

COAL'S ASSAULT *on* HUMAN HEALTH

By

Alan H. Lockwood, MD FAAN

Kristen Welker-Hood, ScD MSN RN

Molly Rauch, MPH

Barbara Gottlieb

A REPORT FROM

PHYSICIANS FOR SOCIAL

RESPONSIBILITY



EXECUTIVE SUMMARY

El Impacto del Carbón sobre la Salud Humana

Un informe de
Médicos para la Responsabilidad Social
(Physicians for Social Responsibility)

Por
Alan H. Lockwood, MD FAAN
Kristen Welker-Hood, ScD MSN RN
Molly Rauch, MPH
Barbara Gottlieb

Resumen Ejecutivo

Agradecimientos

Los autores agradecen a los siguientes expertos que revisaron los borradores de este informe compartiendo su visión y comentarios

Paul Epstein, MD MPH
Howard Hu, MD MPH ScD
Philip Landrigan, MD MSc
Michael McCally, MD PhD
Cindy Parker, MD MPH
Jonathan Patz, MD MPH
Katherine Shea, MD MPH

Los errores restantes son enteramente nuestra propia responsabilidad.

Ha sido posible realizar este informe gracias al generoso respaldo económico de la Fundación Energy y la Fundación Compton.

La producción del mismo fue generosamente subvencionada por PMG, una división de The Production Management Group, Ltd.

Para obtener una versión completa del informe acceda a www.psr.org/coalreport.

Sobre Médicos para la Responsabilidad Social

(Physicians for Social Responsibility - PSR)

PSR tiene una larga y respetable trayectoria en el activismo de la profesión médica para la protección de la salud del público. Fundada en 1961 por un grupo de médicos preocupados por el impacto de la proliferación nuclear, en 1985 PSR compartió el Premio Nobel de la Paz con International Physicians for the Prevention of Nuclear War por su trabajo en la generación de una presión pública para poner fin a la carrera armamentista nuclear. Hoy día los miembros, el personal y las delegaciones locales y estatales de PSR forman una red a nivel nacional de contactos clave y voceros médicos capacitados quienes pueden en forma efectiva detectar amenazas a la supervivencia global. Desde 1991, cuando PSR formalmente expandió su trabajo al crear su programa sobre salud y medioambiente, la organización ha tratado los temas del calentamiento global y la degradación tóxica de nuestro medioambiente. PSR trabaja para lograr políticas que pongan freno al calentamiento global, aseguren el aire puro, generen un futuro energéticamente sustentable, eviten la exposición de los seres humanos a sustancias tóxicas y minimicen la contaminación tóxica del aire, los alimentos y el agua potable.

Noviembre de 2009

EL IMPACTO DEL CARBÓN SOBRE LA SALUD HUMANA RESUMEN EJECUTIVO

Los contaminantes del carbón afectan a los principales sistemas de órganos del cuerpo y contribuyen con cuatro de las cinco principales causas de mortalidad en los Estados Unidos: enfermedades cardíacas, cáncer, accidentes cerebro-vasculares y enfermedades crónicas del aparato respiratorio inferior. Esta conclusión surge de nuestra reevaluación de las ampliamente reconocidas amenazas a la salud provenientes del carbón. Cada paso del ciclo de vida del carbón – su extracción, transporte, lavado, combustión y desecho de residuos de postcombustión – tiene influencia sobre la salud humana. La combustión del carbón, en especial, contribuye con enfermedades que afectan a grandes sectores de la población de los Estados Unidos, incluyendo asma, cáncer de pulmón y accidentes cerebro-vasculares, agravando los principales problemas de salud pública de nuestros tiempos. Interfiere con el desarrollo pulmonar, incrementa el riesgo de infartos y compromete la capacidad intelectual.

Se señala al stress oxidativo y la inflamación como posibles mecanismos en la exacerbación y desarrollo de muchas de las enfermedades en observación. Además, el informe aborda otra de las amenazas menos reconocidas proveniente del carbón: la contribución de la combustión del carbón al calentamiento global y los efectos, actuales y previstos, que tal calentamiento tendrá sobre la salud.

EL CICLO DE VIDA DEL CARBÓN

La electricidad provee muchos beneficios para la salud en todo el mundo y es un importante factor de contribución para el desarrollo económico, un mejor estándar de vida y una mayor expectativa de vida¹. Pero el quemar carbón para generar electricidad daña la salud humana y agrava muchos de los principales problemas de salud pública a los que se enfrenta el mundo industrializado. Se asocian efectos perjudiciales para la salud a cada aspecto del ciclo de vida del carbón, incluyendo la extracción, transporte, preparación en la central eléctrica, combustión y desecho de residuos de postcombustión. Además la descarga de dióxido de carbono en la atmósfera, asociada a la quema de carbón es uno de los principales contribuyentes al calentamiento global y sus efectos adversos sobre la salud a nivel mundial.

La minería del carbón lleva el liderazgo en accidentes fatales² por sobre otras industrias estadounidenses y está asociada a problemas crónicos de salud entre los mineros, tales como la enfermedad del pulmón negro (neumoconiosis de los mineros del carbón) que causa cicatrices permanentes en el tejido pulmonar³. Además de

los mineros mismos, las comunidades cercanas a las minas de carbón pueden verse afectadas en forma adversa por las actividades mineras debido a los efectos de las explosiones, el derrumbe de minas abandonadas y la dispersión de polvo proveniente de los camiones carboneros. La minería a cielo abierto también destruye bosques y la cubierta vegetal que protege los suelos, generando mortandad y lesiones relacionadas con inundaciones así como también produciendo erosión de suelos y contaminación de suministros de agua. La minería de extracción de cima de montaña o minería de ladera involucra la voladura del terreno hasta el nivel de la veta de carbón – muchas veces a cientos de metros bajo la superficie – y el depósito de los escombros resultantes en valles adyacentes. Esta técnica de minería de superficie, utilizada ampliamente en el área del sur de los Apalaches, daña los ecosistemas de agua dulce y el medioambiente circundante al sepultar arroyos y cabeceras de ríos⁴.

Las amenazas a la salud pública aún persisten luego de la extracción del carbón. Cuando las minas son abandonadas, el agua de lluvia reacciona con la roca expuesta causando la oxidación de minerales de sulfuro de metal. Esta reacción libera hierro, aluminio, cadmio y cobre en el sistema de aguas circundante⁵ y puede contaminar el agua potable⁶.

