

Para entender el cambio climático

un problema de todos,
una responsabilidad de todos

Judith Pérez Fuentes

con la participación de Ramón Pacheco Llanes

Miguel Ángel
Porrua

Medio ambiente
y ecología



LXI LEGISLATURA
CÁMARA DE DIPUTADOS
CONOCER
PARA DECIDIR
EN APOYO A LA
INVESTIGACIÓN
ACADÉMICA

Calentamiento global

H. CÁMARA DE DIPUTADOS
LXI LEGISLATURA



CONOCER PARA DECIDIR se denomina la serie que en apoyo a la investigación académica en ciencias sociales, la Cámara de Diputados LXI Legislatura –refrendando el acuerdo de las anteriores LIX y LX Legislaturas–, lleva a cabo en coedición en atención al histórico y constante interés del H. Congreso de la Unión por publicar obras trascendentes que impulsen y contribuyan a la adopción de las mejores decisiones en políticas públicas e institucionales para México en su contexto internacional; ello a efecto de atender oportunamente las diversas materias sobre las que versa el quehacer legislativo.

El acuerdo para coeditar las obras que conforman la serie se ha establecido con diferentes instituciones académicas, organismos federales y estatales; así también, con autores y asociaciones independientes.

Los títulos que caracterizan a la serie, se complementan con expresiones culturales de interés nacional que coadyuvan en las tareas propias del legislador mexicano.

CONSEJO EDITORIAL
SERIE "CONOCER PARA DECIDIR"

Presidencia

GRUPO PARLAMENTARIO DEL PAN

Dip. LAURA MARGARITA SUÁREZ GONZÁLEZ, *Titular*
Dip. CÉSAR DANIEL GONZÁLEZ MADRUGA, *Suplente*

GRUPO PARLAMENTARIO DEL PRI

Dip. ARMANDO JESÚS BÁEZ PINAL, *Titular*
Dip. BLANCA JUANA SORIA MORALES, *Suplente*

GRUPO PARLAMENTARIO DEL PVEM

Dip. LORENA CORONA VALDÉS, *Titular*
Dip. DIEGO GUERRERO RUBIO, *Suplente*

GRUPO PARLAMENTARIO DE NUEVA ALIANZA

Dip. ROBERTO PÉREZ DE AÍVA BLANCO, *Titular*
Dip. LIEV VLADIMIR RAMOS CÁRDENAS, *Suplente*

GRUPO PARLAMENTARIO DEL PRD

Dip. CÉSAR FRANCISCO BURELO BURELO, *Titular*
Dip. TERESA DEL CARMEN INCHAUSTEGUI ROMERO, *Suplente*

GRUPO PARLAMENTARIO DEL PT

Dip. PORFIRIO MENDOZA LEDO, *Titular*
Dip. PEDRO VÁZQUEZ GONZÁLEZ, *Suplente*

GRUPO PARLAMENTARIO DE CONVERGENCIA

Dip. MARÍA GUADALUPE GARCÍA ÁLAMANZA, *Titular*
Dip. JAIME ÁLVAREZ CISNEROS, *Suplente*

SECRETARÍO GENERAL

Dr. GUILLERMO HARO BELCHÉZ

SECRETARÍO DE SERVICIOS PARLAMENTARIOS

Lic. EMILIO SUÁREZ LIGONA

CENTRO DE DOCUMENTACIÓN, INFORMACIÓN Y ANÁLISIS

CENTRO DE ESTUDIOS DE LAS FINANZAS PÚBLICAS

CENTRO DE ESTUDIOS DE DERECHO E INVESTIGACIONES PARLAMENTARIAS

CENTRO DE ESTUDIOS SOCIALES Y DE OPINIÓN PÚBLICA

CENTRO DE ESTUDIOS PARA EL DESARROLLO RURAL SOSTENTABLE Y LA SOBERANÍA ALIMENTARIA

CENTRO DE ESTUDIOS PARA EL ADELANTO DE LAS MUJERES Y LA EQUIDAD DE GÉNERO

Para entender el cambio climático

**un problema de todos,
una responsabilidad de todos**

Para entender el cambio climático

un problema de todos,
una responsabilidad de todos

Judith Pérez Fuentes

con la participación de Ramón Pacheco Llanes



LXI LEGISLATURA
CÁMARA DE DIPUTADOS
COMISIÓN EDITORIAL
**CONOCER
PARA DECIDIR**
EN APOYO A LA
INVESTIGACIÓN
ACADÉMICA

Miguel Ángel

Porrúa

MÉXICO • 2011

CONOCER PARA DECIDIR

Coeditores de la presente edición

H. CÁMARA DE DIPUTADOS, LXI LEGISLATURA
MIGUEL ÁNGEL PORRÚA, librero-editor

Primera edición, octubre del año 2011

© 2011

JUDITH PÉREZ FUENTES

© 2011

Por características tipográficas y de diseño editorial
MIGUEL ÁNGEL PORRÚA, librero-editor

Derechos reservados conforme a la ley
ISBN 978-607-401-486-0

Queda prohibida la reproducción parcial o total, directa o indirecta del contenido de la presente obra, sin contar previamente con la autorización expresa y por escrito de los editores, en términos de lo así previsto por la *Ley Federal del Derecho de Autor* y, en su caso, por los tratados internacionales aplicables.

IMPRESO EN MÉXICO



PRINTED IN MEXICO

www.maporrúa.com.mx

Amargura 4, San Ángel, Álvaro Obregón, 01000 México, D.F.

Introducción

Las sociedades modernas son el resultado de una conjunción de esfuerzos y aportaciones de las ciencias para el progreso y el desarrollo del ser humano. El bienestar social del que gozamos actualmente proviene de una serie de avances en materia de tecnología, que facilitan la realización de las actividades cotidianas; así mismo, los logros científicos han permitido mejorar considerablemente la salud y las esperanzas de vida, y han proporcionado alivio frente a muchas de las enfermedades que surgen día a día. También la ciencia ha permitido que el ser humano logre obtener los mayores beneficios de la naturaleza; sin embargo es sólo hasta hace muy pocas décadas que el hombre se ha empezado a preguntar hasta dónde se puede “crecer”, sin perjudicar a la naturaleza de tal manera que ponga en riesgo su bienestar, su salud, e incluso su permanencia como especie.

A mediados del siglo pasado surgieron los primeros interrogantes. ¿Cuánto se puede o se debe crecer? El crecimiento se mide en términos del Producto Interno Bruto (PIB) que genera una sociedad determinada, y que mide todas las actividades productivas en una economía. ¿Por qué es importante el crecimiento? Además de que mide la riqueza y la estabilidad de una nación, también proporciona bienestar y progreso social a sus habitantes. Cuando se publica por primera vez el informe *Los límites del crecimiento*, que cuestiona precisamente esta

capacidad de las sociedades para crecer, no por límites o decisiones impuestas por el propio ser humano, sino por la naturaleza, se generó un gran debate. Un debate que hasta la fecha se mantiene vigente.

Ya desde principios del siglo XIX, el economista David Ricardo se manifestó sobre los rendimientos decrecientes en la agricultura, atribuibles a la agregación de una cantidad, cada vez mayor, de los factores capital y trabajo (población) a la misma cantidad de tierra, evidenciando límites a la producción de alimentos; de la misma manera lo manifestó Thomas Malthus, en sus planteamientos sobre la imposibilidad de lograr el equilibrio entre la producción de alimentos y los incrementos de la población, que señaló como mucho mayores. Estas tesis, aunque diferentes en los llamados que sus autores realizan a la sociedad, por un lado, de control y mejoras en la productividad de la tierra, y por el otro, de controles al crecimiento del factor trabajo, son los primeros antecedentes sobre la presencia de restricciones. Sin embargo, es cuando aparece la publicación de *Los límites del crecimiento* que se anuncia lo que los autores consideran una verdadera catástrofe demográfica a mediados del siglo XXI o antes, ocasionada por la combinación de una escasez de alimentos y el aumento de la contaminación; la propuesta para detener este proceso fue la de un estado estacionario, al estilo de Stuart Mill (Schoijet, 2008), en el cual se detiene el crecimiento económico, aunque no como una consecuencia catastrófica, sino redistributiva y menos materialista, en la evolución de una sociedad.

Definitivamente la publicación de *Los límites del crecimiento* causó una gran conmoción internacional y su distribución alcanzó los millones de ejemplares; el modelo de los investiga-

dores norteamericanos¹ se basaba en tres variables, la población, los recursos no renovables y la contaminación global, y advertía que una extralimitación en el uso de los recursos naturales llevaría a su progresivo agotamiento y, por tanto, a un colapso en la producción agrícola e industrial (García, 2008); la solución propuesta, como ya se mencionó, es el “crecimiento cero” o “estado estacionario”, para detener el crecimiento exponencial de la economía y de la población humana.

El informe fue seguido por una serie de reacciones contrarias y planteamientos sobre la posibilidad de controlar la contaminación por varias formas, algunos de los más recurrentes fueron los futuros avances tecnológicos o los controles por medio de inversiones relativamente manejables del PIB. Las posiciones más optimistas afirmaban que era posible alimentar a una gran cantidad de miles de millones de habitantes, o que simplemente siempre era posible sustituir unos recursos por otros, e incluso que cualquier problema de contaminación sería resuelto por la desmaterialización; es decir, el menor uso de materiales por unidad de producto y el reciclaje completo de los elementos contaminantes (Schoijet, 2008).

También el texto de *Límites...*, se puede considerar como una apología en contra de la dinámica del capitalismo y a su vez del equilibrio social que se logra gracias al continuo crecimiento y posterior derrame en todas las esferas sociales. Por otra parte, surgieron las posiciones ecologistas y anticonsumis-

¹ En 1968 se constituyó un grupo de académicos, científicos, investigadores y políticos de 30 países con el objetivo de investigar, apoyar métodos e interesar a funcionarios y grupos de poder de los principales países sobre los problemas ambientales del planeta. En 1970, el Club de Roma se formalizó como asociación al amparo de la legislación suiza. El primer informe de trabajo del Club de Roma fue presentado por Dennis Meadows y Jorgen Randers bajo el título: *Los límites del crecimiento* editado en el año de 1972.

tas que no consideran al crecimiento económico como directamente proporcional al bienestar (Bonnetfous, 1973). Schoijet, en su texto, recoge todas estas posiciones a favor y en contra de *Límites...*, e invita a la aceptación, en principio, de las restricciones malthusianas al desarrollo de la sociedad. Y de reconocer que las contradicciones entre sociedad y naturaleza ocupan un papel central, y por lo tanto los planteamientos de *Límites...*, son un aspecto fundamental en esta problemática y un trabajo científico, que si bien, no válido totalmente en sus resultados, sí debe ser considerado como de gran importancia y sobre todo capaz de generar consecuencias políticas profundas.

En 1992, dos décadas después de la publicación original, se actualizó y publicó una nueva versión del informe titulado *Más allá de los límites del crecimiento*, en donde se exponía que la humanidad ya había superado la capacidad de carga del planeta; es decir, el nivel de población que puede soportar un medio ambiente dado sin sufrir un impacto negativo significativo para sostener su población. A principios del siglo XXI, se afirma que la sociedad está en una posición de translimitación y en consecuencia el colapso es más difícil de evitar; de tal modo que para regresar al equilibrio hay que decrecer. La última publicación actualizada se realizó en el año 2004, en donde se sintetizan las dos versiones anteriores con el título de *Los límites del crecimiento: 30 años después*.

Las preocupaciones medioambientales generalizadas a nivel internacional se institucionalizaron con la celebración del Día Internacional de la Tierra en 1970 y con la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente en Estocolmo en 1972. Los temas preocupantes durante la primera mitad del siglo XX fueron el agotamiento de algunos recursos energéticos

no renovables, como el carbón, y los minerales utilizados para fertilizantes fosfatados, e incluso se hicieron planteamientos sobre el peligro del agotamiento de los recursos acuíferos.

Posterior a los años setenta, las mayores preocupaciones se orientaron hacia los efectos de la contaminación en el medio ambiente ocasionados por procesos industriales y la utilización de ciertos recursos naturales. Los grandes temas sobre los problemas de la contaminación fueron los relacionados con la lluvia ácida,² el deterioro de la capa de ozono y el calentamiento global. La catástrofe que se anunció con *Los límites del crecimiento* se dejó de lado, y como lo afirma Schoijet, es un capítulo olvidado de la historia intelectual y política. Este autor señala tres razones por las cuales los científicos erraron en sus predicciones; por un lado, las influencias culturales que influyen en el crecimiento de la población y que son poco predecibles; por otra parte, insuficiencias del desarrollo científico que, por ejemplo, no permitieron tomar en cuenta temas como el calentamiento global y, por último, variables no incluidas como el agotamiento de los acuíferos y otros recursos como los pesqueros, así como la desertificación.

LOS GRANDES PROBLEMAS MEDIOAMBIENTALES

Tres han sido los grandes temas que lograron movilizar a la opinión pública, a los líderes de los países industrializados y no industrializados, a la comunidad científica, académica y de

²Éste no es un problema reciente; ya desde 1872 un químico inglés, Robert Angus Smith, se percató de este fenómeno en las áreas industriales de Inglaterra y le da el nombre de “lluvia ácida”; no obstante, poca fue la atención que recibió su descubrimiento, ignorado por la mayoría de la gente.

investigadores, y a los industriales para tomar acciones definitivas que revirtieran el proceso de deterioro ambiental ocasionado por el desarrollo económico. Estos problemas, aunque no precisamente se refieren a una necesidad de *limitar el crecimiento*, sí generan cambios importantes en los procesos industriales y en la utilización de ciertos recursos naturales considerados altamente contaminantes, como son los combustibles fósiles, un componente vital en el funcionamiento de las sociedades modernas.

La lluvia ácida

El primero de estos temas fue el de la lluvia ácida. La precipitación ácida se forma cuando algunos contaminantes, en especial los óxidos de nitrógeno (NOx) y el dióxido de azufre (SO₂) son emitidos por las chimeneas, las fundiciones y los silenciadores de los automóviles, y se quedan en la atmósfera. Ya allí, los óxidos se convierten en ácidos, gracias a sustancias y a procesos químicos, que regresan a la tierra disueltos en lluvia, nieve o niebla, en forma de gases o como partículas secas. Las tasas de transformación de estas reacciones las rigen condiciones ambientales como la luz del sol, la temperatura, la humedad, la nubosidad y la presencia de otros químicos (Gallardo y García, 1999).

El principal causante de la emisión de *dióxido de azufre* (SO₂) a la atmósfera es la quema de carbón como combustible o cuando se utiliza carbón con alta cantidad de azufre en las fundiciones. Aunque no todo el carbón tiene la misma cantidad de azufre, los que más se utilizan, como son los recursos y re-

servas en China, en Europa Oriental o en el oeste medio norteamericano, tienen un alto contenido de este compuesto contaminante. Los *óxidos de nitrógeno* son la segunda fuente de los compuestos acidificantes. Éstos son emitidos como subproductos cuando se queman los combustibles de origen fósil, como la gasolina, el petróleo y el gas natural. Los principales emisores son los automóviles y otros vehículos, y los motores fijos, como los generadores de energía.

En términos generales, la acidez (iones de hidrógeno) ocasiona el desplazamiento de sustancias que cumplen funciones de nutrición (como el potasio, el magnesio, el calcio) en las plantas y los animales, retardando o impidiendo su crecimiento. Sus efectos negativos alteran los ecosistemas de los bosques y los lagos, y producen deterioro en estructuras como edificios y monumentos. Es por ello que surgen tensiones políticas ocasionadas por la lluvia ácida, que tienen que ver con el hecho de que ésta no afecta necesariamente la acidez de lagos y bosques en zonas donde se produce, sino, por el contrario, se pueden sentir sus efectos en otras regiones; las lluvias ácidas que caen en Escandinavia provienen de Europa Central y del Reino Unido, igual sucede con la lluvia ácida que reciben en Canadá oriental, que proviene en cerca de un 50 por ciento de los Estados Unidos (Simon y DeFries, 1993). En 1979 se firmó el primer acuerdo internacional que reconoció los problemas de la lluvia ácida asociados con el flujo transfronterizo de la contaminación del aire y la necesidad de establecer soluciones regionales, la Convención de Contaminación Transfronteriza de Largo Alcance (LRTAP).

Algunas de las investigaciones más sólidas al respecto se han realizado en zonas experimentales en donde los científicos ma-

nipulan el grado de acidez en los lagos por periodos largos de tiempo para identificar qué sucede con los ecosistemas acuáticos; los resultados en zonas experimentales de Ontario, Canadá, dan cuenta de una gran variedad de especies que empiezan a extinguirse cuando los niveles de acidez llegan a valores de pH cercanos al 6.0;³ en los años ochenta, los pronósticos ya eran desalentadores. Los expertos consideraban que más de la mitad de los lagos de las regiones que han sido afectadas por la acidificación, habían perdido entre un 40 y 50 por ciento de las especies (Simon y DeFries, 1993) como moluscos e insectos, pérdidas tan importantes para el ecosistema (aunque menos visibles) como las pérdidas de peces.

Los daños para los bosques se relacionan con el contacto directo que éstos pueden tener con la contaminación ambiental producida por el ozono y los ácidos, debido a que están más cerca de la niebla y las nubes, y también con la pérdida de nutrientes en los suelos, esenciales para su crecimiento, o una elevación de los metales tóxicos como el aluminio. De acuerdo con las investigaciones, el fenómeno conocido como la “muerte de los bosques” puede deberse a esta combinación de ácidos y ozono en la atmósfera (Bonnefous, 1973); durante la década de los ochenta se encontraron daños severos en alrededor del 25 por ciento de los bosques europeos y de América del Norte.

³ El pH es una escala que va de 0 a 14 y que depende de la concentración de iones o cationes de hidrógeno positivamente cargados en una solución. Cuanto más bajo sea el valor del pH, mayor es la acidez. Cuando se presentan ácidos orgánicos y pequeñas concentraciones de ácido sulfúrico y ácido nítrico que producen una acidez natural no tienen las mismas consecuencias negativas en los ecosistemas, que producen los ácidos minerales provenientes de la lluvia ácida.

En las ciudades, las estructuras que se construyen con materiales como el mármol y la piedra caliza son particularmente sensibles a la lluvia ácida, puesto que ataca el carbonato de calcio, el principal compuesto de estos materiales. La corrosión es uno de los efectos más graves por los costos económicos que representa en reparaciones y mantenimiento para construcciones tan importantes como puentes y edificios. Otros materiales que se ven afectados son la madera, la pintura, los tejidos, la mampostería, el concreto y los metales. Aunque, obviamente, la lluvia ácida no es el único factor de deterioro, también lo hacen el agua, el viento, la luz solar, se afirma que sí está acelerando el proceso.

Controles a la lluvia ácida

Evidentemente los controles a las emisiones de los compuestos contaminantes están muy relacionados con la utilización de tecnologías limpias, es decir, que eliminen los componentes tóxicos antes de su emisión o no permitan la producción de los mismos. Para el caso de los automóviles y vehículos, el control se realiza por medio de los convertidores catalíticos y la utilización de gasolinas con bajo contenido de azufre. El carbón, sin embargo, representa mayores inconvenientes, puesto que es un material fundamental para la producción de electricidad en muchas zonas del mundo; algunas recomendaciones incluyen el cambio a carbón con menor cantidad de azufre, retirar el azufre del carbón antes de la combustión y agregar piedra caliza húmeda en el silenciador para neutralizar el ácido, y para reducir los óxidos de nitrógeno, bajar la temperatura de

la combustión. Éstas, al parecer, son técnicas que continuamente se están mejorando y podrían reducir considerablemente las emisiones que originan la lluvia ácida (Simon y DeFries, 1993). Un ejemplo de ello son los resultados del “Acid Rain Program” en los Estados Unidos, que al 2006 reporta niveles con un 40 por ciento menor a los presentes en 1990, en las emisiones del dióxido de azufre (Acid Rain Program, 2006).

El ozono

La reducción de la capa de ozono, otro de los grandes problemas. La capa protectora del planeta, el ozono, se forma de la descomposición de las moléculas de oxígeno (O_2). Las moléculas de oxígeno, abundantes en la atmósfera, se rompen en átomos individuales ($O + O$) al tomar energía de la radiación solar. Estos átomos quedan libres, se estrellan contra otras moléculas de oxígeno (O_2) y conforman las moléculas de ozono (O_3). La configuración natural del ozono les permite absorber la radiación del sol en la gama de las ondas ultravioleta, que son dañinas para la vida si llegan a la superficie terrestre. El ozono está ubicado en una capa de la estratosfera, localizada entre los 10 y los 35 kilómetros de altura sobre la tierra. Por encima de esta capa, la densidad es muy baja y no permite que los átomos de oxígeno se encuentren con otras moléculas para poder estrellarse; y por debajo de ella penetra muy poca radiación solar como para permitir que se forme el ozono en cantidades importantes.

Los primeros científicos que llamaron la atención sobre el debilitamiento de la capa de ozono fueron los británicos. Desde

finis de los años cincuenta, un equipo encabezado por Joe Farman inició estudios sobre la capa de ozono de la Antártica; a principios de los años ochenta comenzaron a recolectar datos sobre los cambios ocasionados durante los inviernos, que arrojaron resultados alarmantes; en 1985, el artículo publicado en la revista científica *Nature*, daba cuenta de una reducción cercana al 50 por ciento de la capa de ozono en la Antártica (Wikström, 1992).⁴ Diez años antes, los químicos F. Sherwood Rowland y Mario Molina habían encontrado a los responsables. Estos investigadores argumentaron que los clorofluorocarbonos (CFC), compuestos utilizados en la industria, al ser liberados en la atmósfera llegan a la estratosfera (zona que contiene a la capa de ozono), y se deshacen por los efectos de la luz ultravioleta, liberando los átomos de cloro que se encuentran con los átomos de ozono y los destruyen, antes de que otras reacciones químicas hagan desaparecer el cloro en la atmósfera. De acuerdo con sus resultados, dos de los CFC, el CFC11, que se usa como agente en la espuma de plástico, y el CFC12, utilizado en los refrigeradores, son los que más daño causan al ozono, por ser empleados masivamente (Wikström, 1992).⁵

A pesar de los descubrimientos de los años setenta, fue el artículo de Farman, con la evidencia de la destrucción, el que movilizó la opinión pública internacional; no sólo se trataba de una amenaza real para el mundo, también involucraba a

⁴ Tomado de la revista *Ambiente y Desarrollo*. www.cipma.cl/RAD/1993/1_Wikstron.pdf

⁵ Los CFCs son usados en miles de productos, incluyendo refrigeración, aire acondicionado, aerosoles, solventes, transportes, plásticos, aislación, productos farmacéuticos, computadores, electrónicos, equipos para combatir el fuego y sustancias para fumigación.

una industria de gran envergadura e importancia económica por la magnitud de la creación de productos que generaban emisiones de clorofluorocarbonos en la atmósfera. En 1987, dos años después, se logró la firma del Protocolo de Montreal, *Sobre Sustancias que Destruyen la Capa de Ozono*, con el que más de 90 países de todo el mundo se comprometieron a reducir el uso de estos compuestos e iniciar una campaña masiva para su reemplazo definitivo en la industria, hacia fines de los años noventa. Cabe mencionar que, en palabras de Farman, no es el uso en sí mismo de los clorofluorocarbonos el problema, sino cuando éstos se dejan en manos de los consumidores, que pueden liberarlos de alguna manera y ser emitidos a la atmósfera.

