Change (2002) [ABRUPT CLIMATE CHANGE: INEVITABLE SURPRISES](#), 14 (The National Research Council provides two definitions for abrupt climate change. The first definition describes abrupt climate change in terms of physics: “an abrupt climate change occurs when the climate system is forced to cross some threshold, triggering a transition to a new state at a rate determined by the climate system itself and faster than the cause.” **The second definition describes abrupt climate change in terms of impacts**, “an abrupt change is one that takes place so rapidly and unexpectedly that human or natural systems have difficulty adapting to it.”).

⁷⁴ Ramanathan V & Xu Y. (2010) [The Copenhagen Accord for limiting global warming: criteria, constraints, and available avenues](#), PROC. NAT’L ACAD. SCI. USA 107:8055, 8055 (“These actions [to reduce emissions of SLCPs including HFCs, methane, black carbon, and ground-level ozone], even if we are restricted to available technologies ... can reduce the probability of exceeding the 2°C barrier before 2050 to less than 10% and before 2100 to less than 50% [when CO₂ concentrations are stabilized below 441 ppm during this century]”); see also UNEP/WMO (2011) [INTEGRATED ASSESSMENT OF BLACK CARBON AND TROPOSPHERIC OZONE: SUMMARY FOR DECISIONS MAKERS](#), 12 (“[T]he combination of CO₂, CH₄, and BC measures holds the temperature increase below 2°C until around 2070... [and] adoption of the Assessment’s near-term measures (CH₄ + BC) along with the CO₂ reductions would provide a substantial chance of keeping the Earth’s temperature increase below 1.5°C for the next 30 years.”); UNEP/WMO (2011) [INTEGRATED ASSESSMENT OF BLACK CARBON AND TROPOSPHERIC OZONE](#), 240 (“Hence adoption of the near-term measures analyzed in this Assessment would increase the chances for society to keep the Earth’s temperature increase below 1.5°C for the next 40 years if these measures were phased in along with CO₂ reductions.”); and Shindell D. *et al.* (2012) [Simultaneously mitigating near-term climate change and improving human health and food security](#), SCI. 335(6065):183-189, 184 (“The combination of CH₄ and BC measures along with substantial CO₂ emissions reductions [under a 450 parts per million (ppm) scenario] has a high probability of limiting global mean warming to <2°C during the next 60 years, something that neither set of emissions reductions achieves on its own....”).

⁷⁵ Shindell D. *et al.* (2012) [Simultaneously mitigating near-term climate change and improving human health and food security](#), SCI. 335(6065):183-189; and UNEP/WMO (2011) [INTEGRATED ASSESSMENT OF BLACK CARBON AND TROPOSPHERIC OZONE](#); based on Ramanathan V. & Xu Y. (2010) [The Copenhagen Accord for limiting global warming: criteria, constraints, and available avenues](#), PROC. NAT’L ACAD. SCI. USA 107: 8055.

⁷⁶ UNEP/WMO (2011) [INTEGRATED ASSESSMENT OF BLACK CARBON AND TROPOSPHERIC OZONE](#), 99 (“While global mean temperatures provide some indication of climate impacts and their simplicity makes them widely used indicators, temperature changes can vary dramatically from place to place.... In the case of the short-lived climate forcing by aerosols and O₃, the forcing itself is also very unevenly distributed, and hence can cause even greater regional contrasts in the temperature response.”); and Christensen, J. H. *et al.* (2007) [REGIONAL CLIMATE PROJECTIONS, in CLIMATE CHANGE 2007: THE PHYSICAL SCIENCE BASIS](#).

⁷⁷ Qiu J. (2008) [China: The third pole](#), NAT. 454:393, 393 (“The proximate cause of the changes now being felt on the [Tibetan] plateau is a rise in temperature of up to 0.3 °C a decade that has been going on for fifty years — approximately three times the global warming rate”); see also Arctic Monitoring and Assessment Programme (2011) [SNOW, WATER, ICE AND PERMAFROST IN THE ARCTIC, EXECUTIVE SUMMARY AND KEY MESSAGE](#), 4 (“The increase in annual average temperature since 1980 has been twice as high over the Arctic as it has been over the rest of the world”); and Cruz R. V. *et al.* (2007) [ASIA, in CLIMATE CHANGE 2007: IMPACTS, ADAPTATION AND VULNERABILITY](#), 475 (“In all four regions [of Africa] and in all seasons, the median temperature increase [between 1980 and 2099] lies between 3°C and 4°C, roughly 1.5 times the global mean response.”).

⁷⁸ Wallack, J. S. and Ramanathan, V. (2009) [The other climate changes, why black carbon also matters](#), FOREIGN AFFAIRS 88(5) (2009).

⁷⁹ According to passive microwave data analyzed by the National Snow and Ice Data Center and NASA, on 16 September 2012 the Arctic reached a new record minimum of 1.32 million square miles, 18% less than the previous record minimum set in 2007 and nearly 50% less than the 1979 to 2000 average. National Snow & Ice Data Center, [Arctic sea ice extent settles a record seasonal minimum](#), (16 September 2012); and Derksen C. & Brown R. (2012) [Spring snow cover extent reductions in the 2008-2012 period exceeding climate model projections](#), GEOPHYS. RES. LETT. 39(19).