El lavado del carbón, que remueve polvo e impurezas antes del transporte del mismo a las centrales de energía, utiliza productos químicos de polímeros y grandes cantidades de agua lo cual genera un desecho líquido llamado lechada o slurry. Los estanques o decantaderos de estas lechadas pueden tener pérdidas o fallas produciendo daños físicos o muerte y la lechada inyectada bajo tierra utilizando antiguos pozos mineros puede liberar arsénico, bario, plomo y manganeso en las napas de agua cercanas, así contaminando las fuentes de agua locales. Una vez que el carbón es extraído y lavado, debe ser transportado a las centrales eléctricas. La combinación de locomotoras y camiones utilizados para su transporte libera a la atmósfera más de 600.000 toneladas de óxido de nitrógeno y 50.000 toneladas de material particulado, principalmente debido a las emisiones provenientes del diesel⁷. Los trenes y camiones carboneros también liberan polvo de carbón en la atmósfera, exponiendo a las comunidades cercanas a la inhalación de este polvo⁸.

El almacenamiento de desechos de postcombustión generados por las plantas de carbón también amenaza la salud humana. Existen 584 vertederos de ceniza de carbón en los Estados Unidos⁹ y estos residuos tóxicos han migrado a fuentes de suministro de agua y amenazan la salud humana en decenas de estos lugares¹⁰.

La fase de combustión del ciclo de vida del carbón es la que ejerce un mayor daño sobre la salud humana. La combustión del carbón libera al medioambiente una combinación de químicos tóxicos y contribuye de manera significativa al calentamiento global. La combustión del carbón libera dióxido de azufre, material particulado (PM), óxidos de nitrógeno, mercurio y decenas de otras sustancias conocidas por ser peligrosas para la salud humana. La combustión del carbón contribuye a la generación del smog mediante la liberación de óxidos de nitrógeno los que reaccionan con compuestos orgánicos volátiles en presencia de la luz solar para producir ozono troposférico que es el principal ingrediente del smog.

La Tabla 1 describe los principales efectos sobre la salud asociados a las emisiones de la combustión del carbón. Estos efectos sobre la salud dañan los sistemas respiratorio, cardiovascular y nervioso y contribuyen con cuatro de las cinco principales causas de muerte en los Estados Unidos: enfermedades cardíacas, cáncer, accidentes cerebrovasculares y enfermedades crónicas del aparato respiratorio inferior. Aunque es difícil determinar la proporción de enfermedad atribuible a los contaminantes del carbón, es probable que aún las contribuciones más modestas a estas principales causas de mortalidad tengan importantes efectos a nivel de la población dados sus altos índices de incidencia. La combustión del carbón también es responsable de más del 30% de la contaminación por dióxido de carbono en los Estados Unidos, contribuyendo de manera significativa al calentamiento global y sus influencias asociadas a la salud.

EFFECTOS RESPIRATORIOS DE LA CONTAMINACIÓN POR CARBÓN

Los contaminantes producidos por la combustión del carbón actúan sobre el sistema respiratorio causando una variedad de efectos adversos sobre la salud. Los contaminantes del aire – entre ellos el óxido nitroso (NO₂) y partículas muy pequeñas conocidas como PM_{2.5} – afectan el desarrollo pulmonar en forma adversa, reduciendo el volumen espiratorio forzado (FEV) en los niños¹¹. Esta reducción del FEV, una indicación de la función pulmonar, a menudo precede el posterior desarrollo de otras enfermedades pulmonares.

La contaminación del aire desencadena ataques de asma, una enfermedad respiratoria que afecta a más del 9% de los niños en los Estados Unidos. Los niños son particularmente susceptibles al desarrollo de ataques de asma relacionados con la contaminación. Esto puede deberse a sus patrones respiratorios diferentes y también a la cantidad de tiempo que pasan al aire libre. También puede ser producto de la inmadurez de sus sistemas inmunológicos y enzimáticos, los que asisten en el proceso de desintoxicación de contaminantes, combinado con un desarrollo pulmonar incompleto¹². Estos factores parecen actuar conjuntamente para hacer que los niños sean muy susceptibles a los contaminantes atmosféricos tales como aquellos emitidos por las centrales de energía alimentadas por carbón¹³.

Las exacerbaciones de asma se han conectado específicamente a la exposición al ozono, un gas producido cuando el NO₂ reacciona con compuestos orgánicos volátiles en presencia de la luz solar y el calor¹⁴. El riesgo para los niños de experimentar agravamientos del asma relacionados con el ozono es mayor entre aquellos que sufren asma severa. Ese riesgo existe aún cuando los niveles ambientales de ozono caen dentro de los límites definidos por la EPA (Environmental Protection Agency – Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos) para protección de la salud pública.

Los contaminantes del carbón detonan ataques de asma en combinación con características genéticas individuales¹⁵. Esta interacción gen-medioambiente significa que algunos individuos son más susceptibles a los efectos de la contaminación por carbón sobre la salud respiratoria. Los polimorfismos genéticos que parecen volver a las personas más susceptibles incluyen aquellos que controlan la inflamación y los que controlan el stress oxidativo o la presencia en las células de moléculas altamente reactivas conocidas como radicales libres (ver recuadro).

ESTRÉS OXIDATIVO

Los radicales libres de oxígeno presentes en los sistemas biológicos son un componente celular normal y desempeñan funciones esenciales en el control de numerosas funciones celulares. (Los radicales libres son átomos o moléculas que contienen al menos un electrón no apareado en una órbita atómica o molecular y, por lo tanto, son inestables y altamente reactivos).

La concentración de radicales libres de oxígeno puede aumentarse por medio de la exposición a sustancias ambientales como la contaminación del aire, el humo del cigarrillo, los pesticidas y los solventes. Cuando su concentración es excesiva, estas moléculas altamente reactivas dañan lípidos, proteínas, ADN, membranas celulares y otros componentes celulares. El término utilizado para describir ese estado fisiológico es “estrés oxidativo”.

El estrés oxidativo es un factor importante que contribuye a una variedad de enfermedades, entre ellas aterosclerosis, hipertensión, artritis reumatoide, diabetes mellitus y trastornos neurodegenerativos como mal de Alzheimer y mal de Parkinson, así como el envejecimiento normal. Es uno de varios mecanismos implicados en la patogenia de las enfermedades provocadas o empeoradas por los agentes contaminantes del carbón, como la enfermedad cardiovascular y pulmonar.