En definitiva, las zonas más afectadas son la Antártica y la parte más austral del Hemisferio Sur (los niveles de ozono bajan hasta un 50 por ciento durante varios meses de cada año). En el Ártico se calculan entre un 5 y 10 por ciento en las latitudes altas durante el invierno. Los argumentos se refieren a las diferencias de temperatura (menos frías en el Ártico). Las reacciones que permiten la destrucción del ozono se producen durante la presencia de nubes que promueven un cambio básico en la química de la estratosfera, cuando ésta se torna suficientemente fría, se congelan las partículas de las nubes y los cristales de hielo suministran la superficie sobre las cuales pueden ocurrir dichas reacciones destructivas para el ozono. El Ártico, por esta razón, cuenta con las ventajas de presentar temperaturas más altas que la Antártica. Sin embargo, algunos cambios climáticos que han ocasionado inviernos muy fríos en el Círculo Polar Ártico, de manera inmediata han bajado mucho más los niveles de ozono (PNUMA, 2002).

Al igual que la lluvia ácida, la reducción de la capa de ozono afecta los diferentes ecosistemas. Para las plantas, la exposición a la radiación ultravioleta puede ocasionar reducción en el tamaño de sus hojas, menor crecimiento, mala calidad de las semillas, mayor vulnerabilidad ante hierbas, enfermedades y pestes. Los daños para los ecosistemas marinos y en los animales, se deben a que destruye al fitoplancton (algas marinas microscópicas que forman la base de la cadena alimentaria en el mar), o afecta su productividad, cuando las cantidades de rayos ultravioleta son menores; esto a su vez afecta a la siguiente especie en la cadena alimentaria, los krill (pequeños crustáceos) que alimentan peces, aves y mamíferos marinos como las focas y las ballenas, entre otros (Simon y DeFries, 1993). Se calcula que la radiación ultravioleta puede penetrar el agua hasta los 20 metros de profundidad.

El daño para la especie humana es considerable, puesto que la capa de ozono es esencial para la vida, si desaparece no se podría habitar el planeta. La reducción de este importante recurso ha ocasionado gran incidencia de cáncer en la piel, considerando la propensión natural del ser humano a exponerse a los rayos del sol. Otros problemas relacionados son los daños al sistema inmunológico y las afectaciones en los ojos, como las cataratas. Algunos datos señalan que una disminución del 10 por ciento en la capa de ozono puede aumentar en un 26 por ciento los casos de cáncer en la piel; y una disminución del 1 por ciento en la capa de ozono generaría alrededor de 150 mil casos más de ceguera ocasionados por las cataratas (OPS, 2006). En Estados Unidos los casos de cáncer en los últimos años han adquirido connotaciones epidémicas, uno de cada cinco estadounidenses contrae algún tipo de cáncer en la

piel, en el transcurso de su vida, y se calcula que cada hora muere una persona por causa de esta enfermedad.

El control del problema

Lamentablemente, aunque no se produzcan las moléculas de CFC, éstas son tan estables, que el cloro ya emitido permanecerá por lo menos un siglo más destruyendo el ozono en la estratosfera. Por este motivo, el Protocolo de Montreal sobre Sustancias que Agotan la Capa de Ozono, firmado en 1987, fue insuficiente. En un principio, alrededor de 50 países se comprometieron a reducir en un 50 por ciento la producción de CFC de los niveles presentes en 1986; esto se lograría en un periodo de 14 años; posteriormente, en su revisión de 1990, y dada la permanencia de las sustancias peligrosas, se acordó una reducción del 100 por ciento para el año 2000; actualmente se ha logrado reducir en más del 95 por ciento la producción de algunos productos químicos como los CFC (Molina, 2008). De acuerdo con los expertos, en el año 2075 se logrará retornar a los niveles de ozono que se presentaban en el año 1980, esto se dijo durante la celebración del 20 aniversario de la firma del Protocolo de Montreal, que en el 2008 ya cuenta con 191 Estados firmantes.⁶

SE NOS CALIENTA EL PLANETA

El tercer y último gran problema amenazante es el calentamiento global. Este es el tema que nos ocupa en esta publicación,

⁶ En 1994, las Naciones Unidas institucionalizaron el 16 de septiembre como el Día Internacional de la Protección de la Capa de Ozono.

con la que esperamos ofrecer a los lectores un panorama general sobre uno de los fenómenos de la naturaleza con mayores implicaciones negativas para el planeta, y del cual se acusa al crecimiento y al desarrollo de las sociedades modernas, principalmente, en las naciones industrializadas.

El calentamiento del planeta se debe a la producción de los gases de efecto invernadero que se emiten constantemente a la atmósfera. De estos gases, el vapor de agua y el dióxido de carbono, producido por el uso de los combustibles de origen fósil y del carbón, son señalados como los grandes responsables. Estos gases tienen la capacidad de retener el calor cerca de la superficie de la tierra, produciendo el conocido efecto de invernadero. Entre más energía atrapan los gases en la superficie de la tierra y en la parte baja de la atmósfera, hay mayores probabilidades de que aumente la temperatura, y por ende se cambien los patrones de las lluvias y otros ciclos climáticos normales.

A partir de la revolución industrial, los usos de materiales productores de gases con efecto invernadero, como el petróleo, el gas y el carbón, incrementaron la presencia de dióxido de carbono en la atmósfera; los cálculos señalan un promedio de 25 por ciento más en los niveles; para los años noventa se habla de un promedio de 0.4 por ciento anual; este decenio ha sido considerado el más cálido, y 1998 el año más caliente, en los registros oficiales que se mantienen desde 1861 (PNUMA, 2002).⁷ Pero no sólo se produce el dióxido de carbono con la combustión de dichos materiales, la deforestación es otro de los

⁷ 1990 se adoptó como el año base para que los países desarrollados redujeran las emisiones de gases con efecto invernadero a la atmósfera; entre el 2008 y el 2012 deben bajar sus emisiones un 5 por ciento por debajo de los niveles que tenían en 1990.

grandes generadores de este compuesto, por medio de la tala de árboles y su materia orgánica que se quema y se descompone. Entre estas dos actividades se están inyectando alrededor de 6 mil millones de toneladas de carbono cada año a la atmósfera.

Los efectos para el ser humano son, en este caso, colaterales, puesto que al modificarse los ciclos naturales de las lluvias, se producen cambios en el clima en todo el planeta. Un incremento en la temperatura también ocasiona el deshielo y los aumentos en el nivel del mar. Hoy en día se presentan con frecuencia grandes inundaciones, tormentas, huracanes que arrasan con poblaciones completas y, por el contrario, en otras latitudes puede padecerse por las altas temperaturas y las sequías. Se cree que estos periodos con temperaturas extremas serán cada vez más frecuentes y severos, todo ello ocasionado por los cambios en la temperatura del planeta, el calentamiento global.

El control de problema

En la actualidad se cuenta con un instrumento similar al Protocolo de Montreal, que precisamente se fundamentó en este acuerdo y se conoce con el nombre del Protocolo de Kioto. El tema, sin embargo, es en extremo delicado para los países firmantes, puesto que no se trata de limitar a una industria o sector industrial en particular, sino a la economía en su conjunto, es decir, al crecimiento en términos de su PIB. Algunos de los países industrializados, señalados entre los más contaminantes, como es el caso de Estados Unidos, aún no lo ratifica. Por este motivo se idearon algunas estrategias para realizar

intercambios con el mundo en desarrollo (no participan del Protocolo de Kioto) en donde se pueden comprar derechos para bajar los niveles acordados con el Protocolo. Si un país altamente contaminante invierte en la reducción de las emisiones de dióxido de carbono en un país en desarrollo, cumple con sus metas particulares; la emisión de gases con efecto invernadero en cualquier parte del planeta, afecta a la atmósfera en su conjunto.

En este texto se realiza una revisión con mayor profundidad en este tema. En el primer capítulo se introducen las características y las afectaciones para el planeta del calentamiento global; en el segundo capítulo se analizan las instituciones, sus funciones, logros, limitaciones y, por último, los mecanismos incorporados por los países en el Protocolo de Kioto, el control a las emisiones de los gases con efecto invernadero y los mercados de carbono; en el tercer capítulo se incorporan varias de las soluciones que han planteado algunos de los actores internacionales que lideran posiciones de sectores políticos, económicos y científicos; y para terminar, en el cuarto capítulo se revisa uno de los temas con mayor vigencia y controversia, las alternativas energéticas, haciendo énfasis en los biocombustibles, por estar directamente relacionados con la producción de alimentos para reemplazar los combustibles tradicionales.

Capítulo 1

El calentamiento global: alcances y limitaciones

El calentamiento global, de la manera en que lo conocemos hoy en día, es un fenómeno que afecta la estabilidad de la Tierra, y es producido por las diferentes actividades que acompañan el desarrollo de las sociedades modernas. Las soluciones propuestas para disminuir las emisiones de sustancias responsables del cambio climático deben considerar un factor de suma importancia, como es eliminar la posibilidad de bajar las tasas de crecimiento para que no se produzca una recesión económica internacional, o por lo menos que contraiga el crecimiento en las economías de los países no industrializados. Éste es uno de los principales consensos a los que han llegado los países y los actores generadores de opinión, en los principales foros internacionales que se ocupan del tema (McKinsey Institute, 2008).

CIENTÍFICOS Y POLÍTICOS RECONOCEN EL PROBLEMA

Aunque la discusión científica sobre el calentamiento global se inicia a mediados del siglo pasado, es sólo hasta fines de los años ochenta y principios de los años noventa que el tema se convierte en una prioridad política y social. Las primeras publicaciones que alertaron a la opinión pública y a los políticos sobre el fenómeno fueron los artículos publicados por el cien-

tífico de la NASA, James Hansen en la revista *Science* en 1981, del cual tomarían la información los periodistas, Walter Sullivan del *New York Times*, y Eleanor Randolph de *Los Angeles Times*, para publicar sus artículos en medios con amplia difusión. Posteriormente, Hansen, se dirigiría a los políticos en el año de 1988, en su intervención ante una comisión del Congreso de los Estados Unidos:

...en donde se alerta que la tierra mostraba una tendencia al calentamiento a largo plazo, y que ello se debía casi con toda seguridad a los gases de efecto invernadero provocados por el hombre. Señalé que el calentamiento global potenciaba ambos extremos del ciclo hidrológico, es decir, incendios forestales y sequías más pertinaces por una parte, pero también lluvias más intensas e inundaciones. Mis conclusiones de 1988 se basaban en una amplia gama de datos procedentes de la física elemental, estudios planetarios, observaciones de los cambios en curso y modelos climáticos (Hansen, 2008 (2)).

Las primeras manifestaciones políticas al respecto fueron los discursos pronunciados por el presidente George Bush (padre) y la primera ministra Margaret Thatcher, en marzo de 1990 durante la reunión de líderes de 24 países con el propósito de establecer una nueva agencia de las Naciones Unidas para combatir el calentamiento global. Dos años después, 1992, en la Conferencia sobre la Tierra celebrada en Río de Janeiro, Brasil, líderes del mundo firmaron La Convención de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático⁸ (UNFCCC), que entraría en vigor a partir de 1994.

⁸En el artículo 1 de la Convención se define: “por cambio climático se entiende un cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a

A pesar de los avances en la movilización de la opinión pública internacional, el tema ha sido polémico; por un lado, estudios científicos se manifiestan sobre la insuficiencia de las evidencias y los datos suministrados y atribuyen los aumentos observados en la temperatura global a variaciones naturales y, entre otras, a la variación de la actividad solar. Estos institutos y científicos calificados como conservadores (Schoijet, 2008) no analizan la totalidad de las evidencias, afirma el autor, sino los puntos débiles del adversario, un ejemplo es la American Association of Petroleum Geologists, organización que cuenta con 30 mil miembros y que apoya la posición de la industria petrolera. Por otro parte, las academias de ciencias de un amplio número de países (Brasil, Canadá, China, Francia, Alemania, India, Italia, Japón, Rusia, Gran Bretaña y Estados Unidos) sostienen que hay evidencia fuerte sobre el calentamiento global; otras evidencias son los artículos científicos publicados durante un periodo de 10 años, estudiados y sistematizados por la historiadora Naomi Oreskes (Pearce, 2004, citado en Schoijet, 2008).

CONDICIONES NATURALES DEL CALENTAMIENTO EN EL PLANETA

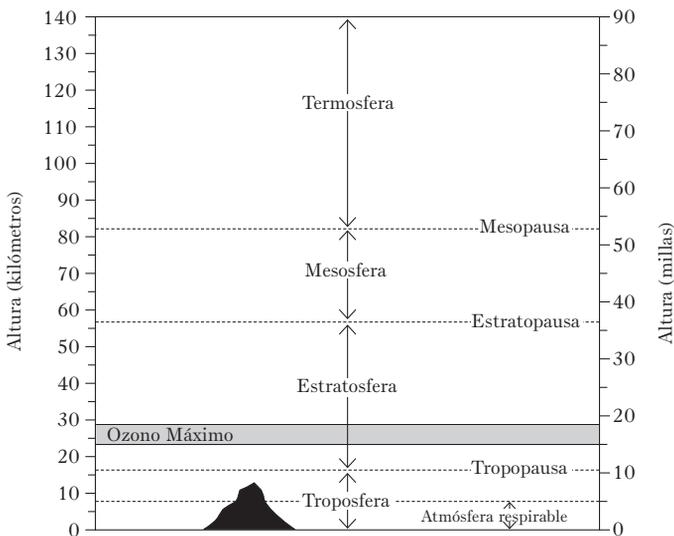
La atmósfera limpia

Lo que se ha denominado el gran océano aéreo, se compone de cuatro capas: la troposfera, la estratosfera, la mesosfera y la termosfera. Sólo en una de ellas pueden respirar los seres humanos, la troposfera (nombre que significa “la región donde

la variabilidad natural del clima observada durante periodos de tiempo comparables”.

el aire se mueve”), que se encuentra en una media de 12 kilómetros sobre la superficie de la tierra; en el tercio inferior de la troposfera se encuentra la única parte respirable de toda la atmósfera; esta capa funciona al revés, está más caliente en su parte inferior y se enfría a medida que se asciende en ella (6.5°C por km). Arriba de la troposfera se encuentra la estratosfera, también es una capa que se calienta a medida que se asciende por ella, y en su interior circulan vientos fortísimos. La siguiente capa es la mesosfera, a 50 kilómetros de la superficie de la tierra, y es la parte más fría de toda la atmósfera (-90°C); por último se encuentra la termosfera, un corriente de gas con temperaturas que pueden ascender hasta los 1,000°C.

GRÁFICA 1
COMPOSICIÓN DE LA ATMÓSFERA



Fuente: Flannery, 2008.

La atmósfera está compuesta en un 99.95 por ciento por tres gases, el nitrógeno (78 por ciento), el oxígeno (20.9 por ciento) y el argón (0.9 por ciento). El restante 0.05 por ciento contiene gases residuales, y entre ellos algunos tan importantes como el ozono, que representa solamente el 0.001 por ciento, pero tan vital que sin su protección nos quemaríamos con los rayos ultravioleta. Otros gases residuales son el vapor de agua, el dióxido de carbono, el metano, los clorofluorocarbonos y el óxido nitroso; se calcula la presencia de alrededor de 30 gases residuales; estos gases son los que crean el “efecto invernadero”, es decir, que tienen la capacidad de atrapar el calor cerca de la superficie de la tierra.

El efecto invernadero

Los gases residuales se producen de manera natural en el planeta, en cantidades que pueden ser recicladas por procesos normales en los ecosistemas, y por lo tanto no implican alteraciones por encima de las capacidades del sistema para reciclarlos. Estos gases son los responsables de bloquear la energía solar que se denomina calor, pero al hacerlo se vuelven inestables y tarde o temprano acaban liberando este calor, parte del cual se vuelve a irradiar a la tierra. A mayor cantidad de estos gases en la atmósfera, hay una mayor retención de calor proveniente de la irradiación solar y una mayor liberación de este calor hacia la tierra. La composición de estos gases en la atmósfera ocasiona un equilibrio en el clima, por lo tanto, se afirma que en Marte el clima es excesivamente frío porque no cuenta con vapor de agua, y por el contrario, en Venus, con un 98 por ciento de concentración de carbono en su atmósfera, la tempe-

ratura supera los 450°C . Se calcula que existen alrededor de 30 gases con efecto invernadero, señalamos algunos de los más importantes.

GRÁFICA 2
EL EFECTO INVERNADERO



Fuente: Unep-GRID-Arendal.

El *dióxido de carbono* (CO_2) presente de manera natural en la atmósfera terrestre se origina por procesos tales como la putrefacción por hongos y bacterias de organismos animales y vegetales, que también producen metano, en ausencia de oxígeno. Otras fuentes son las erupciones volcánicas y la erosión de carbonatos minerales.

El *metano* (CH_4) o gas natural se produce por acción bacteriana en pantanos y cultivos de arroz, y en las vías digestivas de algunos animales y de insectos, como las termitas. La mayor parte del metano presente en la atmósfera es de origen biológico. De acuerdo con sus propiedades se afirma que es 25 veces más efectivo que el dióxido de carbono para absorber calor; sin

embargo, su presencia en la atmósfera es muchísimo menor. Una fuente descubierta hace muy poco, son las represas, debido a la concentración de materia orgánica que se acumula en éstas, y se descompone; las investigaciones (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciales (INPE) de Brasil) indican que las 42 mil represas existentes en el mundo, emiten 104 millones de toneladas de metano, con una contribución del 4 por ciento al efecto invernadero.

El *óxido nítrico* (N_2O) se produce mediante la acción de microbios en el suelo como respuesta a las actividades de la agricultura, la descomposición de desperdicios agrícolas, la quema de leña y de combustibles provenientes de fósiles. También se atribuye a la utilización de fertilizantes minerales que contienen nitrógeno, elemento que acelera la liberación del N_2O .

El *ozono troposférico* cumple con dos funciones, una en la estratosfera, en donde protege a la Tierra de los rayos ultravioleta; y una segunda, como gas con efecto invernadero, debajo de esta capa y por lo tanto más cerca del planeta. Algunos estudios en la cuenca del Amazonas indican que se produce en los bosques tropicales. También existen las fuentes materiales, como la combustión en motores de vehículos e industrias.

EL CALENTAMIENTO GLOBAL: UNA ATMÓSFERA SOBRECARGADA

Como se mencionó con anterioridad, la atmósfera contiene gases con diferentes composiciones y funciones; los gases residuales son los que producen el efecto invernadero, y por lo tanto cuando aumenta la presencia de alguno de estos gases o de varios de ellos, aumenta la temperatura del planeta. La

atmósfera es dinámica, por esta razón los gases residuales se expanden rápidamente a lo largo del planeta, y hacen que la temperatura aumente de manera general en la Tierra y no sólo en algunas zonas; también es telequinética, lo que significa que los cambios pueden producirse de manera simultánea en distintas regiones, y por lo tanto las pautas de los fenómenos climáticos como las tormentas, los vientos, las sequías o las lluvias, entre otros, se modifican a nivel global y lo hacen más o menos al mismo tiempo.

Los factores que inciden en el aumento de las emisiones de gases residuales a la atmósfera son, en su mayoría, causa de las actividades humanas. Después del vapor de agua, el dióxido de carbono (CO_2) es el gas con efecto invernadero más abundante y eficaz. Este último se produce en grandes cantidades durante la quema de combustibles de origen fósil, como el petróleo, el gas y en especial el carbón. Cuando el combustible se quema, se libera dióxido de carbono, formado por la oxidación del carbono; otra fuente para su liberación es la tala de bosques, cuando los árboles se queman o se dejan descomponer.

En los años noventa se afirmó que la tasa de incremento del CO_2 en la atmósfera era de un 0.4 por ciento anual. Esto significa un promedio de 6 mil millones de toneladas de carbono (gigatons) inyectadas a la atmósfera por medio de actividades humanas, cada año (Simon y DeFries, 1993). Las investigaciones científicas al respecto dan cuenta de un aumento cercano al 25 por ciento desde que el carbón, el petróleo y el gas natural se convirtieron en la principal fuente de energía para poner en marcha la revolución industrial.

De los 6 mil millones de toneladas anuales que llegan a la atmósfera, permanecen en ella alrededor de 3 mil, puesto que

hay procesos naturales que ayudan para la disminución de estas cargas, uno de ellos es la fotosíntesis, descubrimiento atribuido al botánico germánico Julius von Sachs (1832-1897), por medio del cual las plantas absorben CO₂ y liberan oxígeno; y otro importante es la absorción que se hace en los fondos marinos. Esta condición o capacidad para absorber el carbono ha permitido denominar, tanto a los bosques como a los mares, “sumideros” naturales de CO₂, sin embargo, las modificaciones a estos ecosistemas, así como su uso indiscriminado por las actividades humanas ha disminuido su potencial para la absorción. Hacia el 2005, la disminución de los bosques era de alrededor de 125 millones de hectáreas, como se puede apreciar en el cuadro 1.

CUADRO 1
CAMBIOS EN LA EXTENSIÓN MUNDIAL DE LOS BOSQUES, 1990-2005

<i>Región</i>	<i>Bosques (millón de hectáreas)</i>			
	<i>1990</i>	<i>2000</i>	<i>2005</i>	<i>1990-2005</i>
África	699	656	635	-64
Asia	574	567	572	-2
Europa	989	998	1,001	12
Norte y Centro América	711	708	706	-5
Oceanía	213	208	206	-7
Suramérica	891	853	832	-59
Total mundo	4,077	3,989	3,952	-125

Fuente: Earth Policy Institute, 2008.

Para que se lleven a cabo las funciones referidas de los sumideros son necesarias ciertas condiciones, como los controles a la deforestación, niveles adecuados en la temperatura del agua, la producción de biomasa (cualquier materia orgánica) y

la disponibilidad de nitrógeno, un compuesto que al no encontrarse en las cantidades adecuadas impide la absorción del CO₂ por medio de la fotosíntesis. Ninguna de estas condiciones es controlada adecuadamente. Una concentración de CO₂ similar a la actual (400 ppmv —partes por millón por volumen—⁹) disminuye la presencia de nitrógeno y por lo tanto la absorción de CO₂ por las plantas (Gill, 2007; Schoijet, 2008). De la misma manera se calcula en un 6 por ciento la disminución de los océanos para producir materias orgánicas, durante las dos últimas décadas, debido al calentamiento global. Otras afectaciones se producen por los excesos en la pesca, que disminuyen la biomasa (Mackenzie, 2006), los deterioros de los arrecifes coralinos, los manglares, los derrames petroleros y los incrementos en el oleaje producto del calentamiento de las superficies marinas.

CUADRO 2
PRODUCCIÓN TOTAL DE PESCA, 1950-2003

	<i>Pesca</i> (millones de ton)	<i>Pesca</i> por persona (kg)	<i>Acuicultura</i> (millones de ton)	<i>Acuicultura</i> por persona (kg)	<i>Producción</i> total de pesca (millones de ton)	<i>Producción</i> total pesca por persona (kg)
1950	18.7	7.4	0.6	0.2	19.3	7.7
1960	33.8	11.2	1.7	0.5	35.5	11.7
1970	62.7	17	2.6	0.7	65.2	17.6
1980	67.2	15.1	4.7	1.1	71.9	16.2
1990	84.8	16.1	13.1	2.5	97.9	18.5
2000	95.5	15.7	35.5	5.8	131	21.5
2003	90.2	14.3	42.3	6.7	132.5	21

Fuente: Earth Policy Institute, 2008.

⁹ Las siglas ppm (partes por millón) o ppb (partes por billón, siguiendo la nomenclatura inglesa, 1 billón = 1,000 millones) expresa la relación entre el número de moléculas de gas de efecto invernadero y el número total de moléculas de aire seco. Por ejemplo: 300 ppm significa que existen 300 moléculas de un gas de efecto invernadero en un millón de moléculas de aire seco.

