



El Carbono Negro y el Calentamiento Global: Impacto de los Combustibles Comunes

Análisis científico

Acerca de los autores

Atlantic Consulting, empresa independiente de titularidad privada con sedes en Zúrich y Londres, está especializada en la evaluación de impactos medioambientales. La empresa, fundada en 1994, ha realizado cientos de análisis para gobiernos, ONGs y empresas. Eric Johnson, director gerente, es también editor de Environmental Impact Assessment Review, director de Green Cross, asesor del fondo Global Pollution Remediation y asesor de inventario designado del IPCC. El rector Derek Smith se centra en asesoramiento sobre políticas. Antes fue asesor medioambiental sénior en Ernst & Young y en BP.

Se prohíbe la reproducción total o parcial de esta publicación, su almacenamiento en un sistema de recuperación o su transmisión por cualquier forma o medio, incluidos los electrónicos, mecánicos, fotocopiado, registro u otros, sin el consentimiento previo por escrito de Atlantic Consulting.

Toda la información de este informe ha sido verificada en la medida de lo posible por el autor y el editor. No obstante, Atlantic Consulting no acepta responsabilidad alguna sobre las consecuencias derivadas del uso de la información aquí contenida.

*Agradecimientos: Los fondos necesarios para realizar este estudio han sido aportados por SHVGas, miembro de la AEGLP, la asociación europea de la industria del GLP. **SHV Gas***

Atlantic Consulting
Obstgartenstrasse 14
8136 Gattikon, Suiza
Atlantic@ecosite.co.uk

© 2009 **Atlantic Consulting**, reservados todos los derechos

Índice

1	¿Por qué este informe?	4
2	¿Qué es el carbono negro?	4
3	El carbono negro y el calentamiento global	6
3.1	El carbono negro contribuye significativamente al calentamiento global	6
3.2	A pesar de que sus mecanismos difieren de los gases de efecto invernadero convencionales, la reducción del carbono negro mitiga el calentamiento global	7
4	Impactos de los combustibles: ¿qué pasaría si se incluyera el carbono negro?	8
5	Conclusión: Se necesita más atención y actuaciones.	9
6	Referencias	10

I ¿Por qué este informe?

Como resultado de las conversaciones políticas a alto nivel de la cobertura de los medios de prensa y de los debates públicos, el calentamiento global se está convirtiendo en una cuestión cada vez más destacada. Quizá debido a la necesidad de explicar este fenómeno complejo en términos sencillos y accesibles, muchos comentaristas han adoptado la costumbre de presentar el dióxido de carbono (CO_2) (a menudo llamado simplemente «carbono») como la causa exclusiva del problema y —por extensión— como la única clave para la solución. Aunque no hay duda de que las emisiones de CO_2 son el principal contribuyente al calentamiento global, el enfoque casi exclusivo sobre ellas implica el riesgo de ocultar elementos importantes que deben ser abordados.

Este informe examina la naturaleza y la función de otra emisión significativa en el calentamiento global: el carbono negro. A pesar del hecho de que las emisiones de carbono negro permanecen sin regular por el protocolo de Kyoto y otras destacadas normativas dirigidas a combatir el cambio climático, algunos descubrimientos sugieren que, probablemente, constituye el segundo mayor contribuyente al calentamiento global. Además, como ya han documentado de forma consistente los expertos de la Organización Mundial de la Salud y las autoridades nacionales, el carbono negro pone en peligro la calidad del aire tanto interior como exterior. El carbono negro y otras partículas pueden ocasionar graves problemas de salud y se ha demostrado que reducen considerablemente la esperanza de vida media.^A

Este informe es un intento de generar concienciación sobre el carbono negro entre los responsables políticos. Después de una descripción general sobre qué es el carbono negro, el informe revisa el estado actual de la función del carbono negro en el calentamiento global y pone de manifiesto los efectos de tres combustibles tradicionales en dos aplicaciones comunes: el transporte por carretera y la calefacción doméstica, teniendo en cuenta las emisiones de carbono negro.