⁸⁰ Flanner M. G. *et al.* (2011) [Radiative forcing and albedo feedback from the Northern Hemisphere cryosphere between 1979 and 2008](#), NAT. GEOSCI. 4:151; see also Arctic Monitoring and Assessment Programme (2011) [SNOW, WATER, ICE AND PERMAFROST IN THE ARCTIC, EXECUTIVE SUMMARY AND KEY MESSAGE](#); and Stroeve J. *et al.* (2007) [Arctic sea ice decline: faster than forecast](#), GEOPHYS. RES. LETT. 34:L09501.

⁸¹ Lenton T. M. (2011) [2°C or not 2°C? That is the climate question](#), NAT. 473(7).

⁸² Callaghan T. V. *et al.* (2011) [CHANGING PERMAFROST AND ITS IMPACTS](#), in Arctic Monitoring and Assessment Programme (2011) [SNOW, WATER, ICE AND PERMAFROST IN THE ARCTIC \(SWIPA\): CLIMATE CHANGE AND THE CRYOSPHERE](#); and UNEP (2012) [POLICY IMPLICATIONS OF WARMING PERMAFROST](#).

⁸³ Schuur E. A. G. *et al.* (2008) [Vulnerability of Permafrost Carbon to Climate Change: Implications for the Global Carbon Cycle](#), BIOSCI. 58(8) (“Overall, this permafrost C pool estimate is more than twice the size of the entire atmospheric C pool, and it is more than double previous estimates of high-latitude soil C....”); Callaghan T. V. *et al.* (2011) [CHANGING PERMAFROST AND ITS IMPACTS](#), in Arctic Monitoring and Assessment Programme (2011) [SNOW, WATER, ICE AND PERMAFROST IN THE ARCTIC \(SWIPA\): CLIMATE CHANGE AND THE CRYOSPHERE](#) (“Furthermore, recent work has shown that carbon pools in permafrost soils are much larger than previously recognized: around 1400 to 1850 gigatonnes (Gt) of carbon are located in terrestrial permafrost regions.... In addition, Arctic coastal seas underlain by subsea permafrost host an extremely large carbon pool: the Arctic continental shelf could contain around 1300 Gt of carbon, of which 800 Gt is CH₄, some of which could be available for sudden release under the appropriate conditions. A release of only 1% of this reservoir would more than triple the atmospheric mixing ratio of CH₄, potentially triggering abrupt climate change.”); UNEP (2012) [POLICY IMPLICATIONS OF WARMING PERMAFROST](#) (“If the permafrost thaws, the organic matter will thaw and decay, potentially releasing large amounts of CO₂ and methane into the atmosphere. This organic material was buried and frozen thousands of years ago and its release into the atmosphere is irreversible on human time scales. Thawing permafrost could emit 43 to 135 Gt of CO₂ equivalent by 2100 and 246 to 415 Gt of CO₂ equivalent by 2200. Uncertainties are large, but emissions from thawing permafrost could start within the next few decades and continue for several centuries, influencing both short-term climate (before 2100) and long-term climate (after 2100).”); and Schaefer K *et al.* (2011) [Amount and timing of permafrost carbon release in response to climate warming](#), TELLUS B. 63(2):165-180.

⁸⁴ Jacobson M. (2010) [Short-term effects of controlling fossil-fuel soot, biofuel soot and gases, and methane on climate, Arctic ice, and air pollution health](#), J. GEOPHYS. RES. 115:3795.

⁸⁵ Menon S. *et al.* (2010) [Black carbon aerosols and the third polar ice cap](#), ATMOS. CHEM. PHYS., 10:4559; see also Ramanathan V. *et al.* (2007) [Atmospheric brown clouds: Hemispherical and regional variations in long range transport, absorption, and radiative forcing](#), J. OF GEOPHYS. RES., 12:D22S21; and UNEP/WMO (2011) [INTEGRATED ASSESSMENT OF BLACK CARBON AND TROPOSPHERIC OZONE](#).

⁸⁶ Shindell D. *et al.* (2012) [Simultaneously mitigating near-term climate change and improving human health and food security](#), SCI. 335(6065):183-189, 183, 185 (“We identified 14 measures targeting methane and BC emissions that reduce projected global mean warming ~0.5°C by 2050. *** BC albedo and direct forcings are large in the Himalayas, where there is an especially pronounced response in the Karakoram, and in the Arctic, where the measures reduce projected warming over the next three decades by approximately two thirds and where regional temperature response patterns correspond fairly closely to albedo forcing...”); *see also* UNEP/WMO (2011) [INTEGRATED ASSESSMENT OF BLACK CARBON AND TROPOSPHERIC OZONE: SUMMARY FOR DECISIONS MAKERS](#), 3 (“If the measures were to be implemented by 2030, they could halve the potential increase in global temperature projected for 2050 compared to the Assessment’s reference scenario based on current policies and energy and fuel projections. *** This could reduce warming in the Arctic in the next 30 years by about two-thirds compared to the projections of the Assessment’s reference scenario”).