*Los ciclos carbónicos: mecanismos naturales
para el almacenamiento del CO₂*

Durante los ciclos carbónicos se produce el carbono que posteriormente será almacenado en los suelos o regresado a la atmósfera. Los ciclos carbónicos son dos, el ciclo geológico y el ciclo biológico. En un periodo de un año, la cantidad de carbono tomada y retornada a la atmósfera por medio del ciclo biológico es aproximadamente 1,000 veces mayor que la cantidad de carbón que se mueve a través del ciclo geológico.

El Ciclo Carbónico Geológico

Por medio del ciclo geológico el dióxido de carbono (CO₂) se almacena en el fondo del océano. Durante un proceso de larga duración, el ácido carbónico (compuesto de dióxido de carbono atmosférico y agua) se combina con minerales de la Tierra, y produce los carbonatos, a través de un proceso llamado “desgaste”; luego, por medio de la erosión, estos carbonatos van a caer en los océanos, en donde poco a poco, se asientan en el fondo.

Una vez en el fondo, las fuerzas tectónicas lo envían hacia el interior del suelo (subducción), en donde se calienta, eventualmente se derrite y puede volver a la superficie transformado en CO₂, de esta manera retorna a la atmósfera. Este retorno puede ocurrir por medio de erupciones volcánicas, en filtraciones o respiraderos. Los procesos de desgaste, subducción y la actividad volcánica son responsables de las emisiones de CO₂ a la atmósfera, por medio del ciclo geológico que sucede durante periodos de cientos de millones de años.

El Ciclo Carbónico Biológico

La biología ocupa un importante papel en el movimiento del dióxido de carbono entre la tierra, los océanos y la atmósfera. Los procesos para movilizar el carbono son la fotosíntesis y la respiración.

La fotosíntesis es el proceso por medio del cual las plantas toman el dióxido de carbono de la atmósfera y lo transforman en carbohidratos, gracias a la energía de la luz solar. La respiración es el proceso inverso. Los seres vivos toman la energía presente en los carbohidratos y en un proceso de desgaste metabólico transforman estos carbohidratos en dióxido de carbono, que es expulsado a la atmósfera.

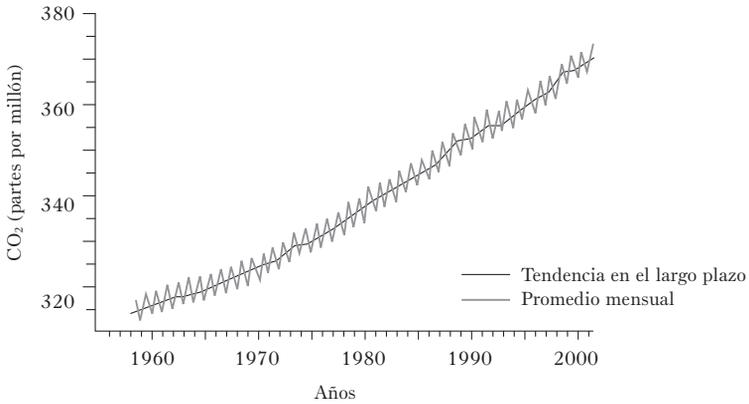
Durante el invierno disminuye la cantidad de CO_2 que se extrae de la atmósfera gracias a la fotosíntesis, debido a la pérdida de hojas que sufren las plantas, pérdida que les impide realizar dicho proceso; durante la primavera se reanuda y vuelven a reducirse las concentraciones de CO_2 en la atmósfera.

Cómo se estudian los niveles del carbono en la atmósfera

Desde mediados del siglo pasado tenemos la posibilidad de observar los movimientos del carbono en la atmósfera, esto gracias al científico Charles Keeling, un oceanógrafo del Scripps Institute of Oceanography, responsable de crear el récord continuo de mayor duración de las concentraciones atmosféricas de CO_2 , desde el observatorio Mauna Loa de Hawai. La gráfica 3 muestra como cada año, durante la primavera del hemisferio norte, la Tierra inicia una gran inhalación, debido a las extracciones de la vegetación de CO_2 (registrada en la gráfica como una caída de CO_2); luego durante el otoño en el mismo hemisferio, a medida que la descomposición genera CO_2 , se produce una exhalación que enriquece la atmósfera con este gas.

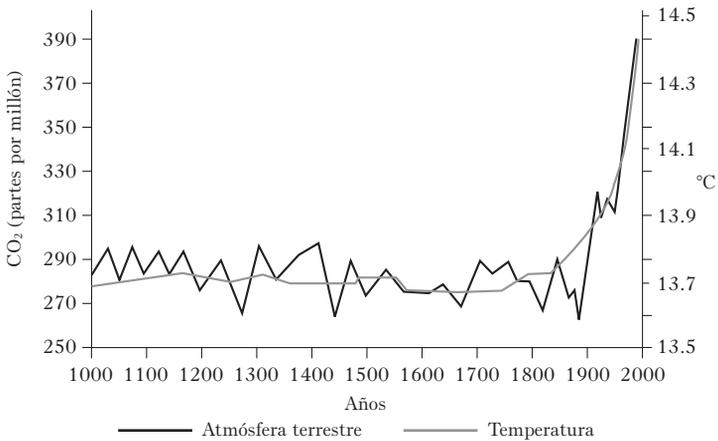
La tendencia que observa Keeling en los movimientos del carbono es que después de cada exhalación queda un poco más de CO_2 en la atmósfera; estos resultados son los que permiten a algunos científicos hacer proyecciones preocupantes para la estabilidad del planeta (Flannery, 2007); se calcula que a lo largo del siglo XXI la concentración de CO_2 en la atmósfera podría duplicarse, alcanzando las 600 ppmv, lo que llevaría a un incremento de la temperatura del planeta en alrededor de 3°C , o incluso más.

GRÁFICA 3
CURVA DE KEELING
CO₂ ATMOSFÉRICO MEDIDO EN MAUNA LOA



Fuente: Egger, 2004.

GRÁFICA 4
CONCENTRACIÓN DE CARBONO Y AUMENTO
DE LA TEMPERATURA GLOBAL (1000 años)



Fuente: Cambio Climático, 2008.

Otro mecanismo utilizado por los científicos para conocer el clima en tiempos pasados son los registros de burbujas de aire en núcleos de hielo. Flannery relata su experiencia al respecto:

...cuando visité el depósito de núcleos de hielo de la Universidad de Copenhague en Dinamarca... el guía señaló un pedazo de hielo con forma de cilindro de aproximadamente un metro de largo y me señaló una capa de hielo en su interior de unos cinco centímetros de grosor. Me dijo que aquel hielo había caído en forma de nieve sobre el centro de Groenlandia en el año en que nació Jesús, y que los pequeños puntos que se veían en su interior eran burbujas de aire atrapadas en el hielo...

Este registro único muestra que durante las épocas frías los niveles de CO₂ cayeron hasta 160 ppmv, y que hasta hace poco jamás habían superado las 280 ppmv. En 1958, Keeling muestra las concentraciones por encima de las 300 ppmv.

LOS RESPONSABLES DE LAS EMISIONES DE CO₂ A LA ATMÓSFERA

Las emisiones de carbono que mayor perjuicio ocasionan al clima mundial son las originadas por los procesos de combustión de origen fósil, es decir, los que utilizan petróleo, carbón y gas.¹⁰ Entre éstos, el que libera mayor cantidad de carbono

¹⁰En 2005, las concentraciones de CO₂ y CH₄ en la atmósfera excedieron considerablemente del intervalo de valores naturales de los últimos 650 mil años. El aumento mundial de las concentraciones de CO₂ se debe principalmente al uso de combustibles de origen fósil, con una aportación menor,

es el carbón. Se afirma que en 2002, el consumo de estos combustibles liberó un total de 21 mil millones de toneladas de CO₂ a la atmósfera, el 41 por ciento originado por el carbón, el 39 por ciento por el petróleo y el 20 por ciento por el gas.

Ya se señaló que la naturaleza provee de mecanismos que permiten almacenar el carbono en los denominados “sumideros”, tales como los bosques y los fondos marinos; del CO₂ lanzado a la atmósfera cada año, por lo menos el 45 por ciento es secuestrado rápidamente por sumideros de carbono, tales como las plantas y el océano;¹¹ el proceso contrario, es decir, liberar este carbono a la atmósfera, se realiza por medio de la extracción de los combustibles fósiles. *Se libera carbono que lleva miles de años enterrado.*

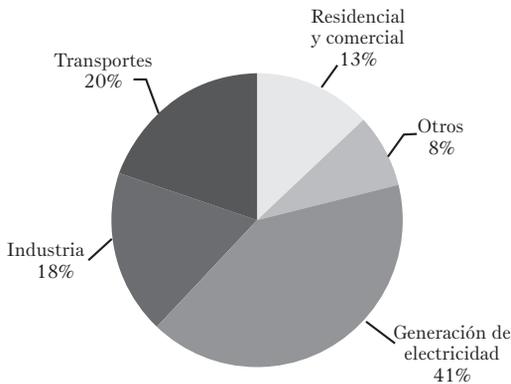
El combustible más contaminante también es el más abundante en la naturaleza; el carbón proviene de los restos fosilizados de las plantas en zonas pantanosas que con ayuda de la presión y el calor se va transformando, primero en lignito, después en carbón bituminoso, y por último en uno de mejor calidad y valor, la antracita; este proceso requiere de millones de años. La utilización de este combustible se inicio siglos atrás, en Inglaterra. Hacia 1760 ya se consumían 6 millones de to-

aunque perceptible, de los cambios de uso de la tierra. *Es muy probable* que el aumento observado de la concentración de metano (CH₄) se deba predominantemente a la agricultura y al uso de combustibles fósiles. El aumento de la concentración de óxido nitroso (N₂O) se debe principalmente a las actividades agrícolas (Informe del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), 2007).

¹¹ Los estudios sugieren que estos sumideros se empiezan a saturar y no podrán continuar tomando la misma parte de las emisiones. El dióxido de carbono es menos soluble en un océano más caliente, por ejemplo, y suelos más calientes tienden a sostener menos carbono. A medida que las temperaturas aumentan, una porción menor de emisiones de CO₂ es retenida por la tierra y los sumideros del océano (Moore, 2008).

neladas por año, y el siglo XIX por sus usos en la cocina, la calefacción, la industria y el transporte, se denominó “el siglo del carbón”. Sin embargo, Flannery asegura que nunca como hasta ahora se ha quemado mayor cantidad de carbón en el mundo, a pesar de la presencia de otros combustibles como el gas y el petróleo. En China, señala, se proyecta construir cerca de 120 nuevas centrales eléctricas de carbón entre 1999 y 2009, otras 483 hasta el 2019 y 710 más entre el 2020 y el 2030.

GRÁFICA 5
EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO PROVENIENTES
DE LA QUEMA DE COMBUSTIBLES FÓSILES POR SECTOR, 2004

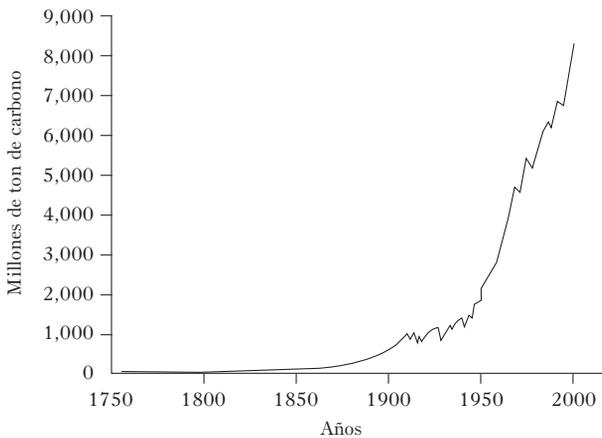


Fuente: Earth Policy Institute, 2008.

El petróleo, es el combustible que sigue en capacidad contaminante. Este “oro negro”, como suele llamársele, encontró su gran desarrollo en el siglo XX; los principales yacimientos y los desarrollos de este combustible se localizaron hacia mediados del siglo, y posteriormente, al parecer han iniciado su declive, aunque se asegura que es mucho el que falta por des-

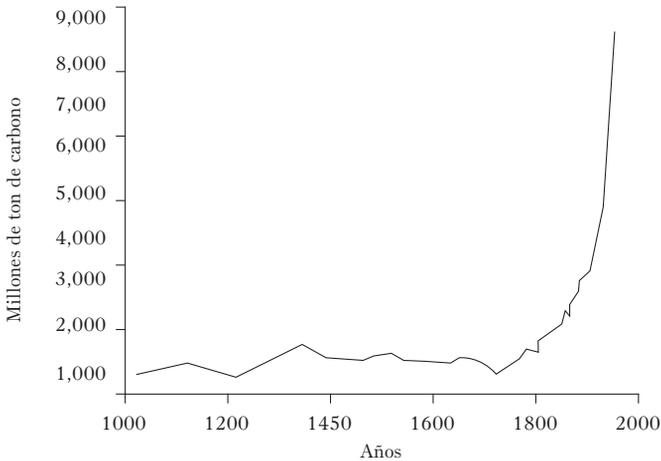
cubrir. El petróleo es producto de la vida en océanos y estuarios (desembocaduras de ríos en otros ecosistemas), en general se compone de plancton, en particular plantas unicelulares (fitoplancton) que mueren y se van enterrando con ayuda de las rocas en zonas profundas, y con temperaturas entre 100 y 135°C se termina el proceso de formación. Los tiempos para estos procesos son infinitamente mayores que los que el hombre utiliza para consumirlos, y aunque pareciera que su agotamiento ocasionaría graves consecuencias económicas y sociales, hoy, las afectaciones al clima hacen cada vez más necesario su reemplazo, por lo menos parcialmente, para reducir las emisiones. Uno de los candidatos es el gas natural, aunque su alta composición de metano también lo hace contaminante.

GRÁFICA 6
EMISIONES GLOBALES DE DIÓXIDO
DE CARBONO PROVENIENTES DE LA QUEMA DE COMBUSTIBLE FÓSIL
1751-2006



Fuente: Earth Policy Institute, 2008.

GRÁFICA 7
CONCENTRACIONES ATMOSFÉRICAS
DE DÍOXIDO DE CARBONO 1000-2007



Fuente: Earth Policy Institute, 2008.

Los países y las emisiones de CO₂

Hoy en día, con todos los avances de la ciencia del sistema terrestre, los investigadores elaboran mapas que integran los subsistemas y sus cambios en cinco escalas diferentes de tiempo. Las mediciones permiten conocer los ciclos de calentamiento y de enfriamiento del planeta, los movimientos de sustancias claves como el carbono, el nitrógeno, el fósforo, el azufre y su influencia en el medio ambiente. La Tierra y todos sus componentes, como el aire, los océanos, los seres vivos, la luz solar, entre otros, están en constante movimiento y cambio. Los modelos de la dinámica de los océanos y de la química atmosférica son los más desarrollados; por ello se puede tener bastante certeza en las mediciones de las emisiones de CO₂ a

la atmósfera en cualquier lugar del planeta. Con estos avances se tienen datos muy precisos sobre la capacidad contaminante de cada país.

Las emisiones de CO₂ han estado creciendo constantemente durante 200 años, desde que se inició la quema de combustibles fósiles a gran escala en el comienzo de la revolución industrial. Pero es el siglo XX el que presenta mayor celeridad (gráficas 6 y 7) y particularmente en las últimas décadas. La tendencia se ha mantenido para el nuevo siglo; entre los años 2000 y 2006, el incremento fue del 20 por ciento, es decir, alrededor de un 3 por ciento anual.

Los cinco países responsables de la mayor parte de las emisiones de CO₂ a la atmósfera son Estados Unidos, China, Rusia, India y Japón. Estados Unidos ha sido el mayor emisor del mundo durante un siglo; en el 2006 sus emisiones representaron el 19.8 por ciento (1.66 GtC —mil millones de toneladas de carbono—) de las emisiones globales; China lo siguió de cerca, con el 17.7 por ciento (1.48 GtC), aunque datos holandeses colocan a China con un 8 por ciento por encima de los Estados Unidos. Los otros tres países del grupo, en promedio alcanzan cerca del 4.6 por ciento, cada uno, como se puede apreciar en el cuadro 3.

Entre los principales responsables del carbono antropogénico,¹² China y la India son los que han tenido el crecimiento más rápido de emisiones, las que se han triplicado desde 1981. El aumento en emisiones de India y de China son un reflejo de la rápida industrialización y el actual desarrollo económico en Asia. Desde el año 2000, las emisiones de dióxido de carbono en Asia han crecido cinco veces más rápidamente que las emisiones en el resto del mundo. La región, que producía menos

¹² Es el carbono emitido a la atmósfera que se genera por las actividades humanas.

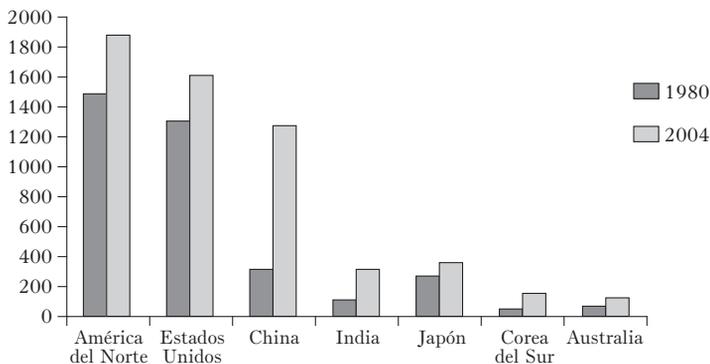
de un 10 por ciento de las emisiones globales en 1970, ahora casi alcanza un tercio del total mundial.

CUADRO 3
EMISIONES DE CARBONO PROVENIENTES
DE LA QUEMA DE COMBUSTIBLES FÓSILES, 2006

<i>País</i>	<i>Emisiones Millones de ton de carbono</i>	<i>Porcentaje del total global</i>
Estados Unidos	1,656	19.8
China	1,480	17.7
Rusia	437	5.2
India	391	4.7
Japón	342	4.1
Alemania	221	2.6
Canadá	177	2.1
Reino Unido	171	2
Corea del Sur	130	1.6
México	123	1.5
Todos los países	3,249	38.8

Fuente: Earth Policy Institute, 2008.

GRÁFICA 8
EMISIONES DE CO₂
(Millones de ton de carbono)



Fuente: Schoijet, 2008.

A nivel de emisiones por persona, los resultados se modifican considerablemente. Entre los principales emisores de carbono se encuentran algunos países árabes, Qatar (22.4 ton), los Emiratos Árabes Unidos (13.3 ton) y Kuwait (10.4 ton), los sigue de cerca Singapur con 9.2 ton. Las diferencias mayores son entre Estados Unidos, con 5.5 ton, cinco veces mayor que las emisiones per cápita en China y casi 200 veces mayor que las emisiones per cápita en los países más pobres del mundo, como Camboya y Etiopía (cuadro 4). En América Latina, el 70 por ciento de la emisiones en el 2001 correspondía a cuatro países, Brasil, México, Venezuela y Argentina (Schoijet, 2008).

CUADRO 4
EMISIONES DE CARBONO PROVENIENTES
DE LA QUEMA DE COMBUSTIBLES FÓSILES, POR PERSONA, 2006

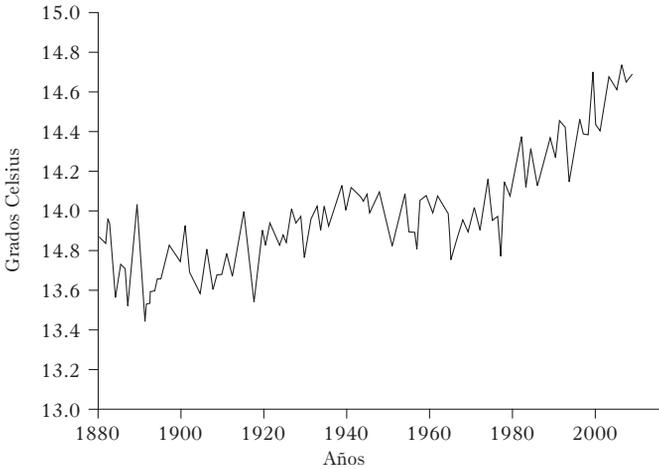
<i>País</i>	<i>Emisiones por persona Ton de carbono</i>
Qatar	22.4
Emiratos Árabes Unidos	13.3
Kuwait	10.4
Singapur	9.2
Estados Unidos de América	5.5
Canadá	5.4
Noruega	5.3
Australia	4.5
Kazajstan	4.1
Arabia Saudita	3.9
Tasa mundial	1.3

Fuente: Earth Policy Institute, 2008.

LOS EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO

Los estudios sobre los cambios en la temperatura del planeta indican que durante el siglo XX la Tierra experimentó un aumento de $0.6 \pm 0.2^\circ\text{C}$ (Ison, Peake y Wall, 2002). Este aumento, sin embargo, se presentó en algunos periodos de tiempo con mayor celeridad, como sucedió a partir de la década de los ochenta (gráfica 9), y por otra parte, es mayor en las regiones de latitudes más altas como la Antártida, Alaska y Siberia. Se asegura que en la Antártida el calentamiento es tres veces mayor que en el resto del mundo, lo que ha disminuido el espesor de su capa de hielo en las zonas más bajas en un 25 por ciento (5.5 millones de kilómetros (NASA, *Revista Science*, 2006; National Snow and Ice Data Center, NSIDC, 2008).

GRÁFICA 9
TEMPERATURA GLOBAL PROMEDIO, 1880-2007

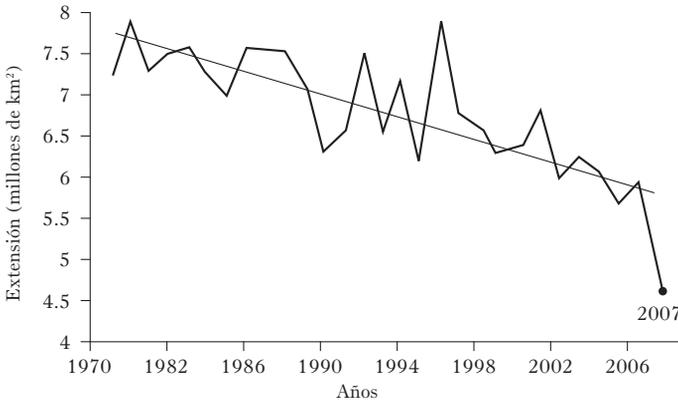


Fuente: Earth Policy Institute, 2008.

Otras consecuencias adicionales al deshielo se relacionan con las especies, varias de las cuales son afectadas en sus ciclos biológicos y reproductivos por los aumentos de temperatura en los últimos 30 o 40 años, lo que ha significado inviernos más suaves. De acuerdo con los datos suministrados por el oceanólogo del Instituto Británico de Investigaciones de la Antártida, Angus Atkinson (2004), la población del crustáceo denominado krill, la base alimentaria para muchas otras especies como ballenas, pingüinos y focas ha disminuido en un 80 por ciento desde los años setenta. Un análisis estadístico de la zona indica que la mejor explicación sería la reducida presencia de los hielos marinos en la zona de la península durante los meses de invierno. El krill se alimenta de las algas que viven en los hielos marinos.

En el extremo opuesto, el Ártico, la situación es similar, aunque puede afectar en mayor medida al ser humano por ser una zona con población permanente, calculada en alrededor de cuatro millones de habitantes. En el Ártico se calcula una disminución de 1.8 metros en la profundidad de la base de hielo que lo recubre, y un aumento de 2 y 3°C en los veranos actuales (NSIDC, 2008). Estas temperaturas han favorecido un aumento en la presencia de especies como el escarabajo de *Picea* que ha matado alrededor de 40 millones de árboles en el sur de Alaska en las dos últimas décadas. Otras especies como el Caribú de Peary o reno, están en peligro de extinción desde 1991; la población del Caribú no encuentra alimento suficiente debido a la presencia de lluvias que se congelan sobre los líquenes. Los osos y las focas también sufren las consecuencias de mares menos helados, no encuentran el alimento suficiente, no tienen la capacidad para criar a sus cachorros o los deshielos los dejan en constante peligro (Patrick, 1997).