Las investigaciones disponibles sugieren que adaptar las políticas y normativas futuras con el objetivo de limitar las emisiones de carbono negro podría mitigar considerablemente el calentamiento global. También aportaría notables ventajas para la salud humana, al reducir las cargas sociales relacionadas con la enfermedad y la reducción de la esperanza de vida, así como sus costes asociados. No obstante, las políticas necesarias para reducir el carbón negro no son necesariamente las mismas que para la reducción del CO_2 . De hecho, en ocasiones, estas políticas podrían entrar en conflicto entre ellas. Para una óptima reducción de las emisiones que causan el calentamiento global, los responsables políticos deben tener en cuenta los compromisos entre el CO_2 y el carbono negro, además de otros agentes causantes del calentamiento global, como el metano. El objetivo fundamental no consiste en reducir las emisiones de CO_2 sino en ralentizar o revertir el proceso del calentamiento global y sus efectos perjudiciales para la humanidad y el medio ambiente natural.

2 ¿Qué es el carbono negro?

Imagine una chimenea, un campo o bosque quemado, o los residuos oscuros en la cámara de combustión de una caldera: así es como las personas normales ven el carbono negro. Este residuo, denominado comúnmente hollín, se compone en realidad de una mezcla de carbono negro^B y de otro tipo de carbono llamado carbono orgánico, además de cenizas inorgánicas y sales.



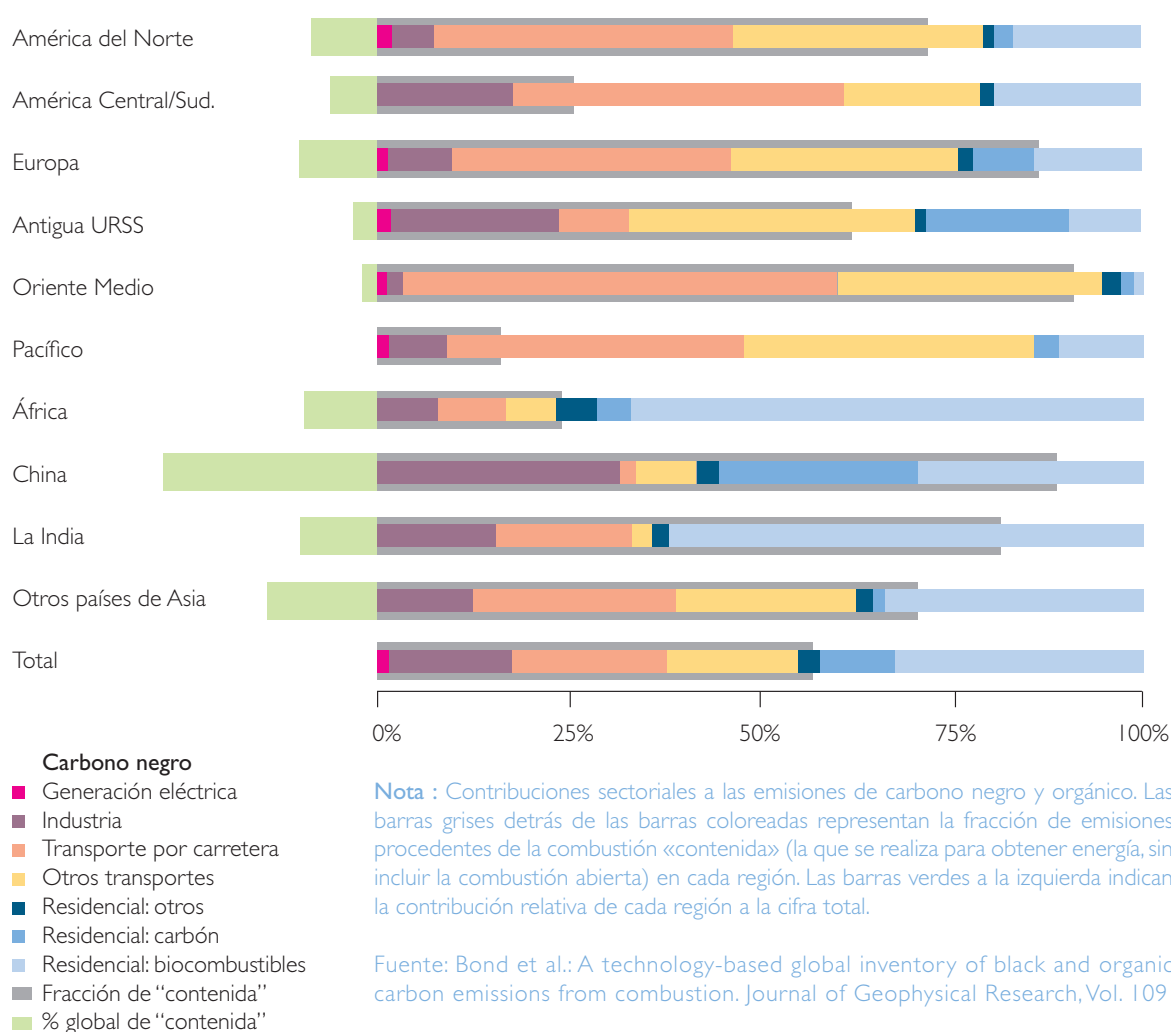
El carbono negro se emite principalmente como resultado de la combustión, en particular de la combustión incompleta y/o ineficiente. Debido a la falta de oxígeno o a una baja temperatura, parte del carbono que contiene el combustible se convierte en carbono negro y no en CO_2 . El carbono negro se emite casi siempre en combinación con otras sustancias, en partículas de diversos tamaños. Existen muchos tipos de partículas en el aire, emitidas por una gran variedad de fuentes, que contienen diferentes cantidades de carbono negro.