⁸⁷ Menon S. *et al.* (2010) [Black carbon aerosols and the third polar ice cap](#), ATMOS. CHEM. PHYS., 10:4559.

⁸⁸ 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.

⁸⁹ Institute for Health Metrics and Evaluation, [Global Burden of Disease \(GDB\) Visualizations](#) (2013) (this website, launched in 2013, provides access to data and interactive visualizations of the findings of the 2010 Global Burden of Diseases, Injuries, and Risk Factors Study.); *see also* 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.

⁹⁰ World Health Organization, [About the Global Burden of Disease \(GDB\) project](#) (2013) (The World Health Organization calculates the global burden of disease using disability-adjusted life year (DALY), which measures the combined years lost due to premature mortality, known as years of life lost (YLLs), and years of life lost due to time lived in states of less than full health, known as years lived with disability (YLD). One DALY is equal to one lost year of health life).

⁹¹ 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.

⁹² Asian Development Bank (2012) [TOWARD AN ENVIRONMENTALLY SUSTAINABLE FUTURE COUNTRY ENVIRONMENTAL ANALYSIS OF THE PEOPLE’S REPUBLIC OF CHINA](#) (“The increased demand for energy, growing vehicular fleet, and industrial expansion have led to serious air quality deterioration in the PRC, which, in turn, has adverse effects on human health and ecosystems. A recent study by the World Bank (2007) estimated that air pollution could be imposing annual economic costs in the PRC equivalent to as much as 1.2% of GDP based on cost-of-illness valuation and 3.8% of GDP based on willingness to pay”); *citing* World Bank (2007) [Cost of Pollution in China: Economic Estimates of Physical Damages](#) (“Total health costs associated with air pollution are 1.2 percent (using AHC) and 3.8 percent (using VSL) of GDP.”).

⁹³ Shindell D. *et al.* (2012) [Simultaneously mitigating near-term climate change and improving human health and food security](#), SCI. 335(6065):183-189, 183 (“This strategy avoids 0.7 to 4.7 million annual premature deaths from outdoor air pollution and increases annual crop yields by 30 to 135 million metric tons due to ozone reductions in 2030 and beyond.”); *see also* UNEP/WMO (2011) [INTEGRATED ASSESSMENT OF BLACK CARBON AND TROPOSPHERIC OZONE: SUMMARY FOR DECISIONS MAKERS](#); and UNEP (2011) [NEAR-TERM CLIMATE PROTECTION AND CLEAN AIR BENEFITS: ACTIONS FOR CONTROLLING SHORT-LIVED CLIMATE FORCERS](#).

⁹⁴ Anenberg *et al.* (2012) [Global air quality and health co-benefits of mitigating near-term climate change through methane and black carbon emission controls](#), ENVTL. HEALTH PERSPECTIVES, 120:831, 831, 838 (“We estimate that, for PM_{2.5} [black carbon] and ozone respectively, fully implementing these [14] measures could reduce global population-weighted average surface concentrations by 23-34% and 7-17% and avoid 0.6-4.4 and 0.04-0.52 million annual premature deaths globally in 2030. More than 80% of the health benefits are estimated to occur in Asia... Based on our estimates, avoided deaths would represent 1-8% of cardiopulmonary and lung cancer deaths among those age 30 years and older, and 1-7% of all deaths for all ages, assuming constant baseline mortality rates.”).

⁹⁵ UNEP/WMO (2011) [INTEGRATED ASSESSMENT OF BLACK CARBON AND TROPOSPHERIC OZONE: SUMMARY FOR DECISIONS MAKERS](#), 3 (“Full implementation of the identified measures could avoid ... the loss of 52 million tonnes (within a range of 30–140 million tonnes), 1–4 per cent, of the global production of maize, rice, soybean and wheat each year.”).

⁹⁶ Ramanathan V. & Carmichael G. (2008) [Global and regional climate changes due to black carbon](#), NAT. GEOSCI. 1:221.

⁹⁷ *See* Shindell D. *et al.* (2012) [Simultaneously mitigating near-term climate change and improving human health and food security](#), SCI. 335(6065): 183-189; and UNEP/WMO (2011) [INTEGRATED ASSESSMENT OF BLACK](#)

[CARBON AND TROPOSPHERIC OZONE: SUMMARY FOR DECISIONS MAKERS](#) (The UNEP/WMO and Shindell *et al.* studies analyzed the 1650 individual control measures in the technology and emission databases of the IIASA Greenhouse gas: Air pollution Interactions and Synergies (GAINS) climate model. These were grouped into 400 categories, which were then analyzed for their impacts on emissions of methane, carbon monoxide, black carbon, organic carbon, sulfur dioxide (SO₂), nitrogen oxides (NO_x), volatile organic compounds (VOCs) and carbon dioxide. The measures were further analyzed to determine the net effect of the changes in global radiative forcing (RF) due to changes in emissions of the studied gases and aerosols, and ranked according to their efficacy at reducing global RF. 130 measures were shown to reduce global RF and the top 16 of those measures were shown to produce almost 90% of the total mitigation potential. Shindell *et al.* combined four measures into two larger categories of measures, reducing to 14 the original 16 measures).