GRÁFICA 10
PROMEDIO EN SEPTIEMBRE DE LA EXTENSIÓN
DE HIELO EN EL OCÉANO ÁRTICO, 1979-2007



Fuente: Earth Policy Institute, 2008.

Efectos frecuentes que alteran los ciclos de la naturaleza

Entre los principales efectos del cambio climático se encuentran las olas de calor, las sequías, los incendios forestales, los huracanes, las inundaciones, las precipitaciones, todos son fenómenos registrados con mayor frecuencia e intensidad en las últimas décadas.

Los fenómenos que ocasionan más agua en el planeta inciden de manera negativa en los cultivos, debilitan las capas de hielo, inundan poblaciones y ciudades, y los fuertes vientos, lluvias y marejadas arrasan con todo lo que encuentran a su paso. Las lluvias también ocasionan derrumbes y avalanchas, así como desbordamientos de ríos y otras fuentes fluviales. Las cifras indican que a partir del año 1980 las inundaciones se han

sextuplicado (UNESCO, Portal del Agua, 2008). Los afectados por las inundaciones pasaron de 174 a 254 millones, en el periodo que va de 1985 al 2000 (Schoijet, 2008). Entre 1990 y 2001 se produjeron en el mundo más de 2,200 desastres naturales relacionados con los recursos hídricos. De estos desastres, las inundaciones representaron la mitad del total de los desastres, las enfermedades transmisibles a través del agua y los brotes epidémicos representaron el 28 por ciento. El 35 por ciento de estos desastres ocurrieron en Asia, el 29 por ciento en África, el 20 por ciento en América Latina y el Caribe, el 13 por ciento en Europa y el 3 por ciento en Oceanía (UNESCO, *Water for people, water for life*, 2003).

En zonas como América Central y Norte América, con fuerte incidencia de tormentas y huracanes, éstos se han agudizado en las últimas dos décadas, dejando miles de damnificados y millones de dólares en pérdidas materiales, huracanes como Mitch en 1998; Alicia en 1983; Andrew, 1992; Katrina, 2005; Gustav e Ike, 2008, han sido de los más devastadores. Algunas de las causas que atribuyen los científicos para la presencia de huracanes cada vez más continuos y devastadores es el calentamiento de la superficie de los océanos en por lo menos 1°C; otro fenómeno que registran es una mayor altura de las olas en el Atlántico, en promedio 20 centímetros por año desde 1975 (*Alerta tierra*, 2007).

En Europa Central las inundaciones del 2002 se catalogaron como las peores en siglo y medio; afectaron a Alemania, Austria, Polonia, Hungría, Rusia y la República Checa (Comisión Europea, 2002). Una crecida sin precedentes del río Danubio en el 2006 inundó grandes áreas de Serbia, Rumania y Bulgaria; otro tanto sucedió con las inundaciones en Inglaterra del 2007, las peores desde el siglo XIX.

Si el exceso de agua es perjudicial, su ausencia también. Las sequías y las olas de calor también son responsables de muchas afectaciones a nivel mundial. Se han presentado con gran intensidad en los últimos diez años en territorios norteamericanos y en Australia, y aunque no son fenómenos nuevos si se han dado los registros más extremos para dicho periodo. 2002 en Australia, 1998 en Texas, Florida y Louisiana, 1998 a 2002 en el este, suroeste y oeste de Estados Unidos; en otras regiones como el noreste de Brasil se iniciaron sequías intensas y prolongadas desde 1978. El intenso verano del 2003 en Europa ocasionó la muerte de más de 50 mil personas (Larsen, 2006).

Otros problemas como las olas de calor son responsables de la muerte de especies, seres humanos, cosechas inservibles, bajos rendimientos agrícolas e incendios forestales; por este fenómeno las plantas absorben menos CO₂ y por lo tanto aumenta su concentración en la atmósfera. A la vez que se incrementa el calor durante el verano, se utilizan más equipos de refrigeración y aire acondicionado, incrementado el consumo de energía eléctrica suministrado por combustibles fósiles. También se producen los apagones y recargas en la red eléctrica. La cadena es interminable.

Entre estas consecuencias, una de las más preocupantes son los incendios forestales debido a la capacidad de absorción o función de sumideros de CO₂ que tienen estos ecosistemas. Los incendios no sólo se producen por calor excesivo, en oportunidades son producidos por el hombre para ampliar áreas cultivadas. Algunos de los más perjudiciales fueron los iniciados en Indonesia durante 1997, en las islas de Borneo y Sumatra con registros de más de 800 incendios; las afectaciones fueron severas, especies destruidas y varias amenazadas de

extinción, emisiones importantes de CO₂ a la atmósfera, miles de hectáreas inservibles (Nuñez, 2005). Estos desastres ecológicos también son frecuentes en otras zonas, Brasil, los bosques tropicales de Chimalapas en México, Europa, Estados Unidos, Canadá.

Existen algunos cultivos que son particularmente sensibles a los cambios climáticos; es el caso de los cereales, una de las principales fuentes de alimentación para la especie humana. El ambientalista Lester R. Brown (Earth Policy Institute) afirma que un aumento de las temperaturas promedio de 1°C durante el periodo de crecimiento de los cultivos de trigo, maíz y arroz, reduce los rendimientos en 10 por ciento. En el año 2002, las altas temperaturas afectaron la producción de India y Estados Unidos en 96 millones de toneladas, un 4 por ciento del consumo anual.

Las conclusiones de Pittock (citado por Schoijet, 2008) son alarmantes:

...el número de desastres relacionados con el clima habría aumentado 4.5 veces entre las décadas de 1960 y 1990. Las pérdidas económicas habrían aumentado de 50 mil millones de dólares a 399, o sea 7.9 veces. En 2002 el mundo habría experimentado 700 desastres naturales, de los que 600 habrían estado relacionados con el clima.

Las pérdidas económicas anuales asociadas a desastres naturales alcanzaron un promedio de 75,500 millones de dólares americanos en los años sesenta, 138,400 millones de dólares americanos en los años setenta, 213,900 millones de dólares americanos en los años ochenta y 659,900 millones en los años noventa (UNESCO, Portal del Agua, 2008).

LOS PRONÓSTICOS OFICIALES SOBRE LAS CONSECUENCIAS DEL CAMBIO CLIMÁTICO

Desde 1988 se estableció un panel de especialistas sobre cambio climático (IPCC),¹³ galardonado en el año 2007 con el Premio Nobel de la Paz,¹⁴ encargado de realizar estudios y modelos con escenarios diversos, para determinar las posibles consecuencias del calentamiento global; estos estudios incluyen cuatro informes anuales, que han sido presentados a la comunidad internacional desde los años noventa (1990, 2001, 2005). El último informe, entregado en el 2007, incluye una serie de pronósticos sobre las afectaciones para las diferentes regiones y continentes. El cálculo de estos estudios es que para los dos decenios próximos (2020-2030) sucederá un calentamiento de aproximadamente 2°C por decenio. En el informe se asegura que de proseguir las emisiones de gases de efecto invernadero al ritmo actual o a un ritmo mayor se intensificaría el calentamiento y se operarían cambios, muy probablemente, superiores en magnitud a los observados durante el siglo pasado.

En el Informe del panel de expertos se especifican consecuencias por regiones:

¹³ Cuando el IPCC emplea la expresión “Cambio Climático”, se refiere a cualquier cambio en el clima a lo largo del tiempo, debido tanto a variaciones naturales como al resultado de la actividad humana. Este uso difiere del empleado por la Convención Marco sobre el Cambio Climático, en donde “Cambio Climático” se refiere al cambio del clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana, que altera la composición de la atmósfera y que se suma a la variabilidad natural observada durante periodos comparables de tiempo.

¹⁴ Premio compartido con el ex candidato a la presidencia de los Estados Unidos, Tony Blair.

África

Durante los próximos 12 años (hasta el 2020), las presiones por los recursos hídricos afectaran entre 75 y 250 millones de personas. El rendimiento de los cultivos agrícolas pluviales podría reducirse hasta en un 50 por ciento con consecuencias importantes para la producción agrícola y la seguridad alimentaria, se incrementaría la malnutrición. Hacia fines del siglo XXI el aumento en el nivel del mar afectaría a las áreas costeras bajas, muy pobladas, con costos para readaptación que representarían como mínimo entre 5 y 10 por ciento del PIB. También se proyecta un aumento del 5 al 8 por ciento de las extensiones áridas y semiáridas.

Asia

Se calcula disminución de la disponibilidad de agua dulce en el centro, sur, este y sureste de Asia, hacia el decenio del 2050. Habrá zonas costeras amenazadas por inundaciones marinas y fluviales, especialmente en los deltas densamente poblados del sur, este y sureste; las inundaciones y sequías aumentarán la morbilidad y la mortalidad endémicas por enfermedades diarreicas. El cambio climático intensificará la presión sobre los recursos naturales y el medio ambiente, por los efectos de rápidos procesos de urbanización, industrialización y desarrollo económico.

Australia y Nueva Zelandia

Las proyecciones para el 2020 indican una pérdida considerable de biodiversidad en zonas como la Gran Barrera Coralina

o los Trópicos Pluviales de Queensland. En la medida en que continúe el desarrollo costero y el crecimiento de la población en ciertas áreas, son mayores los riesgos asociados al aumento del nivel del mar, las inundaciones y las tormentas. La mayor frecuencia de sequías e incendios generaría una disminución en la producción agrícola y forestal durante los próximos 20 años en gran parte del sur y este de Australia y en partes del este de Nueva Zelandia. En general, los problemas de seguridad hídrica crecerán durante los próximos 20 años en el sur y este de Australia y, en Nueva Zelandia, en la región de Northland y en ciertas regiones orientales.

Europa

Es muy probable que se presenten pérdidas de especies, en ciertas áreas con alto nivel de emisiones, como son las zonas altas; también se agudizarán los peligros para la salud por olas de calor y frecuentes incendios no controlados. En algunas regiones como el sur de Europa, con altas temperaturas y sequías se agravarían las condiciones existentes, se reduciría la disponibilidad de agua, el potencial hidroeléctrico, el turismo veraniego y la productividad de los cultivos en general. En las zonas montañosas habría retracción de glaciares, disminución de la capa de nieve y de turismo invernal. Es probable que el cambio climático profundice las diferencias regionales entre los recursos y bienes naturales del continente.

América Latina

Hacia el 2050, en el este de la Amazonía, los aumentos de temperatura y, por tanto, la disminución de agua en los suelos daría lugar a la sustitución de bosques tropicales por sabanas; habría sustitución de vegetación semiárida por vegetación árida. Podrían producirse pérdidas importantes de biodiversidad debido a la extinción de especies en numerosas áreas de la América Latina tropical. Se producirían disminuciones importantes en la productividad pecuaria y de ciertos cultivos, así como en la disponibilidad de agua dulce, afectando la seguridad alimentaria, el consumo humano, la generación de energía y la agricultura.

América del Norte

Los cambios climáticos podrían incrementar las crecidas invernales por reducción de los bancos de nieve en las montañas occidentales y, por el contrario, se reducirían los flujos en verano. En los primeros decenios del siglo, los cultivos pluviales se verán favorecidos con un incremento en la productividad del 5 al 20 por ciento, mientras que los cultivos situados cerca de zonas cálidas extremas tendrán dificultades. En las ciudades que padecen olas de calor, se seguirán experimentando olas más intensas, más frecuentes y más duraderas a lo largo del siglo. Las comunidades y hábitats costeros se verán cada vez más afectados por los impactos del cambio climático añadidos al desarrollo y a la polución.

Regiones Polares

Habría reducción del espesor y extensión de los glaciares, mantos de hielo y de hielos marinos, con alteraciones en los ecosistemas que perjudicarán especies de aves migratorias, mamíferos y otros predadores superiores. Para las comunidades humanas de la región ártica serían parcialmente beneficiosos, y los impactos perjudiciales recaerían sobre las infraestructuras y sobre las formas de vida tradicionales de los pueblos indígenas. Las dos regiones polares podrían volverse vulnerables a la invasión de especies que afectarían determinados ecosistemas y hábitats, por la disminución de los obstáculos climáticos.

Islas Pequeñas

Para estas zonas los mayores peligros se darían por el aumento del nivel del mar y las consecuentes inundaciones, mareas de tempestad, la erosión y otros fenómenos costeros, que ponen en peligro infraestructuras, servicios básicos y poblaciones de poblados y ciudades pequeñas costeras y/o cercanas. Se presentaría mayor erosión en las playas y pérdidas de corales, afectando los recursos locales. Hacia el 2050, algunas islas pequeñas como por ejemplo las del Caribe o del Pacífico podrían sufrir de escasez de recursos hídricos debido al cambio climático, hasta el punto de no ser ya suficientes para cubrir la demanda durante periodos de precipitación escasa; en islas de latitudes medias, un incremento en la temperatura aumentaría las invasiones de especies no nativas.

Como se puede observar, los pronósticos que hace el IPCC son realmente preocupantes, la mayor parte del planeta se verá

afectada si no se reducen las emisiones de gases con efecto invernadero a la atmósfera.

Los avances que se han logrado a nivel mundial, no son pocos, sin embargo, son insuficientes, si consideramos la magnitud del problema. En principio, hoy se cuenta con una organización a nivel internacional, que incluye normas e instituciones, para establecer los consensos mínimos necesarios. Cómo se logró consolidar esta estructura y con qué objetivos iniciales, así como los compromisos adquiridos y los mecanismos que a la fecha operan entre los países, es el tema que tratamos en el siguiente capítulo, la organización internacional para el control del calentamiento global.

Capítulo 2

El foro internacional

El reconocimiento del problema en los principales espacios políticos, sociales, económicos y científicos a nivel mundial fue uno de los grandes logros de las sociedades modernas para combatir los graves problemas que amenazan al medio ambiente. En relación con el calentamiento global, a partir de la masiva divulgación que se inicia en Río, durante la Cumbre de la Tierra, se logró movilizar a la opinión pública internacional, y a nivel político, establecer nuevos espacios para la discusión y la toma de decisiones. Esta nueva organización para la temática del medio ambiente, y en particular lo concerniente al calentamiento global, es el tema que se desarrolla a continuación.

ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL

Sin lugar a dudas, la mayor organización internacional que se ha logrado establecer para la cooperación de las naciones es la Organización de las Naciones Unidas (ONU). Aunque se estableció con objetivos muy específicos relacionados con la paz mundial, hacia fines de la Segunda Gran Guerra, sus ámbitos de acción se han ampliado considerablemente en áreas tan importantes como los derechos humanos, la justicia, la educación, el trabajo, el desarrollo, y desde 1972 el medio ambiente, con la conferencia de las Naciones Unidas sobre desarrollo humano, y la formalización a nivel estructural en 1985, por

medio de la creación de la Comisión de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo (Comisión Brundtland).

La estructura orgánica de la Organización está compuesta por la Asamblea General, su principal órgano político, cuya función es proveer la agenda y las directrices para los gobiernos integrantes del sistema de Naciones Unidas. Cuenta con tres consejos especializados; el Consejo Económico y Social (Ecosoc) que se ocupa de los asuntos relacionados con los temas del desarrollo económico y social, el Consejo de Seguridad, encargado de solucionar conflictos que alteren la seguridad mundial, y el Consejo de Administración Fiduciaria, cuyos objetivos son lograr la libre determinación o la independencia en los territorios que aún no son autónomos. Un órgano administrativo, la Secretaría General, que se encarga de la labor cotidiana y presta servicios a los demás órganos principales, además de administrar los programas y las políticas que éstos elaboran. La justicia está a cargo de la Corte Internacional de Justicia, que debe resolver controversias jurídicas entre los Estados Partes y emitir opiniones consultivas para las Naciones Unidas y sus organizaciones especializadas.

A la par de estos órganos se encuentran las agencias especializadas, los órganos subsidiarios y las agencias conexas, que en sus respectivos roles y áreas de acción incluyen algunos aspectos medioambientales; de las 16 agencias especializadas sólo algunas cumplen con funciones de protección al medio ambiente, FAO, IBRD, OIT, OMI, UNESCO, ONUDI, OMS y OMM.¹⁵

¹⁵Organización Internacional del Trabajo (OIT), Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO), Organización Mundial de la Salud (OMS), ver también Organización Panamericana de la Salud (OPS), Banco Mundial (BM), Fondo Monetario Internacional (FMI), Organización de la Aviación Civil Internacional (OACI), Unión Postal Universal

Entre los órganos subsidiarios se encuentran el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y la Comisión para el Desarrollo Sustentable (CDS), que son establecidos especialmente para ocuparse del medio ambiente internacional y se crean después de las conferencias de 1972, en el caso del PNUMA y de 1992 (Conferencia sobre Medio Ambiente y Desarrollo), en el caso del CDS. A nivel de agencias conexas se encuentra el FMAM (Fondo para el Medio Ambiente Mundial), específica para el medio ambiente, y la Agencia Internacional de Energía Atómica, que se asocia con la ONU pero como organización intergubernamental independiente; esta agencia estableció dos importantes convenciones internacionales después de los incidentes de Chernobil en 1986, y se preocupa por la utilización de la energía nuclear y la protección medioambiental.

PNUMA

El Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) fue establecido como un órgano subsidiario de la Asamblea General de la ONU, y es el primero en importancia dentro del sistema de Naciones Unidas para la protección del medio ambiente. Se crea para ser la primera autoridad ambiental mundial que establezca las actividades mundiales en pro del medio ambiente; debe promover la aplicación coherente de los aspectos ambientales del desarrollo sostenible en el sistema de

(UPU), Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), Organización Meteorológica Mundial (OMM), Organización Marítima Internacional (OMI), Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (OMPI), Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola (FIDA), Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI), Asociación Internacional para el Desarrollo (ICAO), Corporación Financiera Internacional (IFC) (Iwama, 2004).

la ONU, y actuar como defensor autorizado del medio ambiente a nivel mundial. Se deriva de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente de 1972 y del Informe del Club de Roma y del Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT): *Los límites del crecimiento*, en donde ya se manifiesta la preocupación internacional:

Hoy en día, la capacidad del hombre de transformar lo que lo rodea, utilizada con discernimiento, puede llevar a todos los pueblos los beneficios del desarrollo y ofrecerles la oportunidad de ennoblecer su existencia. Aplicado erróneamente o imprudentemente, el mismo poder puede causar daños incalculables al ser humano y a su medio. A nuestro alrededor vemos multiplicarse las pruebas del daño causado por el hombre en muchas regiones de la Tierra: niveles peligrosos de contaminación del agua, el aire, la tierra y los seres vivos; grandes trastornos del equilibrio ecológico de la biosfera; destrucción y agotamiento de recursos insustituibles y graves deficiencias, nocivas para la salud física, mental y social del hombre, en el medio por él creado, especialmente en aquel en que vive y trabaja (Conferencia de la ONU sobre el Medio Ambiente, Estocolmo, 1972).

En su estructura se compone por un Consejo de Administración con 58 miembros elegidos por la Asamblea General, con un presidente ejecutivo, tres vicepresidentes y un relator. Entre sus objetivos básicos se señalan:

- a) Analizar el estado del medio ambiente mundial y evaluar las tendencias ambientales mundiales y regionales, prestar asesoramiento normativo, facilitar pronta información sobre amenazas ambientales y catalizar y promover la cooperación

- y las actividades internacionales, basándose en los conocimientos científicos y técnicos más avanzados;
- b) Fomentar el desarrollo del régimen jurídico ambiental internacional con miras al desarrollo sostenible;
 - c) Promover la aplicación de normas y políticas internacionales acordadas, controlar y fomentar el cumplimiento de los acuerdos internacionales y los principios ambientales y alentar la cooperación para hacer frente a los nuevos problemas ambientales;
 - d) Fortalecer su función de coordinación de las actividades del sistema de las NU en la esfera del medio ambiente, así como su función de organismo de ejecución del Fondo para el Medio Ambiente Mundial;
 - e) Promover el aumento de la conciencia pública y facilitar la cooperación eficaz entre todos los sectores de la sociedad y las entidades que participen en la aplicación de las actividades internacionales en pro del medio ambiente, y actuar como vínculo eficaz entre los círculos científicos y los encargados de la adopción de decisiones en los planos nacional e internacional;
 - f) Prestar servicios de asesoramiento y para la elaboración de políticas generales a los gobiernos y a las instituciones pertinentes en áreas clave del desarrollo de las instituciones.

El PNUMA se ha convertido en una instancia internacional fundamental en el logro de acuerdos y convenios para la protección del medio ambiente. Su participación como patrocinador de las negociaciones internacionales es notoria. Fue el promotor y conductor de las negociaciones de la Convención de Viena de 1985 para la protección de la capa de ozono, del Protocolo de Montreal de 1987 sobre sustancias que afectan la capa de ozono, y del Convenio de Basilea de 1989 sobre el control de los movimientos transfronterizos de los desechos peligrosos y

su eliminación. Otros avances importantes se lograron con la preparación de la Conferencia de Naciones Unidas sobre Medio Ambiente en Río de Janeiro, 1992; patrocinaron conjuntamente con la OMI, el Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC) para la negociación de un régimen del clima, que culmina con la adopción de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático (UNFCCC) de 1994.

CDS

La Convención para el Desarrollo Sustentable (CDS) es un órgano subsidiario del Consejo Económico y Social, compuesto por 53 miembros elegidos por la Asamblea General para dar seguimiento a la implementación de los documentos de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo (UNCED, 1992): la Declaración de Río (los Derechos de la Tierra), la Agenda 21, la Conservación sobre la Diversidad Biológica, la Convención Marco sobre el Cambio Climático y la Declaración de principios sobre los Bosques.

Se ha criticado la creación de algunas de estas instituciones por parte de investigadores que consideran que a pesar de que amplían el espectro de organismos que se interesan y ocupan de la protección del medio ambiente, también han contribuido a disminuir la autoridad del PNUMA en el área de la cooperación internacional para el medio ambiente (Iwama, 2004).

FMAM

El Fondo para el Medio Ambiente Mundial (FMMA) se crea en 1991 para proveer fondos en proyectos relacionados con

las siguientes seis áreas: biodiversidad, cambio climático, aguas internacionales, degradación de la tierra, la capa de ozono y los contaminantes orgánicos persistentes. Hoy en día, es la mayor fuente de financiación de proyectos destinados a mejorar el medio ambiente mundial. Ha proporcionado cofinanciación para más de 2 mil proyectos en más de 165 países, con montos cercanos a los 40 mil millones de dólares. Los organismos encargados de su implementación son el Banco Mundial, el PNUMA y el Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD).

ANTECEDENTES Y ACUERDOS PARA CONTROLAR EL CAMBIO CLIMÁTICO

Con los antecedentes que hemos señalado se constata que la preocupación internacional por problemas relacionados con la contaminación y las afectaciones antropogénicas al planeta se remontan a varias décadas atrás. Los primeros acuerdos se lograron para controlar la lluvia ácida y el deterioro de la capa de ozono, con algunos acuerdos intermedios que propiciaron los estudios científicos para homogeneizar las diferentes posiciones al respecto, por parte de importantes sectores sociales que empezaron a preocuparse por el tema. Para el caso del calentamiento global los primeros antecedentes para el desarrollo de normas y regulaciones fueron suministrados por la Conferencia de Río de 1992 sobre medio ambiente o Cumbre de la Tierra, que marcó un hito por su gran difusión, participación masiva de gobiernos y sociedad civil,¹⁶ y por lo que finalmente se obtuvo

¹⁶ Participaron 172 gobiernos, entre ellos 108 cabezas de Estado o de Gobierno y unos 2,400 representantes de organizaciones no gubernamentales (ONG), y otros 17 mil representantes en el Foro Consultivo, paralelo a la Cumbre.

de ella, el gran compromiso de la humanidad con el medio ambiente y, lo que es aún más importante, los vínculos entre la protección del mismo y el desarrollo económico.