Las emisiones específicas de carbono negro no suelen vigilarse directamente; sino que se estiman a partir de los factores de partículas y carbono negro. Casi todas las emisiones globales de carbono negro proceden de la combustión, la mayor parte de la cual se debe a la acción del hombre. Según una investigación dirigida por Bond (2004), de la Universidad de Illinois, las fuentes de las emisiones de carbono negro varían considerablemente de una región a otra (Figura 1). Así, las emisiones domésticas son dominantes en los países en desarrollo, mientras que las emisiones del transporte y la industria tienen más importancia en el mundo desarrollado.

^A A Según la Organización Mundial de la Salud (OMS): "la contaminación atmosférica por partículas reduce en una media de 8,6 meses la esperanza de vida de todas las personas de la UE". http://www.euro.who.int/mediacentre/PR/2005/20050414_1

^B Denominado con frecuencia carbono elemental

Figura 1: Descripción de las emisiones globales de carbono negro, por región y sector



Las emisiones de carbono negro no suelen vigilarse directamente. En vez de eso, suelen estimarse en general como un producto de dos factores:

- Las emisiones de partículas PM 10 o PM2.5 de un determinado combustible y/o aplicación
- El contenido en carbono negro de dicha emisión de partículas

Se han publicado los factores de emisión de partículas para una amplia gama de combustibles y aplicaciones. Los factores de partículas PM2.5 se publican con menos frecuencia que los factores PM10 porque la medición de estos últimos empezó antes. Los estudios realizados en los últimos cinco años suelen incluir el factor PM2.5; no así los estudios realizados anteriormente.

La neutralidad de la madera en cuanto al carbono

La mayor parte de los estudios sobre el impacto del carbono dan por sentada la neutralidad de la madera y otros materiales de biomasa utilizados como combustibles en cuanto a las emisiones de carbono, es decir, se asigna un valor de potencial de calentamiento global de cero al CO² biogénico. Sin embargo, este método se ha cuestionado en los últimos años. Primero está la cuestión del cambio en el uso de la tierra, que ya no se acepta que sea automáticamente neutro en cuanto al carbono. Las importantes pérdidas de las reservas de carbono debido al cambio en el uso de la tierra (como la deforestación para obtener tierras de cultivo) debe incluirse ahora en la mayor parte de los estudios sobre el impacto del carbono.