⁹⁸ UNEP (2011) [NEAR-TERM CLIMATE PROTECTION AND CLEAN AIR BENEFITS: ACTIONS FOR CONTROLLING SHORT-LIVED CLIMATE FORCERS](#) (“These measures can accomplish about 38 per cent reduction of global methane emissions and around 77 per cent of black carbon emissions, if implemented between now and 2030, relative to a 2030 ‘reference’ emission scenario.”); *see also* Shindell D. *et al.* (2012) [Simultaneously mitigating near-term climate change and improving human health and food security](#), *SCI.* 335(6065):183-189.

⁹⁹ Bond T. C. *et al.* (2013) [Bounding the role of black carbon in the climate system: a scientific assessment](#), Accepted for publication in the *J. OF GEOPHYS. RES. –ATMOS.*, DOI:10.1002/jgrd.50171 (“For a few of these sources, such as diesel engines and possibly residential biofuels, warming is strong enough that eliminating all emissions from these sources would reduce net climate forcing (*i.e.*, produce cooling).”).

¹⁰⁰ Lam N. *et al.* (2012) [Household light makes global heat: high black carbon emissions from kerosene wick lamps](#), *ENVIRON. SCI. TECHNOL.* 46(24): 13531-8 (“Kerosene-fueled wick lamps used in millions of developing-country households are a significant but overlooked source of black carbon (BC) emissions. We present new laboratory and field measurements showing that 7-9% of kerosene consumed by widely used simple wick lamps is converted to carbonaceous particulate matter that is nearly pure BC...Kerosene lamps have affordable alternatives that pose few clear adoption barriers and would provide immediate benefit to user welfare. The net effect on climate is definitively positive forcing as co-emitted organic carbon is low. No other major BC source has such readily available alternatives, definitive climate forcing effects, and co-benefits. Replacement of kerosene-fueled wick lamps deserves strong consideration for programs that target short-lived climate forcers.”).

¹⁰¹ Litehauz *et al.* (2012) [INVESTIGATION OF APPROPRIATE CONTROL MEASURES \(ABATEMENT TECHNOLOGIES\) TO REDUCE BLACK CARBON EMISSIONS FROM INTERNATIONAL SHIPPING](#) (“Simply reducing vessel speed will not achieve any BC emissions reductions, and may in fact increase emissions unless the engine has electronically controlled injection and can adjust to the load. Here, the assessment is done [in] the case where slow steaming is achieved with de-rating and the technology is actually generating savings of approximately USD 2.6 per reduced g of BC.... The use of natural gas as fuel for propulsion of ships is considered attractive in terms of its potential for reduction of SO_x and NO_x, but it has considerable potential for BC reduction also. However, the barriers are high for introduction, since the ships must undergo extensive retrofitting and may lose commercial space onboard, in addition to a widespread lack of bunkering facilities. The advantage, besides the reduction of emissions, is a fuel bonus rendering LNG a most cost-effective remedy generating savings of approximately USD 1.7 per gram BC reduced.”).

¹⁰² Molina, M., Zaelke, D., Sarma, K. M., Andersen, S. O., Ramanathan, V., and Kaniaru, D. (2009) [Reducing abrupt climate change risk using the Montreal Protocol and other regulatory actions to complement cuts in CO₂ emissions](#), *PROC. NATL. ACAD. SCI. USA* 106(49):20616-20621 (“BC can be reduced by approximately 50% with full application of existing technologies by 2030.... Strategies to reduce BC could borrow existing management and institutions at the international and regional levels, including existing treaty systems regulating shipping and regional air quality.”); *see also* UNEP (2011) [NEAR-TERM CLIMATE PROTECTION AND CLEAN AIR BENEFITS: ACTIONS FOR CONTROLLING SHORT-LIVED CLIMATE FORCERS](#) (“National efforts to reduce SLCFs can build upon existing institutions, policy and regulatory frameworks related to air quality management, and, where applicable, climate change. *** Regional air pollution agreements, organizations and initiatives may be effective mechanisms to build awareness, promote the implementation of SLCF mitigation measures, share good practices and enhance capacity. *** Global actions can help enable and encourage national and regional initiatives and support the widespread implementation of SLCF measures. A coordinated approach to combating SLCFs can build on existing institutional arrangements, ensure adequate financial support, enhance capacity and provide technical assistance at the national level.”); *and* Shindell D. *et al.* (2012) [Simultaneously mitigating near-term climate change and improving human health and food security](#), *SCI.* 335:183, 188 (“Many other policy alternatives exist to implement the CH₄ [methane] and BC measures, including enhancement of current air quality regulations.”).