Valko M, Leibfritz D, Moncol J, Cronin MTD, Mazur M, Telser J. Free radicals and antioxidants in normal physiological functions and human disease. *Int J Biochem and Cell Biology* 2007; 39: 44–84

Los agentes contaminantes del carbón cumplen una función en el desarrollo de la enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC), una enfermedad pulmonar caracterizada por el estrechamiento permanente de las vías aéreas. Los agentes contaminantes del carbón también pueden provocar exacerbaciones de la EPOC, en parte a través de una respuesta inmunológica —es decir, inflamación.^{16,17,18} La exposición a PM predispone al desarrollo de inflamación a nivel celular, lo que a su vez puede provocar exacerbaciones de EPOC. La EPOC es la cuarta causa principal de muerte en EE. UU.

Las exposiciones al ozono y las PM también están correlacionadas con el desarrollo¹⁹ de cáncer de pulmón y la mortalidad^{20,21,22} provocada por éste, el tipo de cáncer más letal tanto en hombres como en mujeres.

EFFECTOS CARDIOVASCULARES DE LA CONTAMINACIÓN POR CARBÓN

Los agentes contaminantes producidos por la combustión de carbón dañan el sistema cardiovascular. La enfermedad coronaria (EC) es una de las principales causas de muerte en EE. UU. y se sabe que la contaminación del aire afecta negativamente la salud cardiovascular.²³ No se han identificado con certeza los mecanismos por los cuales la contaminación del aire provoca enfermedad cardiovascular, pero se cree que son los mismos que para la enfermedad respiratoria: inflamación pulmonar y estrés oxidativo. Esta teoría está avalada por estudio realizados tanto en animales como en seres humanos, los cuales muestran que los agentes contaminantes producidos por la combustión de carbón provocan enfermedad cardiovascular, como oclusión arterial (obstrucciones en las arterias, que provocan ataques cardíacos) y formación de infartos (muerte del tejido debido a la privación de oxígeno, lo que ocasiona un daño permanente al corazón).

La investigación reciente sugiere que los óxidos de nitrógeno y las PM_{2,5}, junto con otros agentes contaminantes, están asociados con admisiones hospitalarias debidas a alteraciones potencialmente fatales del ritmo cardíaco.²⁴ La concentración de PM_{2,5} en el aire ambiental también aumenta la probabilidad de admisiones hospitalarias por infarto agudo de miocardio,²⁵ así como admisiones por cardiopatías isquémicas, alteraciones del ritmo cardíaco e insuficiencia cardíaca congestiva.²⁶ Además, las ciudades con concentraciones altas de NO₂ tuvieron tasas de muerte cuatro veces más altas que aquellas con concentraciones bajas de NO₂.²⁷ Estos estudios demuestran los importantes efectos inmediatos que tienen los agentes contaminantes del carbón sobre los indicadores de enfermedad cardiovascular aguda.

También existen efectos cardiovasculares producidos por la exposición a largo plazo. La exposición a la contaminación crónica del aire a lo largo de muchos años aumenta la mortalidad de origen cardiovascular.²⁸ Esta relación sigue siendo significativa incluso cuando se controlan otros factores de riesgo, como el tabaquismo. A la inversa, las mejoras a largo plazo en la contaminación del aire reducen las tasas de mortalidad. Las disminuciones de la concentración de PM_{2,5} en 51 áreas metropolitanas estuvieron correlacionadas con aumentos significativos de la expectativa de vida,²⁹ lo que sugiere que las mejoras en la calidad del aire exigidas por la Ley de Aire Limpio (*Clean Air Act*) mejoraron la salud de la población estadounidense de una manera mensurable. Por lo tanto, reducir la exposición a los agentes contaminantes emitidos por la combustión de carbón es un aspecto importante para mejorar la salud cardiovascular de la población general.

EFFECTOS DE LA CONTAMINACIÓN POR CARBÓN SOBRE EL SISTEMA NERVIOSO

Además de los sistemas respiratorio y cardiovascular, el sistema nervioso también es un blanco para los efectos sobre la salud de la contaminación por carbón. Los mismos mecanismos que se cree intervienen en el efecto que tienen los agentes contaminantes del aire sobre las arterias coronarias, también se aplican a las arterias que irrigan el cerebro. Estos incluyen la estimulación de la respuesta inflamatoria y el estrés oxidativo, los cuales, a su vez, pueden provocar un accidente cerebrovascular y otras enfermedades vasculares del cerebro.

Tabla 1: Aportes del carbón a los efectos importantes sobre la salud

| | Enfermedad o afección | Síntomas o resultado | Poblaciones más vulnerables | Prevalencia total de la enfermedad (se sospecha que el carbón es un factor que contribuye en un número desconocido de casos) | Agentes contaminantes del carbón implicados |
|--------------|--|--|-----------------------------|--|---|
| RESPIRATORIO | Exacerbaciones de asma | Tos, sibilancias, respiración entrecortada y falta de aire con un rango de gravedad desde leve hasta requerir hospitalización | Niños, adultos | Cantidad de consultas por asma en consultorios médicos: 10,6 millones en 2006. Cantidad de hospitalizaciones con asma como primer diagnóstico: 440.000. ³⁰ Días de escuela perdidos al año que se atribuyen al asma; 11,8 millones. ³¹ | NO ₂ Ozono Materia particulada (PM) ^{32,33,34} |
| | Desarrollo de asma | Casos nuevos de asma, que provocan tos, sibilancias, respiración entrecortada y falta de aire con un rango de gravedad desde leve hasta requerir hospitalización | Niños | Niños con asma: 6,7 millones (9,1%). Adultos con asma: 16,2 millones (7,3%). ³⁵ | Sospechados pero no confirmados: ^{36,37,38} NO ₂ Ozono PM _{2,5} |
| | Enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC) | Enfisema con bronquitis obstructiva crónica; estrechamiento permanente de las vías aéreas; falta de aire; tos crónica | Fumadores, adultos | Adultos con diagnóstico de EPOC en 2006: 12,1 millones. ³⁹ Muertes en 2005: 126.000. ⁴⁰ Cuarta causa principal de muerte en EE. UU. | NO ₂ PM ^{41,42,43} |
| | Desarrollo pulmonar atrofiado | Disminuciones de la capacidad pulmonar; factor de riesgo para el | Niños | Desconocido | NO ₂ PM _{2,5} ⁴⁴ |