Más recientemente, investigadores como Rabl (2007), Johnson (2009) y Searchinger et al (2009) han propuesto que los cambios en las reservas de carbono deben tenerse en cuenta, en general, para realizar el cómputo de los biocombustibles. En palabras de Searchinger et al (2009): "Según cualquier sistema basado en créditos, estos deben reflejar los cambios netos en las reservas de carbono, las emisiones de gases de efecto invernadero distintos del CO² y las emisiones de fuga derivadas de los cambios en el uso de la tierra para sustituir los cultivos de silvicultura destinados a la producción de bioenergía".

3 El carbono negro y el calentamiento global

El carbono negro contribuye al calentamiento global a través de una variedad de mecanismos físicos. En los últimos 10-15 años se ha ido reconociendo cada vez más la importancia de su contribución. En la actualidad se considera que su impacto solo es menos importante que el del CO_2 , la principal emisión causante del calentamiento global.

Es complicado establecer una comparación directa entre el carbono negro, el CO_2 y otros agentes convencionales causantes del calentamiento global, porque el carbono negro actúa de manera más local que el CO_2 ; tiene un periodo de existencia en la atmósfera de semanas —en vez de años— y puede emitirse en combinación con otros compuestos que también provocan enfriamiento. No obstante, los científicos climáticos están de acuerdo en que reducir las emisiones de carbono negro podría mitigar notablemente el calentamiento, lo que implica la necesidad de una reconsideración de las actuales políticas climáticas. Cuando se revisan los esfuerzos de reducción de emisiones para incluir el carbono negro, en vez de limitarse exclusivamente a los agentes tradicionales causantes del calentamiento global, entran en juego nuevos compromisos y consideraciones políticas. Por ejemplo, la combustión de biomasa —que fomenta las políticas actuales— aparece mucho menos atractiva si se tienen en cuenta las emisiones de carbono negro. La descarbonización adquiere un doble significado al referirse no solo al CO_2 sino también al carbono negro.



3.1 EL CARBONO NEGRO CONTRIBUYE NOTABLEMENTE AL CALENTAMIENTO GLOBAL

Según las estimaciones de Jacobson (2007), de la Universidad de Stanford, el carbono negro es responsable de un 16 % del calentamiento global, solo por detrás del CO_2 . Las estimaciones realizadas por el Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC) de la ONU en su Cuarto informe de evaluación (2007) parecen corroborar esta hipótesis.

El impacto sobre la temperatura del carbono negro se produce a través de diversos mecanismos que varían de unas regiones a otras. Principalmente, el carbono negro absorbe la luz solar y vuelve a irradiarla en la atmósfera en forma de calor. También afecta a la formación de nubes y los patrones de pluviosidad. Cuando el carbono negro se deposita en la superficie de la tierra, puede facilitar la fusión del hielo y la nieve, lo que hace que cobre especial importancia en las regiones más frías. Por ejemplo, los experimentos realizados por Ramanathan (2009) del Center for Clouds, Chemistry and Climate del Instituto Scripps de Oceanografía, sugieren que el carbono negro y el CO_2 desempeñan papeles igual de importantes para inducir la pérdida primaveral de la capa de nieve en Eurasia. Un trabajo similar desarrollado por Drew Shindell, de la NASA, ha revelado que la mitad o más del calentamiento medido en el Ártico entre 1976 y 2007 se debe al hollín, es decir, al carbono negro más carbono orgánico (Kintisch, 2009), sobre todo como resultado de su efecto sobre el albedo de la nieve.^c

^c Albedo es el término empleado para describir en qué medida un objeto o sustancia, en este caso la nieve, refleja la luz procedente de fuentes de luz como el sol.