Ya desde fines de los años ochenta, en el documento “Nuestro Futuro Común”,¹⁷ elaborado por una comisión encabezada por la doctora Gro Harlem Brundtland, se establecía esta relación, medio ambiente-desarrollo por medio del término “desarrollo sostenible” (o desarrollo sustentable), definido como: “Satisfacer las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer las posibilidades de las del futuro para atender sus propias necesidades”. Esta definición se adoptó en la Cumbre de la Tierra en Río y, a partir de ahí, fue adoptada masivamente por la sociedad. Sin embargo, el concepto se amplía. Ahora el desarrollo sustentable vincula los derechos de la naturaleza a ser preservada y el derecho al desarrollo del ser humano, respetando a la naturaleza; en este nuevo modelo también se incorpora la justicia social y la erradicación de la pobreza como principio fundamental del desarrollo sostenible.

Documentos fundamentales

Durante la Cumbre de Río se elaboraron varios instrumentos, uno de ellos considerado como el gran rector de la política ambiental a nivel mundial, conocido como “La Agenda 21”, un programa de acciones para lograr el desarrollo sostenible. Incluye dimensiones sociales y económicas en donde se destacan las propuestas de lucha contra la pobreza; la dimensión de conservación y gestión de los recursos para el desarrollo, como

¹⁷ Este documento fue presentado en el marco de la Conferencia de las Naciones Unidas de 1987 y recoge las conclusiones de la Conferencia de Estocolmo sobre el Medio Humano, realizada en 1972 con la participación de 113 naciones.

son la tierra, el aire, el agua, la biodiversidad, entre otros, la dimensión del fortalecimiento de los grupos principales, en referencia a las mujeres, los niños y los jóvenes, los trabajadores, la comunidad científica, los agricultores; y los medios de ejecución, tales como los recursos, la cooperación internacional, la transferencia de tecnología y la educación, entre otros.

Otro de los instrumentos fundamentales se refiere al tema del calentamiento global, “La Convención Marco sobre Cambio Climático”, con la cual todos los países participantes establecieron de manera oficial el acuerdo de que “el clima está cambiando a causa de las actividades humanas que aumentan la concentración de gases de invernadero en la atmósfera, especialmente el CO₂”. Esta instancia es la que a partir de la Cumbre se va a ocupar de establecer las normas jurídicas internacionales para controlar las emisiones y de regular, de alguna manera, la cantidad de emisiones permisibles para los países desarrollados; recordemos que las emisiones de CO₂ se deben en gran parte a la utilización de combustibles fósiles, unos recursos productores de energías fundamentales para el crecimiento económico. La labor de la Convención es, además de vital, de gran dificultad por las implicaciones que puede tener el control de las emisiones para algunas economías desarrolladas que, incluso, aún no se adhieren a algunos de sus principales instrumentos.

En su objetivo último se definen estos alcances:

...Lograr la estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera a un nivel que impida interferencias antropógenas peligrosas en el sistema climático. Ese nivel debería lograrse en un plazo suficiente para permitir que los ecosistemas se adapten naturalmente al cambio climá-

tico, asegurar que la producción de alimentos no se vea amenazada y permitir que el desarrollo económico PROSIGA de manera sostenible (Conferencia Marco..., 1992).

La meta inicial de la Conferencia es regresar a los niveles de emisiones de 1990, ya sea de manera individual o colectiva.

Estructura y funciones de la Conferencia

La Conferencia Marco tiene como principal órgano de decisión y ejecución a la Conferencia de las Partes, a ésta se le encarga la aplicación de la Convención y de todo instrumento jurídico que se adopte bajo su jurisdicción, además de promover la aplicación eficaz de la misma; la Conferencia cuenta con una secretaría, un órgano de asesoramiento científico y tecnológico y un órgano de ejecución para apoyarse en el cumplimiento de sus funciones. Los compromisos que adquieren las Partes son de diversa índole, entre ellos se comprometen a ejercer las siguientes funciones:

– Monitoreo

Inventario de las emisiones antropógenas y de la absorción por los sumideros.

– Planeación

Formular programas nacionales y regionales que contengan medidas orientadas a mitigar el cambio climático, los cuales deben aplicarse a la vez que se difunden y actualizan regularmente.

Incorporar el tema del cambio climático en las políticas económicas y sociales nacionales y regionales.

– Desarrollo y tecnología

Promover y apoyar la aplicación y la difusión de tecnologías (incluida la transferencia), prácticas y procesos que controlen, reduzcan o prevengan las emisiones.

Promover y reforzar los sumideros y depósitos de gases de efecto invernadero.

Desarrollar la investigación científica, tecnológica, técnica, socioeconómica y de otra índole, la observación sistemática y el establecimiento de archivos de datos relativos al sistema climático.

– Prevención

Aplicar métodos apropiados para evaluar los impactos del cambio climático y los efectos adversos en la economía, la salud pública y la calidad del medio ambiente.

Trabajar para aminorar los impactos del cambio climático para las zonas costeras, los recursos hídricos y la agricultura.

– Divulgación

Promover y apoyar el intercambio de información científica, tecnológica, técnica, socioeconómica y jurídica sobre el sistema y el cambio climático.

Promover la educación, la capacitación y la sensibilización del público y de las organizaciones no gubernamentales respecto del cambio climático y estimular su participación para la prevención y reducción de las emisiones.

– Información

Cada una de las Partes debe suministrar a la Conferencia un inventario nacional, una descripción detallada de las políticas y medidas que haya adoptado, así como una estimación concreta de los efectos que tendrán estas políticas y medidas. El suministro de información debe hacerse con base en metodologías promovidas y aprobadas por la Conferencia de las Partes.

Los compromisos financieros

Las características de la problemática del calentamiento lo convierten en un problema global, con afectaciones para la totalidad de la humanidad. Por estar en gran manera relacionado con el desarrollo, son los países industrializados los que proporcionan mayores emisiones antropógenas a la atmósfera; de igual manera, algunos países que se encuentran en fases avanzadas de su recorrido hacia el desarrollo (China, India, Brasil). Entre estas economías se suscriben compromisos financieros que buscan al final de cuentas reducir las emisiones globales. Los compromisos financieros, por lo tanto, provienen de la necesidad de las Partes que son países en desarrollo, que requieren de los apoyos financieros y tecnológicos de las Partes desarrolladas para cumplir con las metas y compromisos que adquieren en el marco de la Conferencia.

La Conferencia estableció un mecanismo financiero para el suministro de los recursos cuyo funcionamiento quedó a cargo de entidades internacionales. Ésta debe conciliar sus decisiones con la Conferencia de las Partes, de acuerdo con los compromisos y objetivos asumidos por los países.

La Conferencia la integran Estados y organizaciones de integración económica regional, y puede ser ampliado o modificado por Protocolos, éste es el caso del Protocolo de Kioto que se aprobó en la tercera reunión de la Convención, 1997, y se ha convertido en uno de los instrumentos internacionales de mayor importancia para la problemática medioambiental. La importancia de este espacio de negociaciones y de acuerdos internacionales fue de tal magnitud que ameritó la constitución de otros órganos conexos como la Convención para el

Desarrollo Sustentable (CDS), reseñada con anterioridad, y que para algunos ha disminuido la influencia de instancias tan importantes como el PNUMA.

Dos años después de su aprobación, la Conferencia entró en vigor (1994); hacia fines del año 2007 ya la habían ratificado 192 Estados.¹⁸ Éstos operan en grupos especiales. Tradicionalmente en la ONU se constituyen cinco grupos: África, Asia, Europa Oriental, América Latina y el Caribe, Europa Occidental y Otros Estados (Australia, Canadá, Islandia, Nueva Zelanda, Noruega, Suiza y los Estados Unidos); estos grupos ya definidos, no excluyen la posibilidad de que los Estados constituyan otros grupos alternos para su participación, son los casos de el Grupo de los 77, la Alianza de los Pequeños Estados Insulares (43), los Países menos Adelantados (49), los 27 miembros de la Unión Europea (UE), el Grupo Juscannz, que es un acrónimo de Japón, Estados Unidos, Suiza, Canadá, Australia, Noruega y Nueva Zelanda, y el *Grupo de Integridad Ambiental* (GIE) que es una coalición formada recientemente por México, la República de Corea y Suiza. Otros grupos son la Organización de Países Productores de Petróleo (OPEP), la Liga de Estados Árabes, un grupo de países de Asia Central, el Cáucaso, Albania y Moldova (ACCM), y la Agencia Intergubernamental de la Francofonía.

¹⁸La Convención divide a los países en tres grupos, de acuerdo con diferentes compromisos. En el Anexo I se incluyen los países de la Organización para la Cooperación Económica y el Desarrollo Económico (OCDE), además de los países con economías en transición; en el Anexo II se incluyen solamente los países de la OCDE, pero no con economías en transición. La tercera clasificación se denomina No-Partes del Anexo I y lo integran países en desarrollo; dentro de ésta hay una denominación especial para los Países Menos Adelantados (PMA), que son un total de 49.

CUADRO 5
EVOLUCIÓN DE LAS ESTRUCTURAS INSTITUCIONALES
Y NORMATIVAS INTERNACIONALES SOBRE MEDIO AMBIENTE

1948	Fundación de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza
1957	Declaración del año geofísico internacional
1969	Congreso Founex
1972	Reporte del Club de Roma sobre los límites del crecimiento. Meadows-MIT
1985	Creación de la Comisión de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo (Comisión Brundtland)
	Convenio de Viena para la protección de la capa de ozono
1986	Programa “Global Change” del Consejo Internacional de Uniones Científicas para estudiar las interrelaciones geosfera-biosfera
1987	Reporte “Nuestro Futuro Común” de la Comisión Brundtland
	Protocolo de Helsinki para la reducción de emisiones de azufres y sus efectos transfronterizos
	Protocolo de Montreal sobre sustancias que destruyen la capa de ozono
1988	Protocolo de Sofía concerniente a las emisiones de óxidos de nitrógeno y sus efectos transfronterizos
	Panel intergubernamental sobre cambio climático (IPCC)
1989	“Nuestra propia agenda”, BID/PNUD
	Convenio de Basilea sobre el control de los movimientos transfronterizos de los desechos peligrosos y su eliminación
1990	Moratoria en la caza comercial de ballenas
1991	Global Enviromental Facility. ONU/BM
1992	Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo Río de Janeiro
	Declaración sobre medio Ambiente y Desarrollo
	Convenio Marco sobre diversidad biológica
	Convenio Marco sobre Cambio Climático
	Principios para un consenso mundial de la ordenación, conservación y desarrollo sustentable de los bosques
1993	Comisión de desarrollo sustentable
	Libro verde sobre reparación del daño ecológico
1994	Convención Marco de las Naciones Unidas
1997	Comisión de desarrollo sustentable. Nueva York. Río + 5
	Protocolo de Kioto
1998	El PNUMA y OMN crean el Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC) para evaluar el estado del conocimiento existente sobre el sistema climático; sus impactos sobre el ambiente, la economía y la sociedad, y las posibles estrategias de respuesta

2000	Protocolo de Cartagena sobre protección de riesgos biotecnológicos Libro blanco sobre responsabilidad ambiental
2002	Johannesburgo. Río + 10
2008-2012	Primer periodo de compromiso: los países industrializados deben reducir 5 % de los gases causantes del efecto invernadero, que generaban en 1990

Fuente: Gil, 2007.

Uno de los avances más importantes de la Convención se llevó a cabo en Kioto, Japón, durante la Conferencia de las Partes en 1997; en este evento se suscribió el conocido “Protocolo de Kioto” sobre calentamiento global.

EL PROTOCOLO DE KIOTO

Este instrumento se concibió como un complemento a la Convención Marco sobre Cambio Climático para determinar los compromisos concretos de reducción de emisiones de gases con efecto invernadero (GEI) de los países desarrollados; hoy en día es el mayor logro en materia de negociaciones internacionales de los Estados para disminuir los riesgos del calentamiento global y sus afectaciones al planeta. El acuerdo establece que los países desarrollados deben reducir sus emisiones de GEI en un 5 por ciento entre los años 2008 y 2012, en relación con las emisiones del año 1990. Para su entrada en vigor, debía ser ratificado mínimo por 55 países desarrollados cuyas emisiones de GEI sumaran el 55 por ciento del total. En febrero del año 2005 el Protocolo entró en vigor. Hoy en día cuenta con 128 países que lo han ratificado.

Las Partes participantes en el Protocolo tienen responsabilidades comunes pero diferenciadas:

Países Anexo I (desarrollados):

Tienen que reducir sus emisiones de GEI de manera absoluta.

Países No Anexo I (en desarrollo), incluyendo México:

No tienen compromisos cuantitativos;

Deben formular inventarios e implementar programas de mitigación de emisiones;

Tienen la oportunidad de aprovechar el mercado de reducción de emisiones.

El Protocolo estableció tres *mecanismos de mercado* para impulsar la reducción de emisiones a través de instrumentos que involucran a los 35 países desarrollados y a la Comunidad Europea; adicionalmente, cada país tiene autonomía para incorporar otros programas y medidas para alcanzar sus metas a nivel nacional. Los mecanismos comunes son *el comercio de emisiones, los mecanismos de desarrollo limpio, y la aplicación conjunta*. También existen varios tipos de registros e informes que deben enviar los países signatarios a los órganos rectores del Protocolo para cumplir con sus compromisos; en caso de no cumplirlos pueden ser notificados como no autorizados para participar en los mecanismos de mercado.

De acuerdo con el tipo de mecanismo, éste puede ser aplicado entre países desarrollados y/o países en desarrollo. Para la aplicación entre países desarrollados (incluye a los países en transición) se crearon los mecanismos de aplicación conjunta y el comercio de derechos de emisión. El mecanismo de desarrollo limpio (MDL) se creó para aplicarse entre países industrializados y países en desarrollo.

*Mecanismos vinculantes
para Partes desarrolladas y Partes en desarrollo*

Mecanismo de desarrollo limpio (MDL)

Definido en el artículo 12 del Protocolo, establece acuerdos entre países industrializados y países en desarrollo. El objetivo de este mecanismo es, por un lado, ayudar a las Partes industrializadas a cumplir con sus compromisos de reducciones y, por el otro, a los países en desarrollo a lograr un desarrollo sostenible y a cumplir con los objetivos generales (mundiales) de reducción del calentamiento global.

Las Partes que apliquen este mecanismo podrán utilizar las reducciones certificadas de emisiones resultantes de los proyectos para sumarlas a sus metas individuales de reducciones en el Protocolo. Estos mecanismos son de “desarrollo limpio” porque son proyectos que no generan emisiones de CO₂ peligrosas para el planeta, pero sí contribuyen con el crecimiento económico de los países.

Los proyectos de MDL pueden orientarse en dos direcciones: evitar emisiones de gases de invernadero, por medio de energías renovables, eficiencia energética, cambio de combustibles y otros; y capturar carbono (sumideros),¹⁹ por medio de la fotosíntesis en el sector forestal, secuestro geológico, etcétera.

Los Certificados de Reducción de Emisiones se obtienen por medio de proyectos de MDL en diferentes categorías: industria energética, manufacturera, química, en la construcción, el transporte, la producción mineral y metalúrgica, disposición y manejo de desechos, uso de solventes, forestación y reforestación, y agricultura, entre otras.

¹⁹ Sumidero se considera a cualquier proceso, mecanismo o actividad que absorbe un gas de efecto invernadero, un aerosol o un precursor de un gas de efecto invernadero de la atmósfera.

*Mecanismos vinculantes
entre Partes desarrolladas
(incluye economías en transición)*

La aplicación conjunta (AC)

Este mecanismo se establece en el artículo 6 del Protocolo y se aplica a los países del Anexo I (los países industrializados —OCDE— y las economías en transición). Consiste en un intercambio de reducción de emisiones. Mediante la “aplicación conjunta” alguna de las Partes puede implementar un proyecto para reducir las emisiones de CO₂ en otra Parte; esta última recibe los beneficios de la inversión y la tecnología, mientras que la Parte ejecutante las puede sumar a sus compromisos individuales en el Protocolo. La Parte que recibe el beneficio (proyecto) no las puede sumar a sus compromisos individuales adquiridos en el Protocolo.

Comercio de derechos de emisión

Este mecanismo se regula por medio del artículo 17 del Protocolo y permite comercializar las emisiones de CO₂ entre las Partes integrantes del Anexo B.²⁰ También se le denomina el “mercado del carbono”, puesto que el carbono emitido a la atmósfera adquiere un valor económico, que puede ser intercambiado como cualquier otra mercancía entre los participantes del mercado, esto es, todos aquellos agentes que adquieren permisos individuales para emitir el monto permitido (normalmente igual a una tonelada de contaminación).

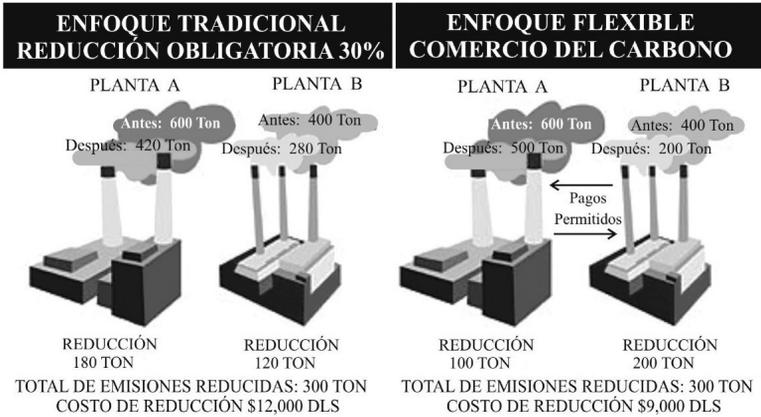
²⁰ El Protocolo cuenta con dos anexos. El Anexo A, en donde se señalan los gases con efecto invernadero y las fuentes; y el Anexo B, en donde se incluyen las Partes (países industrializados y los países con economías en transición), y sus compromisos de reducciones. <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpspan.pdf>

Debido a que el tope de emisiones restringe la cantidad de contaminación permitida, los permisos que adquiere una empresa para contaminar tienen valor económico. Las empresas son libres de comprar y vender permisos a fin de seguir operando en la forma más rentable de que dispongan. Por lo tanto, aquellas que son capaces de reducir las emisiones a bajo costo pueden vender los montos sobrantes o no utilizados de sus permisos a las empresas que se enfrentan a altos costos por reducir los propios (que por lo general prefieren comprar licencias y no hacer costosas reducciones propias).

El modelo del sistema fue tomado por la Unión Europea de la Ley de los Estados Unidos sobre Aire Limpio y sus enmiendas de 1990, en donde se establece por primera vez un sistema de comercio para reducir las emisiones de dióxido de azufre, principal causa de la lluvia ácida.

Para un ejemplo sencillo, Mathers y Manion suponen que operan sólo dos centrales eléctricas. La Planta A emite 600 toneladas de CO_2 cada año, y la Planta B emite 400 toneladas, para un total de mil toneladas. El ente regulador establece un tope de emisiones en 700 toneladas por año. De acuerdo con los topes establecidos, la Planta A tendría que reducir en un 30 por ciento sus emisiones, es decir, un total de 180 toneladas, y la Planta B en 120 toneladas (30 por ciento). De acuerdo con los costos que involucran la eficiencia y la tecnología de combustión utilizada, a la Planta A le cuesta la reducción 50 dólares por tonelada, mientras que a la Planta B le cuesta 25 dólares. El costo total es de 12 mil dólares.

GRÁFICA 11
 COMERCIO DE DERECHOS DE EMISIÓN
 (Ejemplo para dos industrias)



Fuente: Manion y Mathers, 2005.

El intercambio del sistema de comercio les permite a estas dos plantas buscar la opción más económica para reducir sus emisiones. Inicialmente, la Planta B es capaz de reducir sus emisiones a un costo inferior al de la Planta A, por lo que puede vender los permisos para la Planta A. Sin embargo, para la Planta B es cada vez más costoso incrementar el monto de sus reducciones (costo total), por lo tanto, ambas plantas deben buscar el punto de equilibrio para que el costo de reducir una tonelada adicional de la contaminación sea igual. En el ejemplo ofrecido por los autores, el punto de equilibrio se logra con una reducción de 100 toneladas en la Planta A y de 200 toneladas en la Planta B. Se calculó un costo total de 9 mil dólares con un ahorro de 25 por ciento en comparación con el enfoque tradicional. Conjuntamente las dos plantas son capaces de llegar a la meta de reducción de emisiones establecida, pero a un costo más bajo (Manion y Mathers, 2005).

ALGUNOS CUESTIONAMIENTOS AL COMERCIO DEL CARBONO

Las críticas a estos sistemas de comercialización no se han hecho esperar. Mientras que para algunos representan un mecanismo propio del modelo neoliberal de libre mercado, para otros resulta más efectiva que un impuesto. Los primeros sostienen que no contempla para nada la solución al problema del calentamiento global puesto que no combate la producción de CO₂, sino que la vuelve rentable para algunos actores; los defensores afirman que es mucho más efectivo que un impuesto ya que por lo menos garantiza el cumplimiento con las metas de reducciones, mientras que un impuesto las penaliza pero no las evita.

Otros de los cuestionamientos se refieren a las contradicciones de las propias organizaciones internacionales como el Banco Mundial (BM), acusado de promover ampliamente la industria de los combustibles fósiles en detrimento de los proyectos de energía renovable y de reducción del carbono. Esta contradicción se refuerza considerando que fue el promotor del Fondo Prototipo de Carbono (PCF, por su sigla en inglés) hacia fines de los años noventa. Los proyectos que financian los PCF se aplican a los instrumentos de los MDL y de aplicación conjunta; el PCF fue lanzado en el año 2000 con contribuciones de Finlandia, Holanda, Noruega, Suecia y una serie de compañías y casas comerciales japonesas.

Para el año 2005, el Banco es señalado como una de las principales organizaciones promotoras de proyectos para la industria del combustible fósil. Mientras que aprobaba fondos por 2,500 millones de dólares para proyectos de este tipo en el 2003, la capitalización combinada de los seis fondos administrados por el Banco a partir de mayo de 2004, ascendía a

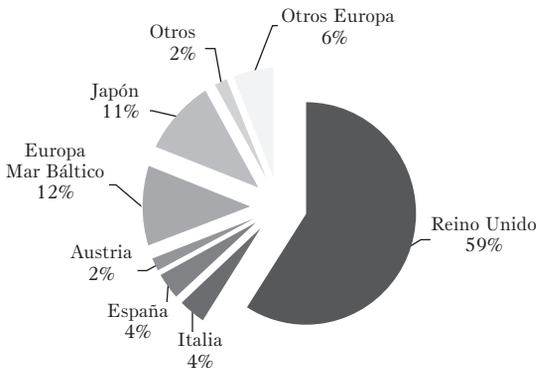
410 millones de dólares. Así, la cifra total que los fondos de carbono del Banco podría colocar en proyectos que “reducen” los gases de efecto invernadero durante un periodo de siete años, sería aproximadamente el 20 por ciento del financiamiento anual del Banco Mundial para proyectos de combustible fósil que producen gases de efecto invernadero (Sinkswatch y Pearson, 2005).