¹⁰³ UNEP (2011) [NEAR-TERM CLIMATE PROTECTION AND CLEAN AIR BENEFITS: ACTIONS FOR CONTROLLING SHORT-LIVED CLIMATE FORCERS](#) (“About 50 per cent of both methane and black carbon emissions reductions can be achieved through measures that result in net cost savings (as a global average) over their technical lifetime. The savings occur when initial investments are offset by subsequent cost savings from, for example, reduced fuel use or utilization of recovered methane. A further third of the total methane emissions reduction could be addressed at relatively moderate costs.”).

¹⁰⁴ Shindell D. *et al.* (2012) [Simultaneously mitigating near-term climate change and improving human health and food security](#), SCI. 335(6065):183-189 (“using \$430 for climate and discounted health and agricultural values, gives a total benefit of ~\$1100 per metric ton of CH₄ (~\$700 to \$5000 per metric ton, using the above analyses). IEA estimates (37) indicate roughly 100 Tg/year of CH₄ emissions can be abated at marginal costs below \$1100, with more than 50 Tg/year costing less than 1/10 this valuation (including the value of CH₄ captured for resale). Analysis using more recent cost information in the GAINS model (38, 39) finds that the measures analyzed here could reduce 2030 CH₄ emissions by ~110 Tg at marginal costs below \$1500 per metric ton, with 90 Tg below \$250. The full set of measures reduce emissions by ~140 Tg, indicating that most would produce benefits greater than—and for approximately two-thirds of reductions far greater than—the abatement costs. Of course, the benefits would not necessarily accrue to those incurring costs.”).

¹⁰⁵ *Id.* (“GAINS estimates show that improved efficiencies lead to a net cost savings for the brick kiln and clean-burning stove BC measures. These account for ~50% of the BC measures’ impact.”).

¹⁰⁶ *Id.* (“The regulatory measures on high-emitting vehicles and banning of agricultural waste burning, which require primarily political rather than economic investment, account for another 25%. Hence, the bulk of the BC measures could probably be implemented with costs substantially less than the benefits given the large valuation of the health impacts.”).

¹⁰⁷ *Id.*

¹⁰⁸ Shindell D. *et al.* (2012) [Simultaneously mitigating near-term climate change and improving human health and food security](#), SCI. 335(6065):183-189 (“Global impacts of measures on climate, agriculture, and health and their economic valuation. Valuations are annual values in 2030 and beyond, due to sustained application of the measures, which are nearly equal to the integrated future valuation of a single year’s emissions reductions (without discounting). Climate valuations for CH₄ use GWP100 and an SCC [social cost of carbon] of \$265 per metric ton.”).

¹⁰⁹ *Id.* (“Global impacts of measures on climate, agriculture, and health and their economic valuation. Valuations are annual values in 2030 and beyond, due to sustained application of the measures, which are nearly equal to the integrated future valuation of a single year’s emissions reductions (without discounting). Climate valuations for CH₄ use GWP100 and an SCC [social cost of carbon] of \$265 per metric ton.... As noted in the main text, a GWP-based valuation neglects differences in the regional effects of these pollutants on temperatures, precipitation and sunlight available for photosynthesis relative to CO₂. As Figure 2 in the main text shows, regional effects can be quite distinct in the case of the BC measures. Additionally, the SCC includes some CO₂-specific factors such as fertilization of ecosystems which would not be present with forcing from methane or other short-lived species. As damages are often though to scale as a power of temperature change, there may also be somewhat less valuation of near-term changes than of later changes in a warmer future world and the climate valuation would grow more sharply with time for short lived species than for CO₂. Further work is clearly needed to better define appropriate techniques for valuation of non-CO₂ climate impacts.”).

¹¹⁰ *Id.* (“Valuation of crop yield changes uses year 2000 global market prices from the Food and Agriculture Organization (faostat.fao.org)....”).

¹¹¹ *Id.* (“Valuation of premature mortalities is based on the value of a statistical life (VSL) approach. The relationship between mortality risks and willingness-to-pay (WTP) is used to determine the VSL, which is an expression of the value that people affix to small changes in mortality risks in monetary terms. We employ the United States Environmental Protection Agency’s (USEPA) preferred VSL of \$9,500,000 for 2030... Valuations in the main text are presented using country-specific VSLs.”) (internal citations omitted).

¹¹² Velders G. J. M. *et al.* (2007) [The importance of the Montreal Protocol in protecting climate](#), PROC. NAT’L. ACAD. SCI. USA 104:4814.

¹¹³ UNEP (2012) [THE MONTREAL PROTOCOL AND THE GREEN ECONOMY: ASSESSING THE CONTRIBUTIONS AND CO-BENEFITS OF A MULTILATERAL ENVIRONMENTAL AGREEMENT](#).

¹¹⁴ [Proposed Amendment to the Montreal Protocol](#) (submitted by the Federated States of Micronesia) (11 May 2012); *see also* [Proposed Amendment to the Montreal Protocol](#) (submitted by the United States, Canada, and Mexico) (9 May 2012).