| | | | | | |
|----------------|--|--|---|---|--|
| | | desarrollo de asma y otras enfermedades respiratorias | | | |
| | Mortalidad en lactantes (sistemas y aparatos relevantes inciertos; puede ser respiratorio) | Muerte en lactantes < 1 año de edad | Lactantes | Muertes en 2005: 28.384. Casi el 25% puede haber tenido causas respiratorias: 2.234 muertes atribuidas a síndrome de muerte súbita del lactante (SMSL) y 4.698 muertes atribuidas a una gestación breve y bajo peso al nacer. ⁴⁵ | NO ₂ PM ^{46,47} |
| | Cáncer de pulmón | Falta de aire, sibilancia, tos crónica, tos con sangre, dolor, pérdida de peso ⁴⁸ | Fumadores, adultos | Muertes en 2005: 159.217. Causa principal de muerte por cáncer en EE. UU. en hombres y mujeres. ⁴⁹ | PM ^{50,51,52} |
| CARDIOVASCULAR | Arritmias cardíacas | Frecuencia o ritmo cardíacos anormales; palpitación o aleteo; puede causar fatiga, mareos, vahídos, desmayo, latidos cardíacos rápidos, falta de aire, y dolor en el pecho ⁵³ | Adultos, hipertensos, diabéticos, pacientes con enfermedad cardiovascular | Desconocido | NO ₂ PM _{2,5} ⁵⁴ |
| | Infarto agudo de miocardio | Dolor o molestia en el pecho; ataque cardíaco | Adultos, diabéticos, hipertensos | Muertes en 2006: 141.462. ⁵⁵ Casos en 2006: 7,9 millones ⁵⁶ | PM _{2,5} ⁵⁷ |
| | Insuficiencia cardíaca congestiva | Falta de aire, fatiga, edema (hinchazón) debido a un deterioro de la capacidad del corazón de bombear sangre; puede ser causado por el | Adultos, hipertensos, diabéticos, pacientes con enfermedad cardiovascular | Muertes en 2006: 60.337. ⁵⁹ Cantidad de personas que viven con insuficiencia cardíaca: 5,7 millones. Casos nuevos diagnosticados por año: 670.000. ⁶⁰ | PM _{2,5} ⁶¹ |

| | | | | | |
|-------------|-------------------------------------|---|-----------------------------------|--|--|
| | | estrechamiento de arterias, ataques cardíacos previos e hipertensión; puede ser mortal ⁵⁸ | | | |
| NEUROLÓGICO | Accidente cerebrovascular isquémico | La arteria que irriga sangre al cerebro se obstruye debido a un coágulo de sangre o estrechamiento; ⁶² puede causar entumecimiento súbito o debilidad, especialmente en un lado del cuerpo, confusión, dificultad para hablar, dificultad para caminar, mareos, cefalea severa; ⁶³ los efectos pueden ser transitorios o persistentes | Ancianos, hipertensos, diabéticos | Muertes en 2005: 143.579. Número de accidentes cerebrovasculares ocurridos por año: 795.000. NOTA: el 87% de todos los accidentes cerebrovasculares son isquémicos; la estadística es de todos los accidentes cerebrovasculares. ⁶⁴ | NO ₂ PM _{2,5} PM ₁₀ SO ₂ ^{65,66,67,68} |
| | Retraso del desarrollo | IQ reducido: retardo mental; deterioro clínico en las escalas de neurodesarrollo; pérdida permanente de inteligencia | Fetos, lactantes, niños | Bebés nacidos por año con concentraciones de mercurio >5,8 µg/l en sangre de cordón umbilical, nivel sobre el cual se ha demostrado que la exposición al mercurio reduce el IQ: 637.233 (15,7% de todos los bebés nacidos). ⁶⁹ | Mercurio ⁷⁰ |

Varios estudios han demostrado una correlación entre los agentes contaminantes del aire relacionados con el carbón y los accidentes cerebrovasculares. En los pacientes de Medicare, los niveles ambientales de PM_{2,5} se correlacionaron con las tasas de admisiones hospitalarias por enfermedad cerebrovascular,⁷¹ y las PM₁₀ estuvieron correlacionadas con admisiones hospitalarias por accidente cerebrovascular isquémico.⁷² (El 87% de todos los accidentes cerebrovasculares son isquémicos). También se asoció la PM_{2,5} con un aumento del riesgo de eventos

cerebrovasculares (y de la mortalidad por ellos) en mujeres posmenopáusicas.⁷³ Si bien una porción relativamente pequeña de todos los accidentes cerebrovasculares parecen estar relacionada con la concentración ambiental de PM, el hecho de que casi 800.000 personas al año sufran un accidente cerebrovascular en EE. UU. hace que incluso un aumento pequeño del riesgo tenga un impacto de gran importancia para la salud.⁷⁴

Los agentes contaminantes del carbón también actúan sobre el sistema nervioso y provocan pérdida de la capacidad intelectual, principalmente a través del mercurio. El carbón contiene cantidades ínfimas de mercurio que, cuando se las quema, ingresan al medio ambiente. La concentración de mercurio aumenta porque éste viaja a través de la cadena alimentaria y alcanza niveles altos en los grandes peces predadores. Los seres humanos, a su vez, están expuestos al mercurio relacionado con el carbón principalmente a través del consumo de pescado. Las centrales eléctricas alimentadas por carbón son responsables de aproximadamente un tercio de todas las emisiones de mercurio atribuibles a la actividad humana.⁷⁵

Un estudio nacional (EEUU) de muestras de sangre en 1999-2000 mostró que el 15,7% de las mujeres en edad reproductiva tienen niveles de mercurio en sangre que causarían que den a luz niños con niveles de mercurio que exceden la dosis máxima de esta sustancia aceptable para la EPA.⁷⁶ Esta dosis se estableció para limitar la cantidad de niños con deterioros neurológicos y de desarrollo relacionados con el mercurio. Los investigadores han calculado que en Estados Unidos nacen al año entre 317.000 y 631.000 niños con niveles de mercurio en sangre suficientemente altos para deteriorar el rendimiento en los tests de neurodesarrollo y provocar una pérdida de por vida de la inteligencia.⁷⁷

CALENTAMIENTO GLOBAL Y CONTAMINACIÓN POR CARBÓN

El carbón daña los sistemas respiratorio, cardiovascular y nervioso a través de agentes contaminantes que actúan directamente sobre el cuerpo. Pero la combustión de carbón también tiene efectos indirectos sobre la salud a través de sus aportes a las emisiones de gases de efecto invernadero. El calentamiento global ya está afectando negativamente la salud pública y se predice que tendrá consecuencias generalizadas y graves para la salud en el futuro. Dado que las centrales eléctricas alimentadas por carbón representan más de un tercio de las emisiones de CO₂ en EE. UU.,⁷⁸ el carbón es uno de los principales factores que contribuyen a los impactos sobre la salud que se prevé que tendrá el calentamiento global.