Otra contradicción en la que incurre el BM es la de recibir fondos de inversionistas para el PCF y a la vez suministrarles financiamientos para proyectos de combustible fósil. Las contribuciones de las empresas Mitsui, BP, Mitsubishi, Deutsche Bank, Gaz de France, RWE y Statoil a los proyectos del mercado de carbono en 1999-2004 fueron de 45 millones de dólares. El apoyo que recibieron del Banco Mundial para proyectos de combustible fósil en 1992-2002 ascendió a 3,834 millones de dólares. Incluso, se señala, que en muchos casos los inversionistas del PCF reciben créditos de reducción de emisiones de proyectos en países en los que están simultáneamente llevando a cabo proyectos de combustible fósil apoyados por el Banco (Pearson y Sinkswatch, 2005).

Por su parte, el Banco Mundial, presentó cifras y balances muy alentadores durante la celebración de la Expocarboneo en Alemania, 2007. Asegura que el mercado se triplicó en un año, pasando de 10 mil millones de dólares en el año 2005 a 30 mil millones para el 2006. Las principales transacciones del mercado fueron la venta y reventa de derechos de emisión de la Unión Europea, por un monto aproximado de 25 mil millones de dólares. El mercado de transacciones basadas en proyectos en países en desarrollo y en países con economías en transición alcanzó rápidamente los 5 mil millones de dólares en 2006, es decir, más del doble que el año anterior (BM, 2007).

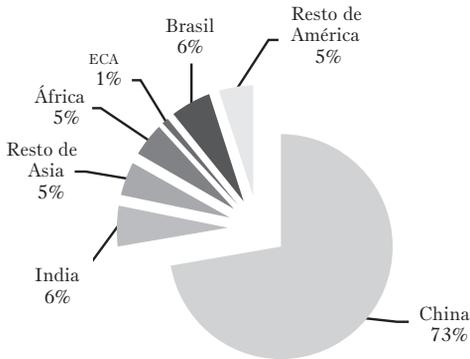
En la publicación, el Banco asegura que las transacciones llevadas a cabo con los países en desarrollo son vitales para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. El mundo en desarrollo ha comercializado mil millones de toneladas de unidades de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y se espera que antes del 2012 aporte al mercado otros mil millones de toneladas. Estos mil millones son la mitad de las toneladas que en conjunto necesitan reducir Japón y la Unión Europea, entre el 2007 y el 2012, año término del compromiso de Kioto. Por lo tanto, se considera que éste es un incentivo para que los países modifiquen sus políticas en materia de cambio climático, ya que la buena calidad de las reducciones que ofrecen los países en desarrollo puede ayudarles a disminuir sus emisiones de una manera mucho más eficiente en términos financieros (BM, 2007).

GRÁFICA 12
PRINCIPALES COMPRADORES —MECANISMOS: MDL Y AC—
(Como porcentaje de los volúmenes vendidos hasta el 2012)



Europa Mar Báltico (Finlandia, Suecia, Noruega, Alemania, Dinamarca e Islandia).
Otros Europa (Bélgica, Francia, Grecia, Luxemburgo, Portugal y Suiza).
Otros (compradores ubicados en Europa; incluye compradores sin verificar su origen).
Fuente: Banco Mundial, 2007.

GRÁFICA 13
LOCALIZACIÓN DE LOS PROYECTOS DEL MDL



Fuente: Banco Mundial, 2007.

Se puede observar en la gráfica 13 que China es en la actualidad el principal receptor de las inversiones en el mercado del carbono. Casualmente, es también este país el segundo gran emisor, después de Estados Unidos, de gases con efecto invernadero por su alto consumo de combustibles fósiles. Ya se comentó en este mismo trabajo la gran celeridad con la que inicia nuevos proyectos para la construcción de plantas de carbón. Parece entonces que estamos ante un mecanismo que en algunos casos puede ser de gran utilidad para reducir emisiones, pero en otros casos es aberrante, puesto que premia con una gran afluencia de inversiones a un país que responde con unos niveles cada vez mayores de contaminación y riesgos para el planeta.

El Protocolo de Kioto sobre cambio climático, de 1997, no obliga a China a reducir sus emisiones, por tratarse de un país en desarrollo. A pesar de haberse sumando al Protocolo, continúan con sus proyectos de crecimiento, las cifras superan pronósticos de 500 plantas de generación de energía por medio

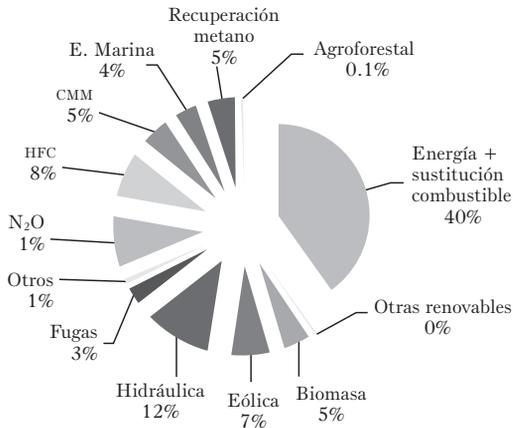
del carbón antes del 2012, cuando finalice la primera fase del Protocolo de Kioto. China produce 70 por ciento de su energía con carbón; esto genera cada año unos 19 millones de toneladas de dióxido sulfúrico (Estados Unidos produce 11 millones anuales de esta sustancia), causante de lluvia ácida (Bezlova, 2005). Se calcula que en tres décadas superará a Estados Unidos como el mayor emisor mundial de gases de invernadero.

LOS ESFUERZOS DE LOS LEGISLADORES

Hacia fines de los años ochenta, un grupo parlamentario de los Estados Unidos se unió al Parlamento Europeo para constituir un grupo interpalamentario que ofreciera alternativas a los problemas medioambientales; este grupo se constituyó en 1989 con el nombre de Globe Internacional. El objetivo de estos parlamentarios fue proveer un espacio a los legisladores de todo el mundo para que discutieran y promovieran medidas y acciones sin la presión propia de las negociaciones formales de las posiciones gubernamentales; estas acciones serían fundamentales para la promoción de leyes en un plano tanto nacional como internacional.

Globe ha propiciado avances importantes en materia medioambiental; instó a las Partes en el Convenio de Basilea para prohibir todas las exportaciones de desechos tóxicos de los países de la OCDE a los países fuera de ella. También son importantes sus logros posteriores a la Convención sobre el Cambio Climático para reducir las emisiones de dióxido de carbono; para prohibir los residuos radiactivos en el mar, y colaboró en la redacción del Protocolo de Protección Ambiental del Tratado Antártico. Actualmente, la institución promueve el diálogo entre

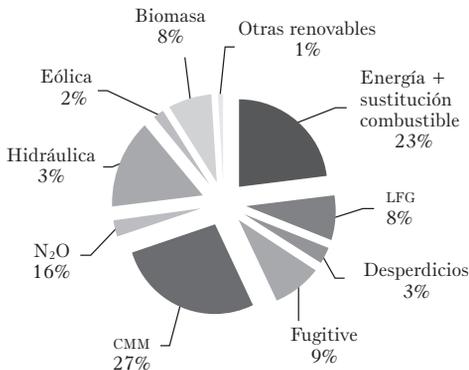
GRÁFICA 14
 TIPOS DE PROYECTOS DE MDL
 (Como porcentaje del volumen negociado en 2007)



N₂O—Óxido Nitroso; LFG (Recuperación de metano); CMM (Metano en las Minas de Carbón); HFC (Hidrofluorocarburos —sustitutos de los clorofluorocarburos—).

Fuente: Banco Mundial, 2007.

GRÁFICA 15
 TIPOS DE PROYECTOS DE AC
 (Como porcentaje del volumen negociado en 2007)



N₂O—Óxido Nitroso; LFG (Recuperación de metano); CMM (Metano en las Minas de Carbón).

Fuente: Banco Mundial, 2007.

el Grupo de los 8 (G-8) + 5²¹ países para lograr un acuerdo sobre cambio climático después del 2012, año de la culminación de los compromisos del Protocolo de Kioto. Así mismo lanzó el diálogo al interior del G-8 para lograr acuerdos sobre la tala ilegal.

Los miembros de Globe Internacional se reúnen cada año. En el año 2008 se reunieron en Japón y se entregó el primer documento de trabajo “Post Cambio Climático 2012” para ser negociada políticamente; esta propuesta se entregó al presidente del G-8, el primer ministro del Japón, Fukuda Jasuo.

La presidencia de la organización se rota entre sus miembros por un periodo de tres años, desde su fundación la han presidido los representantes de Estados Unidos, Japón, la Unión Europea y el Reino Unido, en ejercicio desde el 2005. La representación de los parlamentarios se realiza de manera individual o por medio de la inscripción de un grupo de parlamentarios que deben constituir un “Globe nacional”, con un mínimo de 10 legisladores.

México participó en la última reunión del Grupo, celebrada en Alemania, con ocho parlamentarios de diferentes corrientes políticas. Las propuestas de la delegación mexicana fueron la incorporación al texto final del documento entregado al G-8 de una alusión particular sobre la seguridad ambiental enfatizando que el cambio climático constituye una amenaza para la seguridad en todos sus niveles (humana, nacional e internacional); la incorporación del Principio de Responsabilidad Compartida, y algunas medidas consideradas fundamentales como el establecimiento de un impuesto al dióxido de carbono, refor-

²¹ Alemania, Canadá, Estados Unidos, Francia, Gran Bretaña, Italia, Japón y Rusia más las cinco economías emergentes de Brasil, China, India, México y Sudáfrica.

zar las leyes para regular y establecer mercados de intercambio de emisiones de cuotas, crear oficinas de gobierno que se encarguen del combate al cambio climático y establecer monitores ambientales.

Hacia fines del 2008 se llevó a cabo la primera reunión entre legisladores del G-8 + 5 y Globe Internacional en México, con la participación de legisladores de todo el continente americano, funcionarios federales de México, dirigentes de organismos nacionales e internacionales, que tuvo como objetivo discutir y acordar una agenda legislativa continental sobre los temas relacionados con el cambio climático y la seguridad energética, cambio en el uso de la tierra, alimentos y agricultura, así como el papel de las organizaciones internacionales. En esta sesión se realizó la creación de una oficina regional de Globe en América y la elección de la presidencia regional de Globe.

Los esfuerzos internacionales para establecer posiciones conjuntas, con información y estadísticas nacionales e internacionales, así como procedimientos estandarizados para medir las emisiones de CO₂ a la atmósfera, son unos de los principales avances con los que cuenta la comunidad internacional para el estudio de la problemática del calentamiento global.

Aunque apenas este año comenzó a aplicarse el Protocolo de Kioto, con metas de reducciones entre el 2008 y el 2012 de tan sólo el 5 por ciento de las emisiones, por parte de los países que lo han ratificado, se espera que para el periodo post 2012, las metas y países signatarios aumenten; actualmente se inició el trabajo del equipo que tiene a su cargo la elaboración de la propuesta con las metas y las reglas del juego futuras.

En el capítulo siguiente se introducen algunos aspectos importantes sobre la metodología para el estudio del cambio

climático y la manera en que se elaboran las predicciones sobre las posibles consecuencias de las alteraciones de la temperatura en el planeta. Posteriormente se revisan algunas de las posturas sobre las soluciones desde la perspectiva de importantes generadores de opinión, como pueden ser los líderes políticos, consultoras con amplia presencia internacional y representantes de la comunidad científica.

Capítulo 3

Las soluciones, responsables y funciones

El instrumento fundamental para predecir los cambios climáticos son los modelos de simulación (Modelos de Circulación General) por computadora de la superficie de la Tierra y sus procesos. Estos modelos funcionan con aplicación de movimientos a las variables clave, como por ejemplo una duplicación de CO₂ en la atmósfera, para ver qué sucede. Comenzaron a elaborarse a mediados de la década de los cincuenta; uno de los primeros fue el del japonés Syukuro Manabe. Este científico aportó en los años sesenta dos importantes avances en el estudio del cambio climático. Empezó a estudiar el aumento de temperatura si se producía una duplicación de CO₂ en la atmósfera, concluyendo que sería de 2°C (Weart, 2003). Para fines de los años sesenta, junto a Kirk Bryan, empieza a desarrollar un modelo que une los tres sistemas: atmósfera-océanos-superficie terrestre, con resultados muy positivos para estudiar la variabilidad del clima (Princeton, 2007).

Los modelos son ampliamente utilizados y hoy en día se cuenta con un gran número de ellos.²² La IPCC para la realización de sus estudios y predicciones utiliza varios de estos modelos. Las simulaciones se realizan con variables para la atmósfera como vientos, nubes, humedad y concentración de

²²En esta página se pueden encontrar varios de esto simuladores para el cálculo de los flujos del carbono: http://www.uach.cl/procarbono/cuantificacion_del_carbono.html. En la página: <http://www.climateprediction.net/>, se puede experimentar con modelos climáticos adaptados para computadoras personales.

gases; para los océanos se consideran las corrientes marinas, las temperaturas y la salinidad; y para las superficies terrestres y las marinas se incluyen las precipitaciones y en algunos casos la orografía. También se analiza la biosfera y la criosfera (áreas cubiertas por nieve y hielo).

LAS PREDICCIONES DEL CAMBIO CLIMÁTICO

En 1992, el panel de expertos del IPCC construyó los primeros escenarios con proyecciones sobre las emisiones de gases con efecto invernadero llamados IS92; en 1996 diseñó unos nuevos escenarios incorporando variables y ampliando las posibilidades de predicción con la ayuda de 40 modelos. Los escenarios que proporciona el IPCC se basan en los modelos, para determinar qué pasaría en el planeta con determinada cantidad de gases en la atmósfera; sin embargo, los escenarios son los que permiten hacer proyecciones sobre las emisiones de gases, de acuerdo con variables socioeconómicas y con las emisiones antropogénicas.

Los escenarios son imágenes alternativas de lo que podría suceder en el futuro, y constituyen un instrumento útil para analizar de qué manera influirán las fuerzas determinantes en las emisiones futuras. Contienen valores de referencia con respecto a las emisiones, así como información sobre la reestructuración económica en todo el mundo, examinan diferentes tasas y tendencias del cambio tecnológico, y amplían el repertorio de trayectorias diferentes de desarrollo económico, y en particular las tendientes a reducir las desigualdades de ingresos entre países desarrollados y en desarrollo. En los escenarios se puede apreciar cuáles son los acontecimientos sociales, económicos y tec-

nológicos que producen un fuerte impacto sobre las tendencias de las emisiones, pero no presuponen explícitamente intervenciones en forma de políticas sobre el clima.

Los escenarios del IPCC se organizaron en cuatro familias evolutivas: A1, A2, B1 y B2; sus características se pueden apreciar en el cuadro 6.

Los escenarios y los modelos permiten predecir el calentamiento del clima y el aumento del nivel del mar.

Las proyecciones generales (cuadro 7) se refieren a un calentamiento máximo en tierra firme y en la mayoría de las latitudes septentrionales altas, y mínimo sobre el océano austral y el norte del Atlántico Norte. Los hielos se reducen. Las contracciones de la extensión de la cubierta y las reducciones del espesor del deshielo en la mayoría de las regiones de permafrost (hielo permanente); también los hielos marinos en el Ártico y en el Antártico se reducen, y para algunas proyecciones el hielo marino del final del verano desaparece casi completamente hacia el final del siglo XXI. Aumentan las olas de calor, las precipitaciones, los ciclones tropicales se vuelven más intensos. Las precipitaciones pueden aumentar en las latitudes altas y disminuir probablemente en la mayoría de las regiones terrestres subtropicales (IPCC, 2008).

¿QUÉ SE PUEDE HACER?

De acuerdo con el informe suministrado por el panel de expertos, las sociedades pueden responder al cambio climático por dos vías complementarias: por un lado, adaptándose a sus impactos y, por el otro, reduciendo las emisiones (mitigación). En los niveles actuales de GEI presentes en la atmósfera, a los

FAMILIAS Y SUS RESPECTIVAS LÍNEAS EVOLUTIVAS*

<i>Familia de líneas evolutivas y escenarios A1**</i>	<i>Familia de líneas evolutivas y escenarios A2</i>	<i>Familia de líneas evolutivas y escenarios B1</i>	<i>Familia de líneas evolutivas y escenarios B2</i>
<p>Crecimiento económico: Crecimiento mundial muy rápido.</p> <p>Tecnología: Rápida introducción de tecnologías nuevas y más eficientes.</p> <p>Población: Alcanza su valor máximo hacia mediados de siglo y disminuye posteriormente.</p> <p>Características distintivas: Convergencia entre regiones, creación de capacidad, aumento de las interacciones culturales y sociales, reducción de las diferencias regionales en cuanto a ingresos por habitante.</p>	<p>Crecimiento económico: Desarrollo económico basado en regiones; crecimiento por habitante lento y fragmentado.</p> <p>Tecnología: Están más fragmentados y son más lentos que en otras líneas evolutivas.</p> <p>Población: Pautas de fertilidad convergen muy lentamente; población mundial en continuo crecimiento.</p> <p>Características más distintivas: Mundo muy heterogéneo. Autosuficiencia y conservación de las identidades locales.</p>	<p>Crecimiento económico: Rápidos cambios en las estructuras económicas, orientados a una economía de servicios y de información.</p> <p>Tecnología: Utilización menos intensiva de materiales; introducción de tecnologías limpias con aprovechamiento eficaz de los recursos.</p> <p>Población: Población mundial que alcanza un máximo hacia mediados del siglo y desciende posteriormente.</p> <p>Características distintivas: Preponderancia de las soluciones encaminadas a la sostenibilidad económica, social y medioambiental, en medio ambiente y a la igualdad del orden mundial; mayor igualdad, social, se centra principalmente pero en ausencia de iniciativas adicionales en los niveles local y regional.</p>	<p>Crecimiento económico: Soluciones locales a la sostenibilidad económica, social y medioambiental.</p> <p>Tecnología: Cambio tecnológico menos rápido y más diverso que en las líneas evolutivas B1 y A1.</p> <p>Población: Aumenta progresivamente a un ritmo menor que en A2, con unos niveles de desarrollo económico intermedios.</p> <p>Características más distintivas: Aunque este escenario está también orientado a la protección del medio ambiente y a la igualdad social, se centra principalmente en los niveles local y regional.</p>

*No se han asignado niveles de probabilidad a ninguno de los escenarios IEEE.

** La familia de escenarios A1 se desarrolla en tres grupos que describen direcciones alternativas del cambio tecnológico en el sistema de energía. Los tres grupos A1 se diferencian en su orientación tecnológica: utilización intensiva de combustibles de origen fósil (A1FD), utilización de fuentes de energía de origen no fósil (A1T), o utilización equilibrada de todo tipo de fuentes (A1B).

Fuente: Informe especial del Grupo III del IPCC sobre los escenarios de emisiones, 2000, OMM, FNUI.

CUADRO 7
 PREDICCIONES 2090-2099

<i>Escenario</i>	<i>Cambio de temperatura (°C en 2090-2099 respecto de 1980-1999) (a)</i>		<i>Intervalo probable</i>	<i>Excluidos los cambios dinámicos rápidos futuros del flujo de hielo</i>
	<i>Estimación óptima</i>	<i>Aumento de nivel del mar (m en 2090-2099 respecto de 1980-1999)</i>		
Concentraciones del año 2000 constantes	0.6		0.3 - 0.9	No disponible
Escenario B1	1.8		1.1 - 2.9	0.18 - 0.38
Escenario A1T	2.4		1.4 - 3.8	0.20 - 0.45
Fuentes de energía de origen no fósil				
Escenario B2	2.4		1.4 - 3.8	0.20 - 0.43
Escenario A1B	2.8		1.7 - 4.4	0.21 - 0.48
Utilización equilibrada de todo tipo de fuentes				
Escenario A2	3.4		2.0 - 5.4	0.23 - 0.51
Escenario A1F1	4.0		2.4 - 6.4	0.26 - 0.59
Fuentes de energía de origen fósil				

(a) La concentración de CO₂, equivalente aproximada correspondiente al forzamiento radiactivo calculado como resultado de los GEI y aerosoles antropógenos en 2100, para los escenarios testimoniales B1, A1T, B2, A1B, A2 y A1F1 es de aproximadamente 600, 700, 800, 850, 1,250 y 1,550 ppm, respectivamente.

Fuente: *Informe del IPCC sobre cambio climático 2007*, Suiza, 2008.

cuales se agregan las emisiones continuas, no es posible pensar en que la solución al problema se limita a disminuir estas emisiones; la evolución de los cambios climáticos acaecidos, y que están por venir, obliga a los diferentes ecosistemas y principalmente al ser humano a adaptarse a estos cambios. El ser humano además debe cambiar hábitos de vida que directa e indirectamente han contribuido al cambio climático; debe realizar las modificaciones en su hábitat para disminuir las vulnerabilidades y las pérdidas por fenómenos inesperados y/o muy violentos.

Adaptaciones al cambio climático

Evidentemente la capacidad de adaptación al cambio climático por parte de una sociedad está relacionada con su nivel de desarrollo, su disponibilidad de recursos como los bienes de capital, las tecnologías, el capital humano, las instituciones, los ingresos nacionales, la salud, la infraestructura, y las políticas sociales preventivas y de control de riesgos. Las limitaciones también pueden ser de índole cultural, como es el caso de comunidades que debido a sus costumbres y creencias profundizan la problemática de la prevención y la adaptación a los cambios climáticos.

Agua

Un recurso que se considera vital para el ser humano es el agua, por lo tanto un mejor aprovechamiento de este recurso es fundamental; para ello se recomienda extender la recolección de agua de lluvia; ampliar y mejorar las técnicas de almacenamiento y conservación de agua; reutilización del agua; desalación; eficiencia en el uso del agua y de la irrigación.

Agricultura

Una adecuada o deficiente gestión de la tierra depende en buena medida de las actividades agrícolas. Las recomendaciones son realizar ajustes en las fechas de plantación y en las variedades de cultivo; reubicación de cultivos; mejora de la gestión de la tierra (por ejemplo, control de la erosión o protección de los suelos mediante plantación de árboles).

Infraestructura

Se recomiendan medidas para mejorar la infraestructura vial y de ferrocarriles con nuevos trazados y reubicación para hacer frente al calentamiento y al drenado de suelos; otro aspecto importante es el relacionado con la infraestructura energética; reforzamiento de la estructura de transmisión y distribución aérea; cableado subterráneo para servicios públicos básicos; eficiencia energética; utilización de fuentes renovables; menor dependencia de fuentes de energía únicas.

Medidas preventivas para aminorar las afectaciones a las comunidades

En este sentido son importantes los planes y programas para la salud, regulares y de emergencia, control de enfermedades sensibles al clima, agua salubre y mejora de los saneamientos. Otras medidas son las de protección en zonas de riesgo, tales como reubicación, construcción de muros de contención costera, obras para amortiguar el aumento del nivel del mar y de los ríos.

Turismo

En este aspecto las recomendaciones son fundamentalmente para zonas de nieve, como el desplazamiento de las pendientes de esquí a parajes de mayor altitud y a glaciares, así como la fabricación de nieve artificial.

Medidas para reducir las emisiones

Son varios los sectores a tener en cuenta y en casi todas las actividades económicas productivas, como la industria y la agricultura, en el suministro de energía, los recursos para el transporte privado y público, y el manejo de deshechos. Las recomendaciones tienen que ver con el reemplazo y las mejoras en el uso de energías, modificaciones en los patrones de consumo, cambios tecnológicos y protección de los recursos naturales.

En cada uno de ellos la responsabilidad del ser humano es importante. Se trata de un cambio en sus estilos de vida, en sus patrones de consumo, su relación con la naturaleza y su cultura. Las elecciones que hace día a día; reducción en el uso del automóvil, sus elecciones como consumidor en edificaciones, ahorros de energía, reciclado de materiales, organización de desperdicios, utilización de productos no contaminantes. Se requiere de nuevos comportamientos tanto del lado de los consumidores como de los proveedores y de la organización estatal.