3.2 A PESAR DE QUE SUS MECANISMOS DIFIEREN DE LOS GASES DE EFECTO INVERNADERO CONVENCIONALES, LA REDUCCIÓN DEL CARBONO NEGRO MITIGA EL CALENTAMIENTO GLOBAL

El carbono negro actúa de forma más local que el CO₂ porque permanece en el aire durante un periodo de tiempo más corto. Además, afecta al clima local debido a su influencia sobre la formación de nubes y las lluvias. Una diferencia añadida es que el periodo de permanencia en la atmósfera se mide en semanas, no años, lo que significa que la convención de usar horizontes de 100 años para los análisis del calentamiento subestima los efectos del carbono negro en el corto plazo, por ejemplo en un horizonte de 20 años (Figura 2). Para el carbono negro, los datos de potencial de calentamiento global a 20 años son los más relevantes. En cualquier caso, los indicios sugieren que el potencial de calentamiento relativo del carbono negro es bastante significativo.

Tabla 1: Potencial de calentamiento global relativo de algunas emisiones importantes

Emisión	Potencial de calentamiento global ^P en relación con el CO ₂	
	Periodo de 20 años	Periodo de 100 años
CO ₂	1	1
Metano	72	25
Óxido de nitrógeno (NO _x)	289	298
Carbono negro	2200	680

Ramanathan (2009) y sus colaboradores enfatizan el potencial de una reducción en las emisiones de carbono negro para reducir el calentamiento en el corto plazo, digamos en 15-20 años. Jacobson (2007) ha demostrado que en las próximas dos décadas la reducción de las emisiones de carbono negro permitiría reducir la temperatura con mayor rapidez que una reducción equivalente de las emisiones de metano o CO₂.

Potencial de calentamiento global

El potencial de calentamiento global (GWP) cuantifica el calentamiento global (fuerzas de irradiación) que genera una masa dada de cualquier sustancia en un tiempo dado. La masa dada suele indicarse en kilogramos o toneladas, y el tiempo dado en 20, 100 y 500 años. El GWP del dióxido de carbono, el principal agente responsable del calentamiento global, se define como 1, de modo que los GWP de todas las demás sustancias se definen en relación con el CO₂, como equivalentes de CO₂ (CO₂e). Los GWP varían considerablemente, dependiendo sobre todo de cuánta radiación infrarroja absorba la sustancia y de cuánto tiempo permanezca dicha sustancia en la atmósfera.



Las huellas de carbono son el producto de:

masa de la sustancia (normalmente kilogramos o toneladas) x GWP
de modo que suelen expresarse en kg o t CO₂e en 20, 100 ó 500 años.

Aunque el GWP suele aceptarse generalmente como medición, algunos investigadores aducen que otras mediciones, como los factores de equivalencia del dióxido de carbono (CEF) o el potencial de temperatura global (GTP) pueden resultar en algunos casos más apropiados para la orientación de las políticas.

^P Los datos de CO₂, metano y óxido nítrico provienen del 2007 IPCC Fourth Assessment Report (AR4) del Working Group I (WG I) y del capítulo 2 de dicho informe (Changes in Atmospheric Constituents and in Radiative Forcing), que contiene información sobre el GWP. Los datos sobre el carbono negro proceden de Hill (2009).

4 Impactos de los combustibles: ¿qué pasaría si se incluyera el carbono negro?

La mayoría de los impactos del carbono solo tienen en cuenta los denominados gases de efecto invernadero (GHG) homogéneos especificados por el IPCC como agentes responsables del calentamiento global: CO_2 , CH_4 , N_2O y halocarbonos. Estos efectos no suelen incluir gases ni partículas que no hayan sido regulados por el IPCC, como el carbono negro y otras especies heterogéneas, como el monóxido de carbono (CO), el hidrógeno (H_2), el carbono orgánico (OC), el ozono (O_3), los óxidos de nitrógeno (NO_x) o los sulfatos (SO_x).