¹¹⁵ England M. H. *et al.* (2009) [Constraining future greenhouse gas emissions by a cumulative target](#), PROC. NAT’L. ACAD. SCI. USA 106:16539; Meinshausen M. *et al.* (2009) [Greenhouse-gas emission targets for limiting](#)

[global warming to 2°C](#), NAT. 458:1158; and 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. (The cumulative BAU emission from the 6 Kyoto gases from 2000-50 is about 975 GtC-eq (=650 x 1.5, Fig. 1, Scenario 6 (England *et al.*)), which is equivalent to approximately 3575 Gt CO₂-eq. The cumulative Kyoto-gas emission budget for 2000-50 is 1500 GtCO₂-eq. if the probability of exceeding it is to be limited to approximately 25% (Meinshausen *et al.*, pg. 1160). Therefore, the total mitigation needed by 2050 is approximately 2075 GtCO₂-eq. The 87-147 GtCO₂-eq. from the proposed HFC phase down represents 4-7% of the total mitigation needed by 2050, and up to 8% if all HFCs are replaced by low-GWP substitutes.).

¹¹⁶ UNEP (2012) [THE MONTREAL PROTOCOL AND THE GREEN ECONOMY: ASSESSING THE CONTRIBUTIONS AND CO-BENEFITS OF A MULTILATERAL ENVIRONMENTAL AGREEMENT](#); citing the following sources listed as they are cited in the figure (1) Velders G. J. M. *et al.* (2007) [The importance of the Montreal Protocol in protecting climate](#), PROC. NAT'L. ACAD. SCI. USA 104:4814; (2) Velders G. J. M. *et al.* (2007) *The Montreal Protocol, Celebrating 20 years of environmental progress*, ed. Kaniaru D (Cameron May, London, UK); (3) Montreal Protocol Technology and Economic Assessment Panel (2009) [TASK FORCE DECISION XX/7 INTERIM REPORT: ENVIRONMENTALLY SOUND MANAGEMENT OF BANKS OF OZONE-DEPLETING SUBSTANCES](#); (4) UNEP Riso (2009) [A PRIMER ON CDM PROGRAMME OF ACTIVITIES](#); (5) Velders G. J. M. *et al.* (2007) [The importance of the Montreal Protocol in protecting climate](#), PROC. NAT'L. ACAD. SCI. USA 104:4814; (6) 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. Note: Estimates are for direct emissions, and do not include CO₂ reductions from energy efficiency improvements.

¹¹⁷ Montreal Protocol Technology and Economic Assessment Panel (2009) [TASK FORCE DECISION XX/8 REPORT: ASSESSMENT OF ALTERNATIVES TO HCFCs AND HFCs AND UPDATE OF THE TEAP 2005 SUPPLEMENT REPORT DATA](#).

¹¹⁸ 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 (“Global HFC emissions significantly exceed previous estimates after 2025 with developing country emissions as much as 800% greater than in developed countries in 2050. Global HFC emissions in 2050 are equivalent to 9–19% (CO₂-eq. basis) of projected global CO₂ emissions in business-as-usual scenarios and contribute a radiative forcing equivalent to that from 6–13 years of CO₂ emissions near 2050. This percentage increases to 28–45% compared with projected CO₂ emissions in a 450-ppm CO₂ stabilization scenario business-as-usual scenarios from 2010 to 2050”).

¹¹⁹ Schwarz W. *et al.* (2011) [PREPARATORY STUDY FOR A REVIEW OF REGULATION \(EC\) NO 842/2006 ON CERTAIN FLUORINATED GREENHOUSE GASES: FINAL REPORT](#).

¹²⁰ U.S. Env'tl. Prot. Agency (2011) [EPA AND NHTSA FINALIZE HISTORIC NATIONAL PROGRAM TO REDUCE GREENHOUSE GASES AND IMPROVE FUEL ECONOMY FOR CARS AND TRUCKS](#).

¹²¹ U.S. Fed. Reg. (2012) [2017 AND LATER MODEL YEAR LIGHT-DUTY VEHICLE GREENHOUSE GAS EMISSIONS AND CORPORATE AVERAGE FUEL ECONOMY STANDARDS](#) 77:199 (“In addition to the grams-per-mile CO₂-equivalent credits, for the first time the agencies are establishing provisions in the CAFE program that would account for improvements in air conditioner efficiency. Improving A/C efficiency leads to real-world fuel economy benefits, because as explained above, A/C operation represents an additional load on the engine. Thus, more efficient A/C operation imposes less of a load and allows the vehicle to go farther on a gallon of gas.”).

¹²² California Air Resources Board, [Low-Emission Vehicles \(LEV\) & GHG 2012](#); and California Air Resources Board (2012) [FINAL REGULATION ORDER: “LEV III” AMENDMENTS TO THE CALIFORNIA GREENHOUSE GAS AND CRITERIA POLLUTANT EXHAUST AND EVAPORATIVE EMISSION STANDARDS AND TEST PROCEDURES AND TO THE ON-BOARD DIAGNOSTIC SYSTEM REQUIREMENTS FOR PASSENGER CARS, LIGHT-DUTY TRUCKS, AND MEDIUM-DUTY VEHICLES, AND TO THE EVAPORATIVE EMISSION REQUIREMENTS FOR HEAVY-DUTY VEHICLES](#).