Los efectos del calentamiento global que ya son evidentes incluyen aumentos de las temperaturas globales promedio en las superficies terrestres y oceánicas; aumentos del derretimiento de nieves y disminución de los glaciares; aumentos del nivel medio del mar; y cambios en las precipitaciones.⁷⁹ Estos cambios climáticos globales ya están afectando la salud humana. La Organización Mundial de la Salud estimó que el calentamiento global fue responsable de 166.000 muertes en 2000 debido a una mayor mortalidad por paludismo, desnutrición, diarrea y ahogamientos.⁸⁰

“Continuar dependiendo de la combustión de carbón para la electricidad contribuirá a las consecuencias para la salud que se prevén por el calentamiento global.”

En el futuro, se prevé que el calentamiento global seguirá dañando la salud humana. Las proyecciones indican que las olas de calor más frecuentes llevarán a un aumento del agotamiento por calor y los golpes de calor, lo que potencialmente derivará en muertes, especialmente entre los ancianos y los habitantes urbanos pobres. Se espera que una baja en la calidad del aire y el agua, un aumento de las enfermedades infecciosas y una contracción del suministro de alimentos contribuyan a las enfermedades y la desnutrición, aumenten la migración de las poblaciones afectadas y acrecienten los conflictos armados y la inestabilidad global. La Tabla 2 (véase la página 14) describe los efectos para la salud que se prevén como consecuencia del calentamiento global.

Depender continuamente de la combustión de carbón para la producción de electricidad contribuirá a las consecuencias para la salud que se prevén por el calentamiento global.

Tabla 2. Efectos para la salud que se prevén por el calentamiento global.

| Efectos previstos para la salud humana | Factores que contribuyen | Mecanismo del calentamiento global | Poblaciones más vulnerables |
|--|---|--|---|
| Calambres por calor, síncope por calor, agotamiento por calor, golpe de calor | Olas de calor | -Efecto invernadero | Niños, ancianos, habitantes urbanos, personas con afecciones de base como enfermedad cardiovascular, obesidad y enfermedad respiratoria |
| Diarrea diseminada por bacterias transportadas por agua, como E. Coli, Shigella y cólera | Inundaciones, daños a la infraestructura | -Aumento de los eventos climáticos extremos y marejadas ciclónicas -Aumento del nivel del mar | Los niños son los más vulnerables a la muerte por enfermedades diarreicas |
| Ahogamientos | Inundación | -Aumento de los eventos climáticos extremos y marejadas ciclónicas -Aumento del nivel del mar | Niños, ancianos |
| Exacerbaciones de asma, enfermedad pulmonar obstructiva crónica y otras enfermedades respiratorias | Empeoramiento de la calidad del aire, olas de calor | -Efecto invernadero -El calor aumenta la producción de ozono a nivel del suelo -El calor aumenta la demanda de electricidad y las emisiones resultantes de partículas por la combustión de combustibles fósiles -Se prevé que los alérgenos transportados por aire (como el polen) aumenten con el calentamiento global | Niños, ancianos, personas con enfermedad respiratoria preexistente |
| Enfermedades infecciosas: paludismo, dengue, fiebre amarilla, virus del Nilo occidental, enfermedad de Lyme, y otras infecciones transportadas por | Aumento de los rangos y las poblaciones de insectos y roedores portadores de enfermedades | -El clima más cálido expande el rango geográfico de los roedores e insectos que actúan como vectores -Las altas temperaturas potencian las tasas de reproducción, alargan | Niños, inmunocomprometidos, el mundo en vías de desarrollo |

| | | | |
|---|---|--|--|
| insectos, así como infecciones transportadas por roedores | | la temporada de apareamiento y aumentan la frecuencia de picaduras de los insectos que actúan como vectores -Las temperaturas altas aumentan el desarrollo de parásitos | |
| Enfermedad cardíaca, ataques cardíacos, insuficiencia cardíaca congestiva y otras enfermedades cardiovasculares | Empeoramiento de la calidad del aire | -El calor aumenta la producción de ozono a nivel del suelo -El calor aumenta la demanda de electricidad y las emisiones resultantes de partículas por la combustión de combustibles fósiles | Adultos y ancianos |
| Hambre, desnutrición, inanición, hambruna, | Disminución de la producción de los cultivos; daño a los cultivos; pérdida de los cultivos; trastornos en la silvicultura, el ganado y la pesca | -Los cambios en el ciclo del agua provocan sequía -El calor disminuye el ciclo de vida reproductivo de algunos de los principales cultivos de alimentos -Rango expandido de algunas plagas de insectos -Aumento de los eventos climáticos extremos -Cambio en la ecología de los patógenos de las plantas -Pérdida de suelos para agricultura debido al aumento del nivel del mar | Niños, pobres |
| Migraciones masivas; violencia; guerras | Inestabilidad social; daños a la infraestructura; disminución de la producción de los cultivos | -Todos los anteriores | Niños, ancianos, personas con afecciones médicas de base |
| Problemas de salud mental | Todos los anteriores | -Todos los anteriores | Variados |

Véanse las fuentes en la página 15.

Se ha promovido la captura y el secuestro de carbono (CCS) como una manera efectiva de mantener las emisiones de CO₂ fuera de la atmósfera, pero se requiere de investigación y desarrollo sustanciales antes de que pueda utilizarse a la escala necesaria para mitigar el calentamiento global. Incluso en ese caso, persiste el peligro de que filtren las áreas de almacenamiento de CCS, sean subterráneas o bajo el océano, lo que anularía el valor de la captura y el almacenamiento de CO₂. El CCS también representa otras amenazas para la salud, incluido el peligro de asfixia en el caso de una fuga a gran escala de CO₂ y la acidificación de las aguas oceánicas. Asimismo, la aplicación de CCS requeriría minería continua de carbón, transporte, combustión y almacenamiento de residuos, lo que prolongaría así la emisión de agentes contaminantes tóxicos provenientes del carbón que son dañinos para la salud humana.

“A menos que nos ocupemos del tema del carbón, EE. UU. no podrá alcanzar las reducciones de emisiones de carbono necesarias para evitar los peores impactos que el calentamiento global tendrá sobre la salud.”

RECOMENDACIONES PARA POLÍTICAS

Estados Unidos se encuentra en una encrucijada para determinar su política energética futura. Mientras que este país depende fuertemente del carbón para satisfacer sus necesidades energéticas, las consecuencias de esa dependencia son múltiples y ejercen un impacto generalizado y perjudicial para la salud. La combustión del carbón contribuye a enfermedades que ya están afectando a grandes porciones de la población estadounidense, tales como asma, enfermedad cardíaca y accidente cerebrovascular, lo que agrava los mayores desafíos de nuestros tiempos para la salud pública. La combustión del carbón también libera cantidades significativas de dióxido de carbono a la atmósfera. A menos que nos ocupemos del tema del carbón, EE. UU. no podrá alcanzar las reducciones de emisiones de carbono necesarias para evitar los peores impactos que el calentamiento global tendrá sobre la salud. Sobre la base de esa valoración, PSR considera que es esencial traducir nuestra preocupación por la salud humana en recomendaciones para las políticas públicas.