La inclusión de estos otros agentes que provocan calentamiento global permite realizar una evaluación más completa de los efectos del calentamiento global de diferentes combustibles en determinadas aplicaciones, a menudo modificando el impacto relativo sobre el calentamiento.

Por ejemplo (Figuras 4 y 5), es posible comparar los gases licuados del petróleo (LPG) con el gasóleo en la automoción y con la madera como combustible para calefacción:

Figura 2: Huellas de carbono del GLP y el gasóleo como combustibles de automoción

Impacto de calentamiento global relativo (GWP 20) por km en equivalentes de CO_2

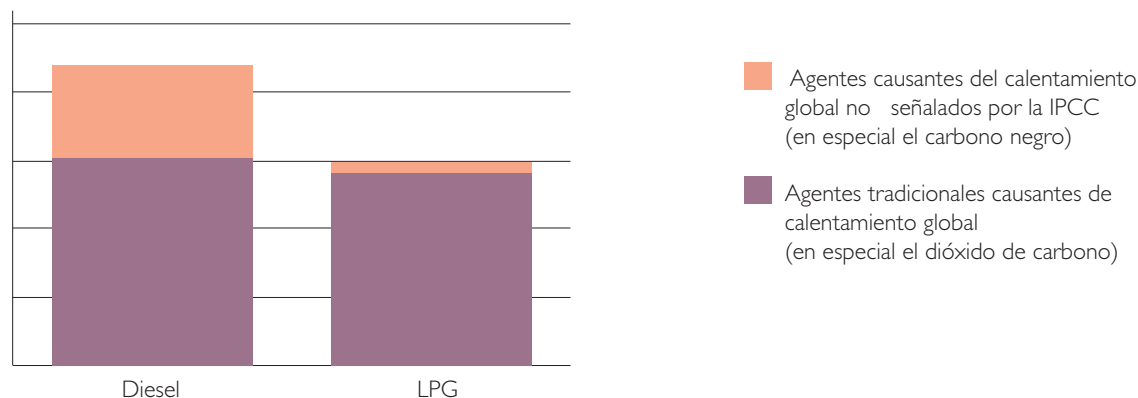
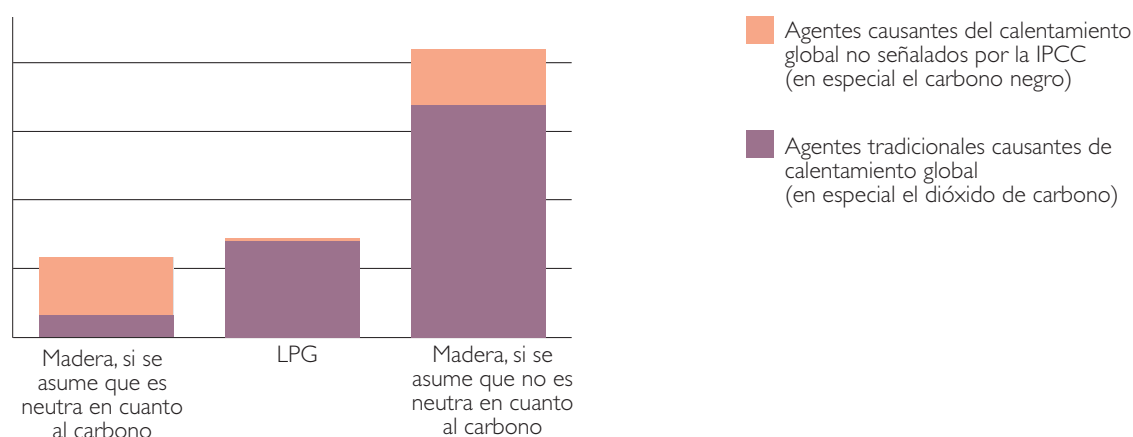


Figura 3: Huellas de carbono del GLP y la madera como combustibles para calefacción

Relative Global Warming Impact (GWP 20) per Gigajoule in CO_2 equivalent



Calentamiento global: no solo tiene que ver con el CO_2

Como el dióxido de carbono es el principal agente antropogénico causante del calentamiento global, las emisiones suelen denominarse en general simplemente «carbono». Algunas normativas para luchar contra el cambio climático, como el sistema de comercio de emisiones de la Unión Europea, solo cubren las emisiones de dióxido de carbono.