¹²³ U.S. Fed. Reg. (2011) [GREENHOUSE GAS EMISSIONS STANDARDS AND FUEL EFFICIENCY STANDARDS FOR MEDIUM- AND HEAVY DUTY ENGINES AND VEHICLES](#), 76:179.

¹²⁴ European Commission (2012) [Regulation of the European Parliament and of the Council on fluorinated greenhouse gases](#), COM(2012)0643 final; and European Parliament, Committee on the Environment, Public Health and Food Safety (2013) [Draft Report on the proposal for a regulation of the European Parliament and of the Council on fluorinated greenhouse gases](#), 2012/0305(COD). (In November 2012 the European Commission published a proposal to strengthen their fluorinated greenhouse gas (f-gas) regulations, calling for an economy-wide phase-down of f-gases, managed by a quota system for importers and producers, along with use bans and better equipment seals. In March 2013 the European Parliament’s rapporteur, Bas Eickhout, submitted a report containing a number of amendments to the 2012 proposal, including: earlier and additional bans on new refrigeration and air conditioning equipment containing HFCs, bans on “pre-charged” equipment, mandatory destruction of by-product HFC-23 emissions from the manufacture of f-gases including production of feedstocks, and a faster phase-down schedule. The amendments also call for implementation of a fee system for import and production quotas as well as reporting requirements for the import, export, or production of more than 500 tonnes CO₂-eq of f-gases in a

calendar year. The European Parliament will debate the report and it will be voted upon on 19 June 2013, if the proposal does not pass it will be brought for a second vote, likely in 2014, after which it will go through a conciliation process.) Several provisions would impose trade restrictions. *See, e.g.*, Article 12 (pre-charge ban), Article 6 (by-product destruction requirement), Annex III (bans on new HFC-based equipment), and Article 14 (phase downs, which are strengthened over time).

¹²⁵ Consumer Goods Forum (2012) [BETTER LIVES THROUGH BETTER BUSINESS](#), 10; see also The Consumer Goods Forum, [Sustainability Pillar](#).

¹²⁶ 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.

¹²⁷ United Nations (2012) [RESOLUTION ADOPTED BY THE GENERAL ASSEMBLY: THE FUTURE WE WANT](#), A/RES/66/288.

¹²⁸ UNEP (2011) [REPORT OF THE COMBINED NINTH MEETING OF THE CONFERENCE OF THE PARTIES TO THE VIENNA CONVENTION ON THE PROTECTION OF THE OZONE LAYER AND THE TWENTY-THIRD MEETING OF THE PARTIES TO THE MONTREAL PROTOCOL ON SUBSTANCES THAT DEplete THE OZONE LAYER](#), par 156. The Bangkok Declaration can be found at UNEP (2010) [TWENTY-SECOND MEETING OF THE PARTIES, ANNEX III: DECLARATION ON THE GLOBAL TRANSITION AWAY FROM HYDROFLOROCARBONS \(HCFCs\) AND CHLOROFLUOROCARBONS \(CFCs\)](#).

¹²⁹ UNEP (2012) [REPORT OF THE TWENTY-FOURTH MEETING OF THE PARTIES TO THE MONTREAL PROTOCOL ON SUBSTANCES THAT DEplete THE OZONE LAYER](#), par. 189. The Bali Declaration can be found at UNEP (2011) [REPORT OF THE COMBINED NINTH MEETING OF THE CONFERENCE OF THE PARTIES TO HE VIENNA CONVENTION ON THE PROTECTION OF THE OZONE LAYER AND THE TWENTY-THIRD MEETING OF THE PARTIES TO THE MONTREAL PROTOCOL ON SUBSTANCES THAT DEplete THE OZONE LAYER](#), Annex IX.

¹³⁰ Prepared for IGSD by Dr. Guus Velders, based on 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. *See also* Velders G. J. M. *et al.* (2007) [The importance of the Montreal Protocol in protecting climate](#), PROC. NAT'L. ACAD. SCI. USA 104:4814; [Proposed Amendment to the Montreal Protocol](#) (submitted by the Federated States of Micronesia) (28 Apr. 2011 at 4-6 and 9); and UNEP (2011) [HFCs: A CRITICAL LINK IN PROTECTING CLIMATE AND THE OZONE LAYER](#), 10.

¹³¹ Climate and Clean Air Coalition to Reduce Short Lived Climate Pollutants, [About](#); *see also* US Dept. of State, [The Climate and Clean Air Coalition to Reduce Short-Lived Climate Pollutants: Fact Sheet](#) (16 Feb. 2012).

¹³² Climate and Clean Air Coalition to Reduce Short-Lived Climate Pollutants, [Actions](#).

¹³³ C40 Cities Climate Leadership Group, Video: [C40 Mayors Demonstrate Progress in Greenhouse Gas Reductions and Announce New Actions to Take on Climate Change](#), (27 June 2012); Press Release, UNEP, [Cities Join Forces with the Climate and Clean Air coalition to Tackle Solid Waste](#), (12 March 2013).