En las actividades productivas, se recomienda mayor eficiencia en la gestión de los cultivos y de las tierras de pastoreo para mejorar el almacenamiento de carbono en el suelo. Para reducir las emisiones del metano también se deben mejorar cultivos

como el del arroz y el tratamiento del estiércol; otros recursos que deben ser utilizados con mayor previsión y eficiencia son los fertilizantes nitrogenados.

Para la industria, la eficiencia se debe lograr en las tecnologías y los equipos eléctricos, en los procesos para la fabricación de cemento, amoníaco, hierro y aluminio; se deben incorporar controles de emisiones de gases distintos del CO₂; sustituir algunos materiales, entre otras mejoras que se puedan implementar.

Otra área que se considera prioritaria es *la silvicultura*. Los bosques son uno de los principales sumideros de carbono, por lo tanto son tan importantes la forestación y la reforestación como la disminución de la deforestación. Los recursos forestales también pueden proporcionar bionergía y biomasa; otras medidas son las tecnologías relacionadas con el secuestro del carbono en el suelo y los cambios en el uso de la tierra.

Infraestructura

Las áreas más importantes son el transporte y las construcciones. En transporte se sugiere la conversión en el uso de los combustibles fósiles mediante el uso de vehículos híbridos y vehículos eléctricos, mayor uso del transporte público y de los ferrocarriles en carreteras; disminuir el uso del vehículo particular y aumentar el uso de la bicicleta o transportarse caminando; también se sugiere el uso de biocombustibles de segunda generación y de vehículos con diésel; las medidas abarcan los transportes aéreos y marítimos.

En construcciones, para los edificios se deben mejorar los sistemas de iluminación con sensores inteligentes, utilización de energía fotovoltaica solar y con la luz natural. En electro-

domésticos o en sistemas de calefacción y refrigeración, mejoras en los sistemas de aislamientos, en los fluidos de refrigeración alternativos y en reciclado y recuperación de gases fluorados.

Suministro de energía

En infraestructura, mejoras en el suministro y la distribución. Se recomienda reemplazar el carbón por el gas; usos de energías alternativas como la nuclear, las renovables (hidroeléctrica, eólica, solar, geotérmica y bioenergía), y la utilización combinada de calor y de energía eléctrica. Aplicación de tecnologías para captación y almacenamiento de carbono.

Desechos

Recuperación de metano en vertederos; incineración de desechos con recuperación de energía; reciclado y reducción al mínimo de desechos; compostado²³ de desechos orgánicos; tratamiento controlado de las aguas de desecho.

ALTERNATIVAS Y SOLUCIONES PROPUESTAS

A nivel internacional se han logrado importantes avances sobre los orígenes y las afectaciones del calentamiento global en la comunidad internacional; así mismo se han logrado consensos sobre las alternativas y las soluciones para reducir las emisiones contaminantes, y a pesar de que aún no se logran los compromisos políticos y sociales para llevar a cabo estos programas alternativos, se trabaja continuamente en las negociaciones

²³ Proceso por medio del cual el estiércol, en presencia de oxígeno, se convierte en alimento útil para lombrices y microorganismos.

internacionales y nacionales para que se produzcan los cambios en la conducta y la mentalidad de los actores involucrados, gobernantes, políticos, empresarios y ciudadanos en general. Todos somos responsables y aunque a paso lento, cada vez más conscientes de nuestra responsabilidad en la protección del planeta.

En la pasada reunión parlamentaria celebrada en Alemania, se presentaron varios documentos propositivos con alternativas para detener el cambio climático, pero con un énfasis en las necesidades que tiene la humanidad de continuar con un crecimiento económico que mantenga las tasas del PIB en niveles aceptables. Esta necesidad es la que permite a la comunidad internacional hablar de la “productividad del carbono”, es decir, el monto del PIB producido por unidad de carbono equivalente emitido. De acuerdo con algunos de estos informes, la productividad del carbono debe incrementarse dramáticamente, para que no afecte el crecimiento.

PRODUCIR MÁS, POR CADA TONELADA DE CARBONO EMITIDA

Para McKinsey, una consultora internacional de amplia presencia a nivel mundial, se podría pensar en la productividad del carbono en la misma manera en que se piensa sobre la productividad del trabajo (PIB obtenido por hora trabajada) o la productividad del capital (PIB obtenido por unidad de capital).²⁴ El nivel actual de la productividad del carbono es aproximada-

²⁴El crecimiento de la productividad, tal como ocurrió durante la revolución industrial, es definitivamente un fenómeno macroeconómico. Las nuevas tecnologías son desarrolladas y difundidas, se realizan nuevos inventos, nueva infraestructura, cambios en las decisiones, prácticas y conductas de millones de empresarios, productores y consumidores.

mente de 740 dólares americanos de PIB por tonelada de CO₂. Para alcanzar ambas metas, crecimiento continuo con una trayectoria de 3.1 por ciento por año, y reducción de las emisiones en 20 gigatons (mil millones de toneladas) por año, la productividad del carbono debe incrementarse 10 veces, 7,300 dólares americanos de PIB por tonelada de CO₂, hacia el 2050. Esto es comparable en magnitud, al incremento de la productividad del trabajo durante la revolución industrial.

Las áreas estratégicas

McKinsey sugiere cuatro áreas estratégicas para lograr los dos imperativos, productividad del carbono y crecimiento. En estas áreas se lograrían los cambios macroeconómicos necesarios para incrementar la productividad del carbono, pero con una condición irrenunciable, la colaboración compartida entre los líderes de los gobiernos y los empresarios e industriales a nivel global.

Las políticas, los marcos regulatorios y las instituciones se deben focalizar en cuatro áreas:

1. Crear *incentivos de mercado* para innovar y aumentar la productividad del carbono. Mecanismos como los *caps-and-trade* (límites e intercambio)²⁵ deben ser redefinidos en función de los límites permitidos; los acuerdos glo-

²⁵ Son acuerdos que se establecen para intercambiar los posibles límites a las emisiones de carbono; si reducirlas en una fuente determinada demanda costos mayores que disminuirlas en otra, se puede hacer el intercambio de la de mayor costo hacia la de menor, y reducir costos. La reducción de emisiones se puede hacer en cualquier parte del planeta, por eso se han diseñado mecanismos a través del Protocolo de Kyoto para permitir el intercambio de abatimientos con mayor rentabilidad por otros que requieren mayores costos.

bales generan demasiada presión, sería conveniente integrar programas nacionales y de manera paulatina diseñar acuerdos globales, definir cuál debe ser su cobertura y el momento político para su implementación; también existen los mercados de carbono y la posibilidad de crear impuestos al carbono.

2. Controlar las *fallas del mercado* que evitan implementar adecuadamente las oportunidades de abatimiento. En esta dirección, los gobiernos pueden jugar un papel activo en diseñar normas, generar información completa y útil para los consumidores, productores e inversionistas; los consensos entre el sector público y el sector privado son importantes para tomar acciones de corto plazo. Algunas fallas actuales se relacionan con subsidios, normas para el comercio, regulaciones existentes.
3. Resolver los *problemas de distribución y equidad*, en particular entre el mundo desarrollado y el mundo en desarrollo, y entre sectores industriales. La transición hacia una economía baja en carbono necesariamente creará ganadores y perdedores; los resultados de la distribución y la equidad se pueden dividir en tres dimensiones: geográficos (mundo desarrollado *vs.* mundo en desarrollo), industriales (ganadores y perdedores), y partes interesadas (sociedad *vs.* accionistas). Las instituciones y la regulación son necesarias por razones éticas, económicas y también políticas, para evitar que actores poderosos (con intereses creados) bloqueen los cambios requeridos.
4. Acelerar las *medidas para evitar emisiones críticas*, que incrementan los riesgos del cambio climático. El progreso de las acciones para cooptar oportunidades presentes, tales

como el crecimiento de países en desarrollo como China e India, con sus necesidades de inversión en infraestructura, que pueden incorporar las tecnologías de bajas emisiones de carbono; o la incorporación actual de una amplia gama de productores y consumidores para reducir los costos en la curva de aprendizaje.

Una de las conclusiones importantes del estudio es que muchas de las tecnologías requeridas para la *revolución del carbono* ya existen; y aseguran que, al crear los incentivos y las estructuras a nivel global necesarias, se estaría ante uno de los cambios políticos más importantes de nuestra era.

CUADRO 8
MITOS SOBRE LOS ABATIMIENTOS DE GASES
DE EFECTO INVERNADERO ELIMINADOS POR EL ANÁLISIS

<i>Mitos</i>	<i>Realidades</i>
Las oportunidades de abatimientos están concentradas en la industria y la generación de energía	La industria y la generación de energía representan menos de la mitad de los abatimientos potenciales al 2030*
Las oportunidades con bajos costos se limitan a los países industrializados	El potencial de abatimientos con costos negativos, representan entre el 35% y el 45% del total, en los países industrializados
Sólo se puede lograr los abatimientos requeridos por medio de nuevas tecnologías	El mundo desarrollado, excluyendo a China, representa menos del 40% del potencial de abatimientos al 2030 70% del total de los abatimientos al 2030 no dependen de las nuevas tecnologías
Controlar las emisiones puede contraer severamente la economía global	Alcanzar 450 ppmv podría costar 0.6% del PIB si todas las oportunidades con bajos costos son dirigidas eficientemente

*Por debajo de 40 euros/ton CO₂.
Fuente: McKinsey Institute, 2008.

Los temas fundamentales para lograr el cambio

De acuerdo con el informe que elabora McKinsey Institute, los cambios en la productividad del carbono sólo se pueden lograr con modificaciones en cinco temas estratégicos: la eficiencia energética, la descarbonización de los recursos energéticos, un acelerado desarrollo y empleo de nuevas tecnologías, cambios en las actitudes y las conductas de los productores y los consumidores, y la preservación y expansión de los sumideros de carbono.

La eficiencia energética

Se logra mediante un esfuerzo mundial para impulsar la productividad de la energía,²⁶ entendida como el nivel de rendimiento que obtenemos de la energía que consumimos, es lo que genera el mayor costo-beneficio para reducir el acelerado crecimiento de la demanda de energía. Adicionalmente, se concluye que al incrementar la productividad de la energía también se generarían reducciones considerables en la emisión de gases de efecto invernadero.

La productividad de la energía se puede elevar si se reduce la demanda global de energía del 20 al 24 por ciento de la demanda final proyectada en el 2020. Estas oportunidades generarían aproximadamente 4.7 gigatons de abatimientos.

Las oportunidades para un consumo eficiente de energía están distribuidas en cinco sectores de usuarios finales:

Residencial (26 por ciento de oportunidad). Ejemplos incluyen celdas ahorradoras de energía en edificios, luz fluorescente, sistemas de calefacción eficientes.

²⁶ Mide la producción y la calidad de bienes y servicios generados con un conjunto dado de insumos.

Comercial (10 por ciento). Oportunidades significativas en calefacción, enfriamiento e iluminación.

Industrial (39 por ciento). Ésta es la mayor área de oportunidad, distribuidas por sectores, acero, químicos, aluminio, procesamiento de alimentos, textiles, electrónica y muchas otras industrias.

Transformación (15 por ciento). La energía se pierde cuando los sectores de generación y refinación transforman energía de una hacia otra; inversiones en tecnologías eficientes con 10 por ciento de tasa de retorno o mejor, puede elevar la eficiencia de BTU²⁷ hasta en un 55 por ciento.

Transporte (10 por ciento). Fabricantes de vehículos, consumidores y distribuidores no tienen dificultad para obtener retornos económicos positivos por el uso de vehículos con combustibles alternativos, con mayor eficiencia.

Las oportunidades también se distribuyen geográficamente. China y Norteamérica son los dos mercados más grandes en términos de abatimientos potenciales a nivel de demanda de energía, representan el 21 y 18 por ciento, respectivamente. El Medio Oriente representa el 10 por ciento, debido a los altos subsidios que restringen la eficiencia energética.

Las inversiones estimadas para reemplazar las fuentes de ineficiencia energética se estiman en una inversión anual adicional de 170,000 millones entre hoy y el 2020, equivalentes al 1.6 por ciento de la inversión global de capital fijo²⁸ actual.

²⁷ BTU (British Thermal Unit) representa la cantidad de energía que se requiere para elevar un grado Fahrenheit la temperatura de una libra de agua en condiciones atmosféricas normales.

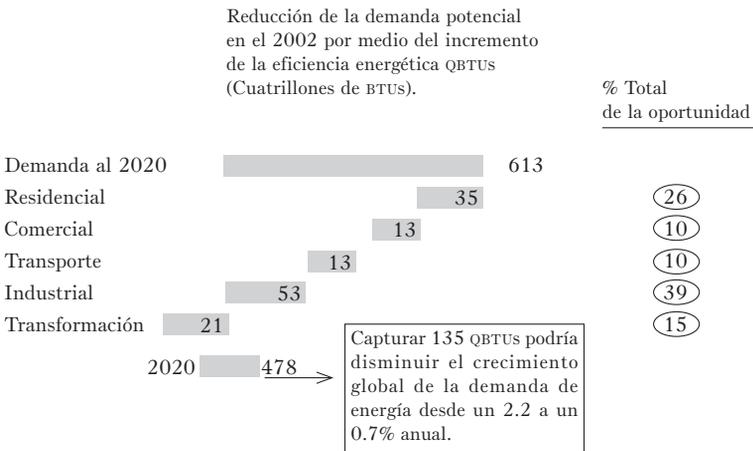
²⁸ Parte del capital productivo que, participando por entero y reiteradamente en la producción de la mercancía, transfiere su valor por partes al nuevo producto. Pertenece al capital fijo la parte del capital desembolsado que

Los ahorros en energía podrían dejar ganancias por 900 mil millones de dólares anuales hacia el 2020.

Las restricciones más comunes para el logro de estos objetivos se ubican en las fallas del mercado más recurrentes en una economía. Información incompleta, los beneficios a largo plazo, dificultades en el acceso al capital, subsidios y otras distorsiones, oportunidades de negocio muy pequeñas para los grandes inversionistas.

Eliminar estas fallas requiere acciones en varios frentes, incluyendo la intervención de los gobiernos. Algunas serían áreas de trabajo conjuntas entre gobierno y empresas, normas y programas a nivel nacional, regional y sectorial; incentivos a las inversiones con tasas de retorno positivas y atractivas.

CUADRO 9
OPORTUNIDADES PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD DE LA ENERGÍA



Fuente: McKinsey Institute, 2008.

se invierte en la construcción de edificios e instalaciones, en la compra de maquinaria, aparatos y herramientas.

Descarbonizar los recursos energéticos

De acuerdo con McKinsey, el mundo es dependiente de los recursos fósiles en un 81 por ciento de sus necesidades totales de energía, y por lo tanto de las emisiones de carbono que se producen. Los recursos energéticos con bajas emisiones sólo representan un 19 por ciento. Para reducir las emisiones en una quinta parte de los niveles actuales hacia el 2020, la productividad del carbono debe incrementarse en dos tercios.

Para alcanzar las metas en los niveles de abatimientos, los sectores cruciales deben ser reestructurados significativamente; el sector de la generación necesita abatir 6 gigatons de CO₂ hacia el 2030, por lo tanto, se deben considerar escenarios que incorporen la energía nuclear y las energías renovables emergentes. Los abatimientos en la demanda del petróleo y el gas se pueden reducir por medio de vehículos de consumo eficiente y de combustibles alternativos.

Los mayores potenciales se aprecian en el cuadro 10.

CUADRO 10
ALTERNATIVAS PARA ABATIR EL CARBONO

<i>Tipos de alternativas</i>	<i>Potencial de abatimientos Gigatons</i>	<i>% total de la oportunidad</i>
Mezcla de renovables	1.5	6
Biocombustible	1.4	5
Energía nuclear	1.1	4
Vehículos con consumo eficiente	0.9	3
Otros	1.1	4

Fuente: McKinsey Institute, 2008.

Acelerar el desarrollo y el empleo de nuevas tecnologías

Buena parte de las sugerencias del Informe McKinsey se basan en tecnologías existentes; sin embargo, también afirma que las innovaciones tecnológicas siempre han significado un elemento crítico para incrementar la productividad. En este sentido, los incrementos en I&D deben ser considerados como parte de las inversiones para lograr los abatimientos propuestos. Se estiman en alrededor de 10 mil millones de dólares americanos por año de aquí al 2020, triplicándose o más entre el 2020 y el 2050.

Las consideraciones en este punto también alcanzan el tema de la transferencia de tecnología; las diferencias entre el mundo desarrollado y el mundo en desarrollo son considerables; se cita el ejemplo de China e India, que requieren un 20 por ciento más de energía para manufacturar una tonelada de acero que lo que se utiliza en Europa Occidental o Japón. Esta transferencia, sin embargo, debe hacerse considerando las condiciones especiales en los países en desarrollo, en donde no sólo importan los derechos de propiedad, los incentivos de mercado o los fondos del gobierno, sino elementos como la disponibilidad de infraestructura, la educación, la estructura institucional, los derechos de propiedad, la eficiencia de los gobiernos, las desigualdades en los ingresos, entre otros factores.

Cambiar las actitudes y las conductas de los productores y los consumidores

Una parte de los impactos con mayores dificultades para ser medidos son las decisiones que toman en la cotidianidad millones de individuos y hombres de negocios. Algunas, por ejemplo,

se relacionan con los detergentes que se usan para lavadoras, la eliminación de empaques inútiles de muchos productos, el empleo de agua caliente y no fría, el uso de productos ahorradores de energía, entre muchos otros. Estos abatimientos no necesitan de nuevas inversiones en tecnología, no significan mayores inversiones en capital y no restan funcionalidad, para el caso de los consumidores.

Aunque muchas de estas decisiones les corresponden a los propios consumidores y productores, se requiere de una gran campaña de concientización y educación para cambiar los hábitos y las conductas perjudiciales para el medioambiente. De acuerdo con los datos proporcionados por McKinsey, un 56 por ciento de los consumidores en Estados Unidos están motivados para tomar acciones, pero muchos no están seguros en cómo deben hacerlo.

Preservar y expandir los sumideros de carbono

Los más importantes son los bosques, particularmente en zonas tropicales y subtropicales. Estos sumideros proporcionan abatimientos potenciales cercanos a los 7 gigatons de CO₂. Las acciones deben estar enfocadas a forestar y a evitar la deforestación. Principalmente, se deben promover controles a la deforestación, puesto que la alternativa de la forestación se desarrolla en un periodo de tiempo mucho más largo.

Otros inconvenientes a considerar son los impactos económicos para algunos sectores de la población; es importante individualizar las acciones tomando en cuenta las características de cada comunidad y las alternativas para compensar y reducir las afectaciones para los desplazados.

Forestación²⁹

Ofrece cerca de 3.5 gigatons de CO₂ por año, 13 por ciento del total de oportunidades.

Evitar la deforestación

Ofrece 3.3 gigatons de abatimiento potencial de CO₂, 12 por ciento del total de las oportunidades.

Aprovechar con mayor eficiencia la energía

La propuesta del llamado Plan B fue hecha recientemente por el Earth Policy Institute para alcanzar la meta de reducir en un 80 por ciento las emisiones de carbono para el año 2020, lo que permite mantener una concentración de 384 ppm de carbono en la atmósfera y garantizar un crecimiento mínimo de la temperatura global del planeta.

Al igual que la propuesta del Instituto McKinsey, en el Plan B se hace un llamado a una gran movilización a lo largo de todo el mundo, que involucre a los diferentes tipos de actores. Demorar las acciones, afirman, solamente permitirá que el daño se incremente.

En primer lugar, su propuesta es invertir en la eficiencia energética, puesto que sólo así se puede evitar que la demanda de energía aumente. El reemplazo de los combustibles fósiles

²⁹La forestación es la plantación de árboles con fines comerciales. Estudia la producción de materiales para su explotación comercial e industrial, como la madera y el papel, así como la conservación de la calidad ecológica del ambiente, su valor ambiental, estético y recreativo. Esto difiere de reforestación, que es la repoblación de los bosques existentes y las tierras arboladas que se han agotado.

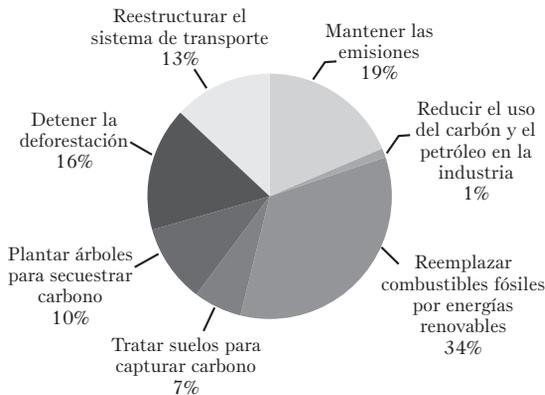
por recursos provenientes de energías renovables puede ofrecer la tercera parte de los abatimientos de carbono requeridos para cumplir la meta propuesta.

El sector productivo, industria y transportes, ofrece un 14 por ciento de los abatimientos; reducir el uso del carbón y el petróleo en las industrias, así como una reestructuración del sector transportes.

Los sumideros naturales ofrecen otra tercera parte de las oportunidades de abatimientos. Por un lado, detener la deforestación aportaría un 16 por ciento, mientras que, por el otro, plantar árboles o reforestar y tratar los suelos para capturar el carbono, puede representar abatimientos por un 17 por ciento.

Ninguna de estas alternativas plantea la necesidad de nuevas tecnologías, todo lo que se necesita, enfatizan, es liderazgo.

GRÁFICA 16
REDUCCIÓN DE LAS EMISIONES DE CARBONO: METAS 2020



Fuente: Earth Policy Institute, 2008.

“ROMPIENDO EL DESACUERDO CLIMÁTICO”

En el informe presentado por El Grupo Climático, que encabeza Tony Blair: *Breaking the Climate Deadlock* (“Rompiendo el desacuerdo climático”) durante la reunión del G-8 en junio del 2008, coincide con las propuestas revisadas con anterioridad, en llamar a la acción y al consenso de la comunidad internacional, principalmente de los líderes políticos, para hacer el cambio a nivel global que permita reducir la emisión de los gases con efecto invernadero.

Las metas

La investigación reciente indica que es necesario limitar el calentamiento a unos 2°C. Superar estos niveles puede generar riesgos irreversibles y potenciales para el clima con consecuencias catastróficas para las especies y el medio ambiente. Lograr esta meta implica que las concentraciones máximas de carbono en la atmósfera deben ser entre 475-500 ppm de CO₂ (incluyendo aerosoles).

Para el logro de estos límites de concentración de dióxido de carbono, es necesario detenerlas en los límites actuales y continuar con reducciones que las ubiquen entre 400-450 ppm para el siglo XXIII.

Considerando que en el año 2005 las concentraciones de dióxido de carbono en la atmósfera ya eran de 455 ppm, 375 ppm sin aerosoles, la sugerencia del Grupo es fijar objetivos mundiales para alcanzar el máximo de emisiones hacia el año 2020, y de ahí en adelante iniciar una reducción constante de emisiones, hasta alcanzar los 20 mil millones de toneladas en el año 2050.

En 1990, se emitían en el mundo alrededor de 40 millones de toneladas de CO₂. Hoy en día la cifra se estima en 55 mil millones. Los cálculos del Grupo Climático indican que para el año 2030 esta cifra se elevaría a 60 mil millones y a 85 mil millones para el año 2050. La meta propuesta es reducir esta cantidad hasta un nivel inferior a 20 mil millones de toneladas para el año 2050. Sin embargo, esta meta se toma en relación con las emisiones durante el año base de referencia (1990) adoptado por la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático y el Protocolo de Kioto, es decir, 40 mil millones de toneladas, por lo tanto se trata de lograr reducir las emisiones en un 50 por ciento para el año 2050.