- Las emisiones de dióxido de carbono deben reducirse de la manera más profunda y rápida posible con el objetivo de reducir los niveles de CO₂ a 350 partes por millón, a través de dos estrategias simultáneas:
 - Una fuerte legislación en cuanto al clima y la energía que establezca topes rígidos a la contaminación de calentamiento global que proviene de centrales eléctricas alimentadas por carbón.

-Ley de Aire Limpio (*Clean Air Act*, CAA). La CAA estipula que las emisiones de dióxido de carbono y de otros gases de efecto invernadero de las plantas de carbón son agentes contaminantes. La EPA debería estar plenamente habilitada para regular el dióxido de carbono en conformidad con la CAA de modo que pudiera ponerse punto final al aporte que hace el carbón al calentamiento global.

- No se deberían construir nuevas centrales energéticas alimentadas por carbón con el fin de evitar el aumento de las emisiones de dióxido de carbono peligrosas para la salud, así como agentes contaminantes reglamentados y agentes contaminantes de aire peligrosos.

- Estados Unidos debería reducir drásticamente las emisiones de dióxido de azufre y óxidos de nitrógeno de centrales energéticas alimentadas por combustibles fósiles de modo que todas las localidades logren alcanzar las normas nacionales de calidad para el aire ambiental.
- La EPA debería establecer una norma basada en la Tecnología de Control Máximo Alcanzable para el mercurio y otras emisiones de agentes peligrosos contaminantes del aire provenientes de la generación de electricidad.
- La nación debe desarrollar su capacidad de generar electricidad a partir de fuentes renovables, seguras y limpias para que puedan desaparecer gradualmente las centrales energéticas alimentadas por carbón sin eliminar empleos ni poner en peligro la capacidad de la nación de satisfacer sus necesidades energéticas. En lugar de invertir en carbón (incluidos subsidios para la extracción, la combustión de carbón, para la captura de carbono y otros agentes contaminantes), EE. UU. debería financiar la eficiencia energética, medidas de conservación y fuentes de energía renovables, seguras y limpias como la energía eólica, solar y mareomotriz.

Estas medidas comprenden una política energética médicamente defendible: una política que toma en cuenta el impacto del carbón sobre la salud pública a la vez que satisface nuestra necesidad de energía. Cuando nuestra nación establezca una política energética impulsada por la salud, que reemplace nuestra dependencia del carbón por alternativas limpias y seguras, impediremos el deterioro de la salud pública global provocado por el calentamiento global y al mismo tiempo cosecharemos los frutos de haber mejorado la salud respiratoria, cardiovascular y neurológica.

NOTAS FINALES

1 Markandya A, Wilkinson P. Electricity generation and health. *Lancet* 2007;370:979–990.

2 Centers for Disease Control and Prevention. Available from: <http://www.cdc.gov/NIOSH/Mining/statistics/pdfs/pp3.pdf>.

3 Rappaport E. Coal Mine Safety. CRS Report for Congress, 2006:RS22461.

4 EPA Region 3. Mountaintop mining/valley fills in Appalachia final programmatic environmental impact statement. Oct 2005: EPA-9-03-R-05002. Available from: http://www.epa.gov/Region3/mtntop/pdf/mtm-vf_fpeis_full-document.pdf.

5 EPA Office of Solid Waste. Acid mine drainage prediction technical document. 1994: EPA530-R-94-036. Available from: <http://www.epa.gov/osw/nonhaz/industrial/special/mining/techdocs/amd.pdf>.

6 Lashof DA, Delano D, Devine J et al. Coal in a changing climate. 2007: Natural Resources Defense Council. Available from: <http://www.nrdc.org/globalwarming/coal/coalclimate.pdf>.

7 Lashof DA, Delano D, Devine J et al. Coal in a changing climate. 2007: Natural Resources Defense Council. Available from: <http://www.nrdc.org/globalwarming/coal/coalclimate.pdf>.

8 Aneja VP. Characterization of particulate matter (PM10) in Roda, Virginia. Unpublished report to the Virginia Air Pollution Control Board. Undated. Available from: http://www.eenews.net/public/25/10670/features/documents/2009/04/23/document_pm_01.pdf.

9 See <http://www.earthjustice.org/library/references/09ccwsurvey-summary-results.pdf>.

10 EPA, Human and ecological risk assessment of coal combustion wastes: draft, August 6, 2007. Available from: <http://www.earthjustice.org/library/reports/epa-coal-combustion-wasterisk-assessment.pdf>.

11 Gauderman WJ, Avol E, Gilliland F et al. The effect of air pollution on lung development from 10 to 18 years of age. *N Engl J Med* 2004; 351(11):1057–1067.

12 Bateson TF, Schwartz J. Children's response to air pollutants. *J Toxicol Environ Health Part A* 2008; 71(3):238–243.

13 Trasande L, Thurston GD. The role of air pollution in asthma and other pediatric morbidities. *J Allergy Clin Immunol* 2005; 115(4):689–699.

14 Gent JF, Triche EW, Holford TR et al. Association of low-level ozone and fine particles with respiratory symptoms in children with asthma. *JAMA* 2003; 290(14):1859–1867.

15 Yang IA, Fong KM, Zimmerman PV, Holgate ST, Holloway JW. Genetic susceptibility to the respiratory effects of air pollution. *Thorax* 2008; 63(6):555–563.

16 Halonen JI, Lanki T, Yli-Tuomi T, Kulmala M, Tiittanen P, Pekkanen J. Urban air pollution, and asthma and COPD hospital emergency room visits. *Thorax* 2008; 63(7):635–641.

17 Peel JL, Tolbert PE, Klein M et al. Ambient air pollution and respiratory emergency department visits. *Epidemiology* 2005; 16(2):164–174.

18 Dominici F, Peng RD, Bell ML et al. Fine particulate air pollution and hospital admission for cardiovascular and respiratory diseases. *JAMA* 2006; 295(10):1127–1134.

19 Beeson WL, Abbey DE, Knutsen SF. Long-term concentrations of ambient air pollutants and incident lung cancer in California adults: results from the Adventist Health Study on Smog. *Environ Health Perspect* 1998; 106(12):813–823.