No obstante, otras emisiones antropogénicas contribuyen considerablemente al calentamiento global, como el metano, el óxido nítrico, una gran variedad de halocarbonos, el carbono negro, el monóxido de carbono y los óxidos de nitrógeno.

5 Conclusión: Se necesita más atención y actuaciones

Aunque es necesario seguir investigando para corroborar y aclarar los datos existentes, cada vez está más claro que el carbono negro es un importante contribuidor al calentamiento global. El origen principalmente antropogénico de estas emisiones sugiere que puede haber margen para reducirlas mediante medidas políticas diseñadas para animar a los ciudadanos a (a) usar la energía de forma más eficiente y (b) usar recursos energéticos cuya combustión produzca niveles de emisiones de carbono negro relativamente menores. Una posible transición, aplicable tanto en regiones en desarrollo como desarrolladas, sería reducir las emisiones relacionadas con la biomasa y el gasóleo.

En el mundo en desarrollo, el cambio de las cocinas tradicionales por las modernas podría traer dos ventajas en una: reducir el calentamiento global y mejorar la salud de las personas.

El IPCC ya reconoce que el carbono negro es un importante agente causante del calentamiento global. La Comisión Económica para Europa de la ONU piensa que "las acciones urgentes para reducir las concentraciones (de carbono negro) en la atmósfera ofrecerían oportunidades no solo de obtener notables beneficios a causa de la reducción de la contaminación atmosférica (ventajas para la salud y el rendimiento de los cultivos), sino también rápidos beneficios para el clima al mitigar el calentamiento global y evitar cruzar los umbrales críticos ambientales y de temperatura^E". En Estados Unidos, se han propuesto dos proyectos de ley, uno de la Cámara de Representantes y otro en el Senado. El proyecto de ley^F de la Cámara autorizará la investigación para desarrollar normativas sobre el carbono negro y solicitará a la Agencia de Protección Medioambiental de Estados Unidos que proponga normativas específicas en un plazo de un año después de su entrada en vigor.



La evidencia preliminar sugiere que esto puede constituir una oportunidad única para que Europa y el mundo obtengan reducciones significativas del calentamiento en un periodo de 20 años lo que, unido a una mejora del conocimiento de los beneficios para la salud de las personas relacionados con una reducción de las concentraciones de partículas en la atmósfera, deberá combinarse para hacer que las emisiones de carbono negro sean un asunto que cobre cada vez mayor importancia y urgencia en los próximos años.

^E Del Órgano ejecutivo de la UNECE para la Convención sobre contaminación atmosférica transfronteriza de largo alcance, reunión en Ginebra, 15-18 de diciembre de 2008.

Punto 13 de la agenda provisional. Contaminación atmosférica y cambio climático: desarrollar un marco para estrategias integradas de beneficios mutuos.

^F H.R. 1760, Ley de Reducción de las Emisiones de Carbono Negro de 2009, <http://www.govtrack.us/congress/bills/111/1760&tab=summary>