¹³⁴ Harvey F., [Rare note of harmony at Doha as action agreed on black carbon: The 25 members of the Climate and Clean Air Coalition have agreed to reduce black carbon, methane and ozone](#), *The Guardian* (6 December 2012).

¹³⁵ Press Release, UNEP, [Climate and Clean Air Coalition Working with Oil and Gas Companies to Reduce Methane and Black Carbon Emissions](#) (28 January, 2013).

¹³⁶ Press Release, UNEP, [Cities Join Forces with the Climate and Clean Air Coalition to Tackle Solid Waste](#) (12 March 2013) (“Participating cities include Rio de Janeiro, Brazil; Cali, Colombia; Viña del Mar, Chile; New York City, USA; Stockholm, Sweden; Accra, Ghana; Lagos, Nigeria; Penang, Malaysia; Dhaka, Bangladesh; Ho Chi Minh, Vietnam; and Tokyo, Japan.”)

¹³⁷ Press Release, UNEP, [New Climate and Clean Air Coalition Expands to 13 Members](#) (24 April 2012).

¹³⁸ Climate and Clean Air Coalition to Reduce Short-Lived Climate Pollutants, [Non-State Partners: World Bank](#). (“The draft review of the World Bank portfolio undertaken for the G8 report has found that between FY2007-12, US\$ 30 billion supported SLCP-reducing activities appear in 292 investment projects. The annual commitment to SLCP reducing activities based on the average of the last three years (FY10-12) is approximately 12.5 percent of overall lending volume. The World Bank has committed to increase commitments to SLCP reducing activities to 15 percent by 2015 and 20 percent by 2020 respectively.”)

¹³⁹ Kyte R., [Doha: Keeping Hope Alive – Just, World Bank Blogs](#) (12 December 2012) (“At the Bank, we want to expand the SLCP-relevant part of our IDA/IBRD portfolio from 12 percent in 2012 to 15 percent by 2015 and 20 percent by 2020, and will work on payment for results for methane reduction. We also plan to increase impact on SLCPs through our GEF, Carbon Finance, Global Gas Flaring, and Montreal Protocol portfolios.”).

¹⁴⁰ [G8 Camp David Declaration](#) (19 May, 2012); *see also* Lean G., [G8: Leaders open up vital new front in the battle to control global warming](#), *The Telegraph* (21 May, 2012)

-
- ¹⁴¹ Climate and Climate Air Coalition to Reduce Short Lived Climate Pollutants, [Partners](#).
- ¹⁴² Economic Commission for Europe, (2012) [Amendment of annex I to the 1999 Protocol to Abate Acidification, Eutrophication and Ground-level Ozone](#), ECE/EB.AIR/111/Add.1.
- ¹⁴³ Global Alliance for Clean Cookstoves, [The Alliance](#); Global Methane Initiative, [About the Initiative](#).
- ¹⁴⁴ UNEP (2008) [ATMOSPHERIC BROWN CLOUDS: REGIONAL ASSESSMENT REPORT WITH FOCUS ON ASIA](#), 3 (“1. Five regional ABC hotspots around the world have been identified: i) East Asia; ii) Indo-Gangetic Plain in South Asia; iii) Southeast Asia; iv) Southern Africa; and v) the Amazon Basin. By integrating and assimilating ABC surface observations with new satellite observations and chemistry transport model (CTM), the ABC Science Team produced global maps of ABC hotspots.
- ¹⁴⁵ International Maritime Organization, Marine Environment Protection Committee (MEPC) [IMO Environment Meeting Completes Packed Agenda](#) (19 July 2011).
- ¹⁴⁶ Litehauz et al. (2012) [INVESTIGATION OF APPROPRIATE CONTROL MEASURES \(ABATEMENT TECHNOLOGIES\) TO REDUCE BLACK CARBON EMISSIONS FROM INTERNATIONAL SHIPPING](#).
- ¹⁴⁷ Ministry of the Environment Sweden (2013) [CHAIRS CONCLUSIONS FROM THE ARCTIC ENVIRONMENT MINISTERS MEETING: ARCTIC CHANGE – GLOBAL EFFECTS](#), 2.
- ¹⁴⁸ European Commission (2012) [Regulation of the European Parliament and of the Council on fluorinated greenhouse gases](#), COM(2012)0643 final; and European Parliament, Committee on the Environment, Public Health and Food Safety (2013) [Draft Report on the proposal for a regulation of the European Parliament and of the Council on fluorinated greenhouse gases](#), 2012/0305(COD).
- ¹⁴⁹ United Nations Development Programme (UNDP) (2013) [HUMAN DEVELOPMENT REPORT 2013: THE RISE OF THE SOUTH: HUMAN PROGRESS IN A DIVERSE WORLD](#).
- ¹⁵⁰ See Molina, M., Zaelke, D., Sarma, K. M., Andersen, S. O., Ramanathan, V., and Kaniaru, D. (2009) [Reducing abrupt climate change risk using the Montreal Protocol and other regulatory actions to complement cuts in CO₂ emissions](#), PROC. NAT'L ACAD. SCI. USA 106(49):20616-20621.