20 Beeson WL, Abbey DE, Knutsen SF. Long-term concentrations of ambient air pollutants and incident lung cancer in California adults: results from the Adventist Health Study on Smog. *Environ Health Perspect* 1998; 106(12):813–823.

21 Dockery DW, Pope CA, III, Xu X et al. An association between air pollution and mortality in six U.S. cities. *N Engl J Med* 1993; 329(24):1753–1759.

22 Pope CA, III, Burnett RT, Thun MJ et al. Lung cancer, cardiopulmonary mortality, and long-term exposure to fine particulate air pollution. *JAMA* 2002; 287(9):1132–1141.

23 Brook RD, Franklin B, Cascio W et al. Air pollution and cardiovascular disease: a statement for healthcare professionals from the Expert Panel on Population and Prevention Science of the American Heart Association. *Circulation* 2004; 109(21):2655–2671.

24 Peters A, Liu E, Verrier RL et al. Air pollution and incidence of cardiac arrhythmia. *Epidemiology* 2000; 11(1):11–17.

25 Peters A, Dockery DW, Muller JE, Mittleman MA. Increased particulate air pollution and the triggering of myocardial infarction. *Circulation* 2001; 103(23):2810–2815.

26 Dominici F, Peng RD, Bell ML et al. Fine particulate air pollution and hospital admission for cardiovascular and respiratory diseases. *JAMA* 2006; 295(10):1127–1134.

- 27 Katsouyanni K, Touloumi G, Samoli E et al. Confounding and effect modification in the short-term effects of ambient particles on total mortality: results from 29 European cities within the APHEA2 project. *Epidemiology* 2001; 12(5):521–531.
- 28 Dockery DW, Pope CA, III, Xu X et al. An association between air pollution and mortality in six U.S. cities. *N Engl J Med* 1993; 329(24):1753–1759.
- 29 Pope CA, III, Ezzati M, Dockery DW. Fine-particulate air pollution and life expectancy in the United States. *N Engl J Med* 2009; 360(4):376–386.
- 30 Centers for Disease Control and Prevention. Available from: <http://www.cdc.gov/nchs/fastats/asthma.htm>.
- 31 National Association of School Nurses. Issue Brief: Asthma Management in the School Setting. Available from: <http://www.nasn.org/Default.aspx?tabid=264>.
- 32 Gent JF, Triche EW, Holford TR et al. Association of low-level ozone and fine particles with respiratory symptoms in children with asthma. *JAMA* 2003; 290(14):1859–1867.
- 33 Trasande L, Thurston GD. The role of air pollution in asthma and other pediatric morbidities. *J Allergy Clin Immunol* 2005; 115(4):689–699.
- 34 Peel JL, Tolbert PE, Klein M et al. Ambient air pollution and respiratory emergency department visits. *Epidemiology* 2005; 16(2):164–174.
- 35 Centers for Disease Control and Prevention. Available from: <http://www.cdc.gov/nchs/fastats/asthma.htm>.
- 36 Gilmour MI, Jaakkola MS, London SJ et al. How exposure to environmental tobacco smoke, outdoor air pollutants, and increased pollen burdens influences the incidence of asthma. *Env Health Perspect* 2006; 114(4):627–633.
- 37 Brauer M, Hoek G, van VP et al. Air pollution from traffic and the development of respiratory infections and asthmatic and allergic symptoms in children. *Am J Respir Crit Care Med* 2002; 166(8):1092–1098.
- 38 McConnell R, Berhane K, Gilliland F et al. Asthma in exercising children exposed to ozone: a cohort study. *Lancet* 2002; 359(9304):386–391.
- 39 American Lung Association. Available from: <http://www.lungusa.org/site/apps/nlnet/content3.aspx?c=dvLUK9O0E&b=4294229&ct=5296599>.
- 40 Centers for Disease Control and Prevention (CDC). Deaths from chronic obstructive pulmonary disease—United States, 2000–2005. *MM WR Morb Mortal Wkly Rep*. 2008 Nov 14;57(45):1229–32.
- 41 Halonen JI, Lanki T, Yli-Tuomi T, Kulmala M, Tiittanen P, Pekkanen J. Urban air pollution, and asthma and COPD hospital emergency room visits. *Thorax* 2008; 63(7):635–641.
- 42 Peel JL, Tolbert PE, Klein M et al. Ambient air pollution and respiratory emergency department visits. *Epidemiology* 2005; 16(2):164–174.
- 43 Dominici F, Peng RD, Bell ML et al. Fine particulate air pollution and hospital admission for cardiovascular and respiratory diseases. *JAMA* 2006; 295(10):1127–1134.
- 44 Gauderman WJ, Avol E, Gilliland F et al. The effect of air pollution on lung development from 10 to 18 years of age. *N Engl J Med* 2004; 351(11):1057–1067.
- 45 Mathews TJ, MacDorman MF. Infant mortality statistics from the 2005 period linked birth/infant death data set. *National Vital Statistics Reports* 57(2).