6 Referencias

- Bond T.C.** Black carbon and climate change. In: Representatives U.H.o., ed. Washington DC, 2007.
- Brakkee K.W., Huijbregts M.A.J., Eickhout B., Hendriks A.J., Meent D.v.d.** Characterisation Factors for Greenhouse Gases at a Midpoint Level Including Indirect Effects Based on Calculations with the IMAGE Model. *International Journal of LCA* 2008;13:191-201.
- California Air Resources Board.** Multiple Air Toxics Exposure Study (MATES-II). 2000.
- Delucchi M.** CO₂ Equivalency Factors, Appendix D. A Lifecycle Emissions Model (LEM): Lifecycle Emissions From Transportation Fuels, Motor Vehicles, Transportation Modes, Electricity Use, Heating and Cooking Fuels, and Materials: University of California, Davis, 2003.
- EcolInvent.** EcolInvent LCI Database. St. Gallen, Switzerland.
- EMF-22.** Black Carbon Update. EMF-22 Meeting. Tsukuba, Japan, 2006.
- Friedrich R.** Natural and biogenic emissions of environmentally relevant atmospheric trace constituents in Europe. *Atmospheric Environment* 2009;43:1377-1379.
- Fuglestvedt J.S., Shine K.P., Berntsen T., Cook J., Lee D.S., Stenke A., Skeie R.B., Velders G.J.M., Waitz I.A.** Transport impacts on atmosphere and climate: Metrics. *Atmospheric Environment* 2009;2009:1-30.
- Gaegauf C.K., Schmid M.R., Güntert P.** Elemental and Organic Carbon in Flue Gas Particles of Various Wood Combustion Systems. 8th International Conference on Energy for a Clean Environment, Lisbon 2005 Contact: www.oekozentrum.ch. Lisbon, 2005.
- Hill L.B.** The Carbon Dioxide-Equivalent Benefits of Reducing Black Carbon Emissions from U.S. Class 8 Trucks Using Diesel Particulate Filters: A Preliminary Analysis. 2009.
- Jacobson M.Z.** Black carbon and global warming. In: Representatives U.H.o., ed. Washington DC, 2007.
- Johnson, E.** Goodbye to carbon neutral: getting biomass footprints right. *Environmental Impact Assessment Review* 2009;29(3):165-8.
- Joint Research Centre of the EU Commission, EUCAR, CONCAWE.** Well-to-Wheels analysis of future automotive fuels and powertrains in the European context. 2006.
- Kintisch E.** New push focuses on quick ways to curb global warming. *Science* 2009;324:323.
- Künzli N., Kaiser R., Medina S., Studnicka M., Chanel O., Filliger P., Herry M., Jr F.H., Puybonnieux-Textier V., Quénel P., Schneider J., Seethaler R., Vergnaud J.-C., Sommer H.** Public-health impact of outdoor and traffic-related air pollution: a European assessment. *The Lancet* 2000;356:795-801.
- Rabl, A., Benoist A. et al.** How to account for CO₂ emissions from biomass in an LCA. *International Journal of LCA* 2007;12(5):281 DOI:<http://dx.doi.org/10.1065/lca2007.06.347>.
- Ramanathan V.** Black carbon forcing and its climate effects. International Workshop on Black Carbon. London, 2009.
- Reddy M.S., Boucher O.** Climate impact of black carbon emitted from energy consumption in the world's regions. *Geophysical Research Letters* 2007;34:L11802.
- Riffel B.** Estimating the Carbon Dioxide Equivalency Factor (CEF) Associated with Emissions of Nitrogen Oxides (NO_x). California, Davis, 2007: 101.
- Searchinger, T.D., Hamburg, S.P., et al.** Fixing a critical climate accounting error. *Science* Vol. 326, October 23, 2009, DOI:10.1126/Science.1178797
- Smith K.R., Uma R., Kishore V.V.N., Zhang J., Joshi V., Khalil M.A.K.** Greenhouse Implications of household stoves: An Analysis for India. *Annual Review of Energy and the Environment* 2000;25:741-763.
- Stedman J.R., King K., Holland M., Walton H.** Quantification of the health effects of air pollution in the UK for revised PM10 objective analysis. 2002.
- US EPA.** Particulate Matter Emissions. Indicator, 2008.
- US EPA.** PM Composition & Sources. 2006.
- US EPA.** PM profiles, Titles and documentation. 2005.
- Wichmann H.-E.** Positive gesundheitliche Auswirkungen des Einsatzes von Partikelfiltern bei Dieselfahrzeugen – Risikoabschätzung für die Mortalität in Deutschland. *Umweltmed Forsch Prax* 2004;9:58-99.