- 46 Ritz B, Wilhelm M, Zhao Y. Air pollution and infant death in southern California, 1989–2000. *Pediatrics* 2006; 118(2):493–502.
- 47 Bateson TF, Schwartz J. Children’s response to air pollutants. *J Toxicol Environ Health Part A* 2008; 71(3):238–243.
- 48 Centers for Disease Control and Prevention. Available from: http://www.cdc.gov/cancer/lung/basic_info/survivorship.htm.
- 49 Centers for Disease Control and Prevention. Available from: <http://www.cdc.gov/cancer/lung/statistics/index.htm>.
- 50 Beeson WL, Abbey DE, Knutsen SF. Long-term concentrations of ambient air pollutants and incident lung cancer in California adults: results from the AHSMOG study. *Environ Health Perspect* 1998; 106(12):813–823.
- 51 Dockery DW, Pope CA, III, Xu X et al. An association between air pollution and mortality in six U.S. cities. *N Engl J Med* 1993; 329(24):1753–1759.
- 52 Pope CA, III, Burnett RT, Thun MJ et al. Lung cancer, cardiopulmonary mortality, and long-term exposure to fine particulate air pollution. *JAMA* 2002; 287(9):1132–1141.
- 53 American Heart Association. Available from: <http://americanheart.org/presenter.jhtml?identifier=15>.
- 54 Peters A, Liu E, Verrier RL et al. Air pollution and incidence of cardiac arrhythmia. *Epidemiology* 2000; 11(1):11–17.
- 55 Heron M, Hoyert DL et al. Deaths: final data for 2006. *National Vital Statistics Reports* 57(14). Available from: http://www.cdc.gov/nchs/data/nvsr/nvsr57/nvsr57_14.pdf.
- 56 American Heart Association. Available from: <http://www.americanheart.org/presenter.jhtml?identifier=4478>.
- 57 Peters A, Dockery DW, Muller JE, Mittleman MA. Increased particulate air pollution and the triggering of myocardial infarction. *Circulation* 2001; 103(23):2810–2815.
- 58 American Heart Association. Available from: <http://www.americanheart.org/presenter.jhtml?identifier=4585>.
- 59 Heron M, Hoyert DL et al. Deaths: final data for 2006. *National Vital Statistics Reports* 57(14). Available from: http://www.cdc.gov/nchs/data/nvsr/nvsr57/nvsr57_14.pdf.
- 60 American Heart Association. Available from: <http://www.americanheart.org/presenter.jhtml?identifier=1486>.
- 61 Dominici F, Peng RD, Bell ML et al. Fine particulate air pollution and hospital admission for cardiovascular and respiratory diseases. *JAMA* 2006; 295(10):1127–1134.
- 62 Centers for Disease Control and Prevention. Available from: http://www.cdc.gov/Stroke/about_stroke.htm.
- 63 American Heart Association. Available from: <http://www.americanheart.org/presenter.jhtml?identifier=3053#Stroke>.
- 64 American Heart Association, Heart Disease and Stroke Statistics, 2009 Update At-A-Glance. Available from: <http://www.americanheart.org/downloadable/heart/1240250946756LS-1982%20Heart%20and%20Stroke%20Update.042009.pdf>.
- 65 Wellenius GA, Schwartz J, Mittleman MA. Air pollution and hospital admissions for ischemic and hemorrhagic stroke among medicare beneficiaries. *Stroke* 2005; 36(12):2549–2553.

- 66 Miller KA, Siscovick DS, Sheppard L et al. Long-term exposure to air pollution and incidence of cardiovascular events in women. *N Engl J Med* 2007;356(5):447–58.
- 67 Hong YC, Lee JT, Kim H et al. Effects of air pollutants on stroke mortality. *Environ Health Perspect* 2002;110(2):187–91.
- 68 Tsai SS, Goggins WB, Chiu HF, Yang CY. Evidence for an association between air pollution and daily stroke admissions in Kaohsiung, Taiwan. *Stroke* 2003;34(11):2612–6.
- 69 Trasande L, Landrigan PJ, Schechter C. Public health and economic consequences of methyl mercury toxicity to the developing brain. 2005: *Environ Health Perspect* 2005;113(5):590–596.
- 70 Committee on the toxicological effects of mercury. *Toxicological Effects of Methylmercury*. Washington, D.C.: National Research Council, National Academy Press, 2000.
- 71 Dominici F, Peng RD, Bell ML et al. Fine particulate air pollution and hospital admission for cardiovascular and respiratory diseases. *JAMA* 2006; 295(10):1127–1134.
- 72 Wellenius GA, Schwartz J, Mittleman MA. Air pollution and hospital admissions for ischemic and hemorrhagic stroke among medicare beneficiaries. *Stroke* 2005; 36(12):2549–2553.
- 73 Miller KA, Siscovick DS, Sheppard L et al. Long-term exposure to air pollution and incidence of cardiovascular events in women. *N Engl J Med* 2007;356(5):447–58.
- 74 American Heart Assn Statistics Committee and Stroke Statistics Subcommittee. *Heart Disease and Stroke Statistics—2009 Update*. *Circulation* 2009; 119:e21-e181.
- 75 EPA Office of Air Quality Planning & Standards and Office of Research and Development. *Mercury study report to Congress. Volume II: an inventory of anthropogenic mercury emissions in the United States; Dec 1997: EPA-452/R-97-004*.
- 76 Centers for Disease Control and Prevention. *Third national report on human exposure to environmental chemicals*. 2005:NCEH 05-0570.
- 77 Trasande L, Landrigan PJ, Schechter C. Public health and economic consequences of methyl mercury toxicity to the developing brain. *Environ Health Perspect* 2005; 113(5):590–596.
- 78 Energy Information Administration. *Emissions of greenhouses gases report*. 2008: DOE/EIA-0573(2007).
- 79 IPCC, 2007: *Climate Change 2007: Synthesis Report*. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, Pachauri, RK and Reisinger, A (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 104 pp.
- 80 Patz JA, Campbell-Lendrum D, Holloway T, Foley JA. Impact of regional climate change on human health. *Nature* 2005 Nov 17;438:310–317.

FUENTES DE LA TABLA 2

- Battisti DS, Naylor RL. Historical warnings of future food insecurity with unprecedented seasonal heat. *Science* 2009; Jan 9;323(5911):240–4.
- Bernard SM, Samet JM, Grambsch A, et al. The potential impacts of climate variability and change on air pollution-related health effects in the United States. *Environ Health Perspect* 2001;109(Suppl 2), 199–209.

Brownstein JS, Holford TR, Fish D. Effect of climate change on Lyme disease risk in North America. *EcoHealth* 2005;2:38–46.

Checkley W, Epstein LD, Gilman RH, Figueroa D, Cama RI, Patz JA, Black RE. Effect of El Niño and ambient temperature on hospital admissions for diarrhoeal diseases in Peruvian children. *Lancet* 2000 Feb 5;355(9202):442–50.

Costello A, Abbas M, Allen A, et al. Lancet and University College London Institute for Global Health Commission: managing the health effects of climate change. *Lancet* 2009; 373: 1693–1733.

Luber G, McGeehin M. Climate change and extreme heat events. *Am J Prev Med* 2008 Nov;35(5):429–35.

Parker C, Shapiro SM. *Climate chaos: your health at risk: what you can do to protect yourself and your family*. Westport, CT: Praeger; 2008.

Parry ML, Canziani OF, Palutikof JP, van der Linden PJ, Hanson CE, editors. *Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge, UK: Cambridge University Press; 2007.

Patz JA, Campbell-Lendrum D, Holloway T, Foley JA. Impact of regional climate change on human health. *Nature* 2005 Nov 17;438:310–317.

Patz JA, McGeehin MA, Bernard SM, et al. The potential health impacts of climate variability and change for the United States: executive summary of the report of the health sector of the U.S. National Assessment. *Environ Health Perspect* 2000; 108(4), 367-376.

Shea KM, American Academy of Pediatrics Committee on Environmental Health. Global climate change and children's health. *Pediatrics* 2007 Nov;120(5):e1359-67.

St. Louis ME, Hess JJ. Climate change: impacts on and implications for global health. *Am J Prev Med* 2008 Nov;35(5):527–38.