La producción de carbono por persona, considerando una proyección de 9 mil millones de personas para el año 2050, sería de dos toneladas de CO₂; actualmente el promedio per cápita es de 8 toneladas, con más de 20 toneladas para los Estados Unidos, 10 toneladas en Europa y Japón, 6 en China y 2 para la India.

Las propuestas

La eficiencia energética

Únicamente con incrementos en la eficiencia energética se podría reducir la demanda de energía entre un 20 y 24 por ciento y permitir ahorros de miles de millones de dólares por año.

Incrementos en la productividad del carbono

Para lograr reducir las emisiones de carbono sin afectar el crecimiento económico también se alude a la necesidad de elevar la

productividad del carbono (PIB por tonelada de carbono); ésta, aseguran, se debe aumentar en diez veces más durante las próximas cuatro décadas, cambios que requieren de profundas modificaciones en las conductas de los actores involucrados y en las tecnologías.

Energías alternativas

Se sugiere implementar a gran escala el uso de tecnologías que actualmente ya se desarrollan como son la eólica, la solar y la energía nuclear. En materia de biocombustibles se sugieren los que se producen con base en la caña de azúcar y los de segunda generación como los lignocelulósicos, que ofrecen un potencial significativo en el transporte; sin embargo, aseguran, su uso debe ir acompañado de un estricto marco de políticas e incentivos para garantizar que no pongan en riesgo la seguridad alimentaria y el uso de la tierra.

Tecnología

Aproximadamente el 70 por ciento de los abatimientos requeridos para las próximas dos décadas se pueden lograr por medio de las tecnologías actuales o cercanas. Entre las que están por desplegarse se encuentran el secuestro y el almacenamiento del carbono, las nuevas tecnologías de transporte, nuevas formas de energía solar y el uso de las tecnologías de la información para vigilar el uso de la energía.

Sumideros

El llamado es a detener la deforestación de los bosques, sumideros naturales de carbono; hoy en día la deforestación repre-

senta entre el 15 y el 20 por ciento de las emisiones de CO₂ a la atmósfera.

Seguridad energética

En el informe se asegura que alrededor del 50 por ciento de las acciones potenciales para reducir las emisiones —la productividad energética, las energías renovables, los biocombustibles, la energía nuclear—, no afectan la seguridad energética; y que tan sólo un 3 por ciento de las acciones potenciales para la reducción, sí la afectarían.

El Grupo celebra los acuerdos logrados en Bali y la constitución del Grupo de Trabajo que tendrá a su cargo la elaboración de las propuestas para continuar con los acuerdos post-Kioto.

El Plan de acción de Bali

La Conferencia de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático realizada en Bali, Indonesia, en diciembre de 2007, produjo el acuerdo para iniciar los trabajos que le darán continuidad a las negociaciones del tratado post-Kioto, trabajos que deberán ser presentados a fines del 2009 en la 15^a Conferencia sobre Cambio Climático.

En Bali se logró conformar un Grupo de Trabajo *ad-hoc*, a cargo de alcanzar los acuerdos en los temas fundamentales, formalizar un cronograma de trabajo y una fecha final para entregar resultados. Los temas se relacionan con metas de reducción de emisiones de largo plazo, las acciones para mitigar el cambio climático, desarrollo y transferencia de tecnología, provisión

de recursos e inversiones financieras, mejoras para el funcionamiento del Fondo de adaptación que provee recursos para mitigar los efectos del cambio climático en las regiones menos desarrolladas.

Recordemos que en el Protocolo de Kioto, los países signatarios se comprometieron a reducir en un 5 por ciento sus emisiones durante el primer periodo de compromiso, que inició en el 2008 y concluye el 2012. En la Conferencia de Bali, la Unión Europea propuso metas mucho más ambiciosas para la reducción de emisiones y más cercanas a las propuestas por el IPCC, entre el 25 y el 40 por ciento para el segundo periodo de compromisos de Kioto, que inicia a partir del año 2013 y concluye en el 2017. Esta propuesta fue rechazada, y particularmente pusieron empeño en ello Estados Unidos, Japón y Canadá (Honty, 2008).

Es indudable que la organización internacional ha permitido lograr avances importantes en materia de protección al medio ambiente y, particularmente, sobre la problemática del calentamiento global. Aún así, debemos mencionar que a pesar de que este marco institucional y normativo se inicia hacia fines de los años setenta, es, precisamente, en el periodo que transcurre entre los años setenta y la actualidad, que se han presentado las mayores afectaciones al planeta y, principalmente, la concentración de carbono antropogénico en la atmósfera se ha acelerado dramáticamente.

El llamado debe ser, entonces, a profundizar los alcances y las metas de estos acuerdos internacionales y sobre todo de presionar a la comunidad internacional para que cada vez sean mayores los compromisos y los esfuerzos en lograr las metas que verdaderamente se requieren para disminuir las emisiones perjudiciales y lograr detener el cambio climático, antes de que

se llegue a niveles considerablemente más peligrosos. Los informes de expertos, algunos de los cuales reseñamos en este trabajo, son coincidentes en varias de sus conclusiones, pero sobre todo en llamar al consenso que lleve a la acción inmediata; se ha escrito bastante sobre las soluciones, con suficiente coincidencia en las propuestas, faltan las decisiones fundamentales que lleven a las acciones. Esperamos que el documento que va a presentar el Grupo de Expertos de Bali a la comunidad internacional proponga planes de acuerdo con la magnitud del riesgo y las necesidades.

LOS PEQUEÑOS PASOS DEL 2009 Y 2010

La 15ª Conferencia de diciembre del 2009 realizada con grandes expectativas en la ciudad de Copenhague, Dinamarca, fue decepcionante, dados los acuerdos “mínimos” alcanzados.

Los países consintieron en la necesidad de mantener el aumento de la temperatura mundial por debajo de los 2 grados centígrados, a pesar de la exigencia de los países insulares de fijar el tope en 1.5 grados para evitar los deshielos de los polos y el aumento de los niveles del mar. Esta iniciativa fue avalada por los países en desarrollo, sin embargo, no fue aceptada por los cinco países que redactaron los acuerdos (India, Brasil, China, Sudáfrica y Estados Unidos) sometidos con posterioridad a la Unión Europea.

El acuerdo alcanzado por un grupo de países durante la conferencia no fue aceptado por unanimidad en la Convención; algunos de los países que lo rechazaron fueron Venezuela, Cuba, Bolivia y Nicaragua. La falta de consenso entre los países no permitió que los delegados de la conferencia en pleno votaran

para declararlo como oficial, por lo cual se adoptó la fórmula de “tomar conocimiento del documento”.

En los acuerdos señalados, el tema del financiamiento para los países en desarrollo se fijó en 30 mil millones de dólares para el periodo 2010-2012, para subir, de forma progresiva a 100 mil millones al 2020. Las estructuras para invertir estos fondos y alcanzar las metas anunciadas fueron la creación de un Grupo de Alto Nivel que estudiara la contribución de las fuentes potenciales de ingresos; el Fondo Verde del Clima de Copenhague, como entidad operativa del mecanismo financiero para apoyar proyectos, programas, políticas, entre otras, como son el REDD-Plus (financiación sustancial para reducir las emisiones derivadas de la deforestación y la degradación forestal); y el establecimiento de un mecanismo de tecnología para acelerar el desarrollo y la transferencia de tecnología.³⁰

La 16ª Conferencia se realizó en Cancún, México, entre noviembre y diciembre de 2010, y se fijó como objetivo concluir el acuerdo vinculante que no se pudo lograr en Copenhague. En este nuevo intento, se ratificó el reto de no permitir que la temperatura media de la tierra aumente más de 2 grados centígrados; se revalida lo acordado en Kyoto de reducir las emisiones en 8 por ciento respecto a los niveles de 1990; precisando que no sería suficiente y por lo mismo se acuerda que, en particular, para los países industrializados las reducciones en sus emisiones de CO₂ alcancen entre 25 y 40 por ciento.

Dados los logros de las últimas conferencias, la del año 2012 se vislumbra como decisiva para realizar el balance de los logros de Kyoto y definir hacia adónde se dirigirán los esfuerzos de la comunidad internacional. ¿La posición de los dos grandes

³⁰ El texto del cuerpo se puede consultar en la página <http://unfccc.int/resource/docs/2009/cop15/spa/11a01s.pdf#page=48>

contaminadores del planeta, Estados Unidos y China, volverá a decepcionar y a generar polémica por la falta de compromisos claros y de mayor envergadura?

Para continuar con nuestro análisis vamos a revisar en el siguiente capítulo uno de los temas que suscita mayores controversias cuando se habla de reemplazar los combustibles fósiles, el de los biocarburantes, por ser un tema que actualmente se vincula con la seguridad alimentaria; como complemento al tema de los biocombustibles se reseña el avance de otros tipos de energías a nivel mundial, principalmente las renovables. Este tipo de energías constituye una parte importante de las oportunidades de abatimientos que sugieren los expertos.

Las alternativas energéticas

Después de haber pasado por la economía del carbón, hoy estamos atravesando por la del petróleo y se asegura que el mañana será del gas. A pesar de ser un combustible más caro que el carbón, el gas tiene varias ventajas que lo hacen ideal para producir electricidad. Los costos de las centrales son menores, se pueden construir varios generadores pequeños volviendo más eficiente la transmisión, se puede apagar y encender rápidamente, por lo que se facilita alternarlas con otras fuentes de energía como la eólica o la solar.

Se calcula que más del 90 por ciento de la electricidad generada en la actualidad en Estados Unidos se produce por combustión de gas (Flannery, 2008); también sigue en aumento su consumo a nivel mundial. Algunos de sus problemas se relacionan con los peligros por las fugas de metano, otro gas invernadero, y con los atentados que pueden sufrir los gasoductos. El consumo del gas seguirá en aumento, y de reemplazarse todas las centrales eléctricas de carbón por centrales de gas, sólo se reduciría en cerca de una tercera parte la emisión de gases con efecto invernadero (Flannery, 2008).

Algunas de las fuentes complementarias al gas para la generación de energía ya son ampliamente utilizadas en algunos países. Nos referimos a las energías eólica, solar y nuclear.

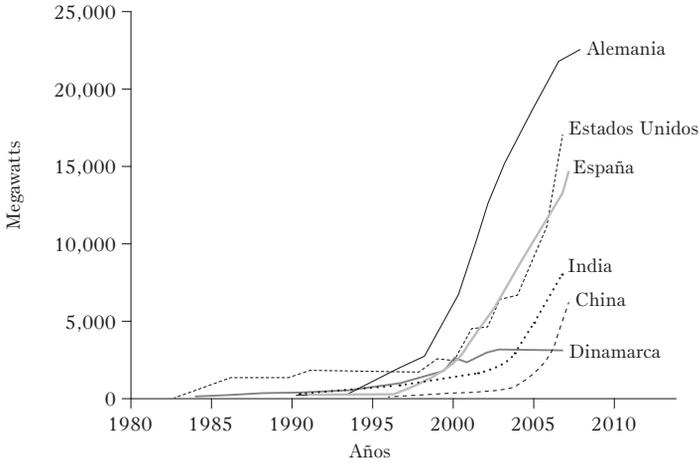
TIPOS DE ENERGÍAS ALTERNATIVAS

La energía eólica

Es la energía que se genera por medio de las corrientes del viento, que a su vez son generados por la radiación solar. La energía se produce por el movimiento de las masas de viento que no deben ser inferiores a 12 km/hora. Para la producción de esta energía se requieren las máquinas eólicas o aeromotores. Actualmente el país con mayor consumo de energía eólica es Dinamarca, que provee el 20 por ciento de su electricidad con aerogeneradores. Otros productores importantes son Alemania, Estados Unidos, España e India; China ya ha realizado proyecciones para convertirse en uno de los principales productores de energía eólica en el mundo con la construcción de una central con capacidad para 10 mil MW (Erenovable, 2006); Alemania, encabezaba la lista de productores en el 2006 con 16,629 MW. La Agencia Internacional de la Energía reportaba en su informe del 2007, un crecimiento del 26 por ciento para este tipo de energía en el mundo, lo que la ubica como una de las energías renovables de mayor crecimiento a nivel mundial.

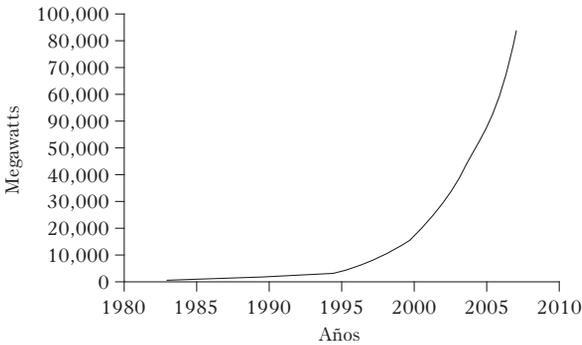
La generación eólica se considera una energía intermitente o inestable porque el viento no se mantiene constantemente en la misma cantidad, por lo que se requiere de fuentes de energía alterna para suplir sus limitaciones. Otra de sus desventajas es la aleatoriedad del viento; aun hay que perfeccionar los sistemas de previsión de la velocidad de las corrientes de aire para que su exceso no afecte las estructuras eólicas. Entre sus ventajas se señalan su carácter de energía renovable, no es contaminante, se combina fácilmente con otras fuentes de energía solar.

GRÁFICA 17
 CAPACIDAD INSTALADA DE ENERGÍA EÓLICA
 (Principales productores por país)
 1980-2007



Fuente: Earth Policy Institute, 2008.

GRÁFICA 18
 CAPACIDAD INSTALADA DE ENERGÍA EÓLICA
 (Acumulado mundial)
 1980-2007



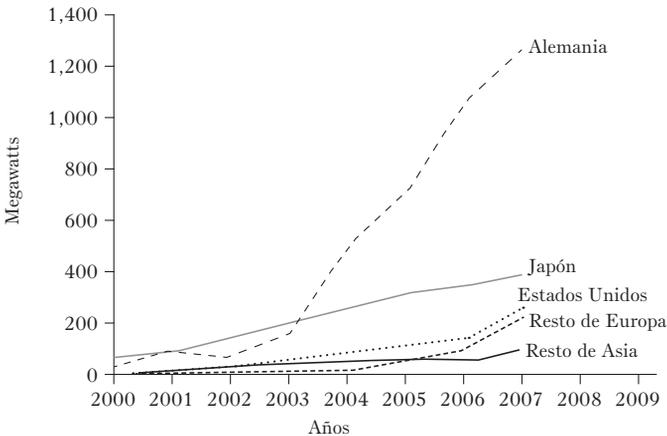
Fuente: Earth Policy Institute, 2008.

La energía solar

Producto de la radiación solar, proporciona tanto calor como electricidad. Se puede aprovechar por medio de varios dispositivos, las células fotovoltaicas, que proporcionan la electricidad, y los colectores térmicos para obtener calor. Estas tres tecnologías suelen utilizarse para el consumo de hogares, escuelas, hoteles, y reemplazan el consumo tradicional por medio de la red eléctrica.

En los sistemas de aprovechamiento térmico el calor recogido en los colectores solares puede destinarse a satisfacer numerosas necesidades, como por ejemplo: obtención de agua caliente para consumo doméstico o industrial, o bien para fines de calefacción, aplicaciones agrícolas, entre otras.

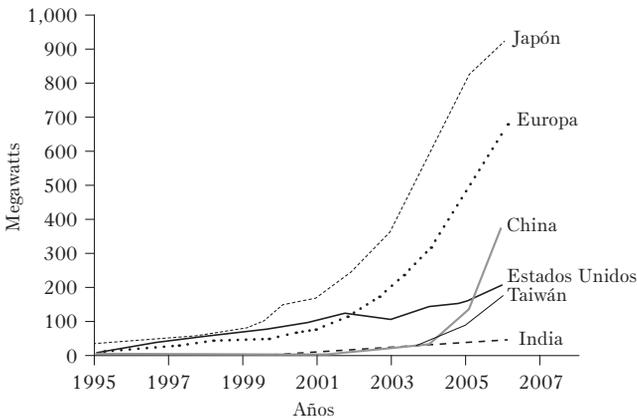
GRÁFICA 19
 PRINCIPALES INSTALACIONES FOTOVOLTAICAS
 (En regiones y países seleccionados)
 2000-2007



Fuente: Earth Policy Institute, 2008.

Los paneles fotovoltaicos, que constan de un conjunto de celdas solares, se utilizan para la producción de electricidad y constituyen una adecuada solución para el abastecimiento eléctrico en las áreas rurales que cuentan con un recurso solar abundante. La electricidad obtenida mediante los sistemas fotovoltaicos puede utilizarse en forma directa, o bien ser almacenada en baterías para utilizarla durante la noche.

GRÁFICA 20
PRODUCCIÓN FOTOVOLTAICA ANUAL
(Europa y países seleccionados)
1995-2006



Fuente: Earth Policy Institute, 2008.

La Unión Europea es la zona del mundo en donde hay un mayor desarrollo de este tipo de energía; sin embargo, entre las renovables representa tan sólo el 0.5 por ciento de la producción total de energía. A nivel países se destacan Japón, Estados Unidos, Taiwán e India. Los países con mayor capacidad de generación en Europa son Alemania, Austria y Chipre.

Otras energías renovables

Biomasa

La materia orgánica almacena energía química por medio de la fotosíntesis, que puede ser aprovechada transformándola en combustible, ésta es la energía que se conoce como *biomasa*. La biomasa puede ser la madera, las cosechas, los residuos de las cosechas o la basura de los árboles, que se queman para hacer girar las turbinas y obtener electricidad.

Geotérmica

Otro tipo de energía renovable es la *geotérmica*, que se obtiene aprovechando el calor que emana de la profundidad de la Tierra; la energía geotérmica se produce cuando el vapor de los yacimientos es conducido por tuberías. Al centrifugarse se obtiene una mezcla de agua y vapor seco, el cual es utilizado para activar turbinas que generan electricidad.

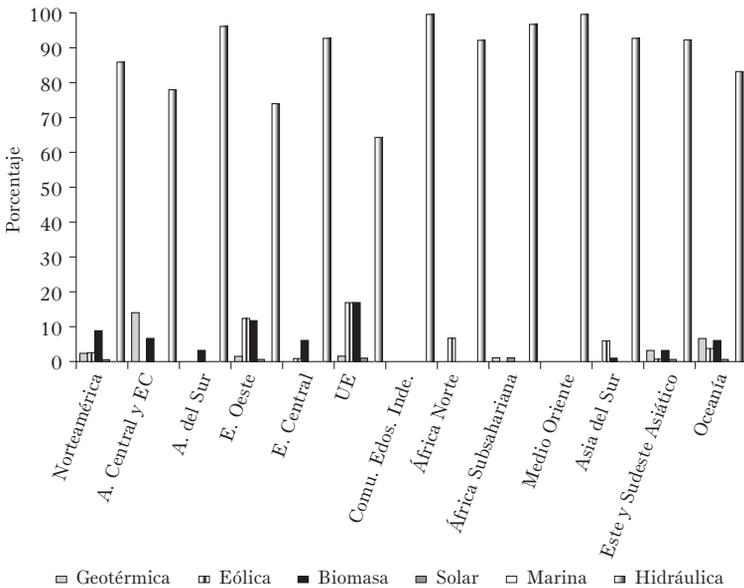
Hidrógeno

La energía que se produce a partir del *hidrógeno* también se encuentra entre las renovables; el hidrógeno, además de ser el elemento más abundante en la naturaleza, es un portador de energía, como una batería. En las células de hidrógeno se rompe una molécula de agua (H_2O) para obtener hidrógeno con el cual se produce electricidad. Este proceso requiere de otro tipo de combustible; el más utilizado en la actualidad es el gas natural.

Hidráulica

Por último, se cuenta también con la energía hidráulica (proveniente de ríos y cascadas) que se produce con turbinas que se mueven por medio de un salto de agua (represas). Por ser un tipo de energía que se produce a partir de recursos naturales, se cuenta con grandes desarrollos de este tipo de energía en la mayor parte del mundo, como se puede apreciar en la gráfica 21; sin embargo, es en América del Sur en donde se encuentran sus principales productores, cuya producción alcanza niveles por encima de las energías provenientes de los combustibles fósiles.

GRÁFICA 21
 PRODUCCIÓN DE ENERGÍAS RENOVABLES
 (Regiones a nivel mundial)
 2006



Fuente: Observador de las energías renovables, 2007.

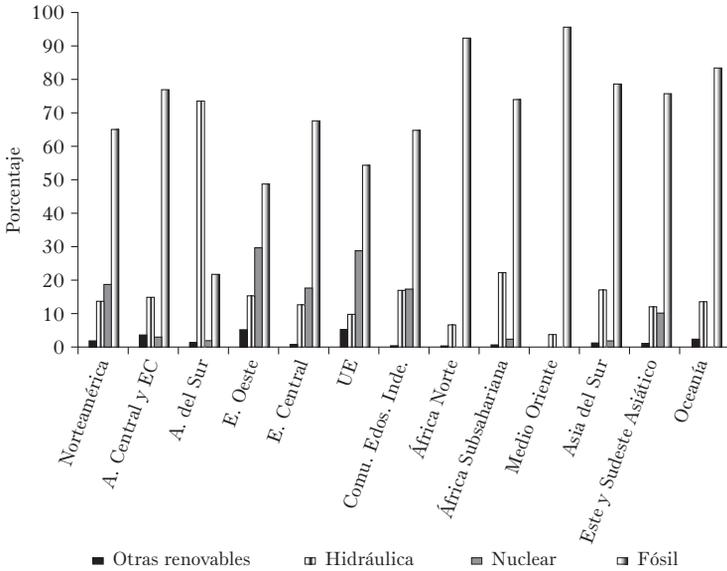
La energía nuclear

Éste es un tipo de energía no renovable, que al igual que la proveniente de los recursos fósiles (petróleo, carbón y gas), cuenta con reservas limitadas que se agotan con el uso. La energía nuclear proviene del uranio, que se desintegra y libera energía; en las centrales termonucleares se aprovecha esta energía para producir electricidad mediante turbinas de vapor de agua.

Los problemas de este tipo de energía se relacionan con la seguridad, los residuos nucleares pueden tardar miles de años en desaparecer y tardan mucho tiempo en perder la radioactividad, un caso bien conocido es el de Chernobil, en Ucrania, 1986; fue una catástrofe cuyas consecuencias continúan; otros problemas son la gestión de los residuos radioactivos y de las centrales nucleares obsoletas. Tampoco deben descartarse los posibles ataques terroristas que podrían tener consecuencias lamentables.

A pesar de sus limitaciones, son muchos los países que cuentan con este tipo de centrales para obtener una buena parte de sus recursos energéticos; Los cinco países con mayor porcentaje de electricidad de origen nuclear en 2007 fueron: Francia (77 por ciento), Lituania (64 por ciento), Bélgica (54 por ciento), Eslovaquia (54 por ciento), Ucrania (48 por ciento) y Suecia (46 por ciento) (Foro Nuclear, 2008). La mayor parte de las centrales en construcción o autorizadas se localizan en países en desarrollo, como China, Brasil, India, Pakistán, Irán y Corea del Sur (Flannery, 2008).

GRÁFICA 22
 PRODUCCIÓN DE ENERGÍAS RENOVABLES Y TRADICIONALES
 (Regiones a nivel mundial)
 2006



Fuente: Observador de las energías renovables, 2007.

PROYECCIÓN DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES

Actualmente, la zona con mayor desarrollo en materia de energías renovables es Europa. Particularmente, la Unión Europea (UE) elaboró a fines del año 2000 un plan en materia de seguridad energética conocido como *El libro verde* en el que realiza proyecciones y metas para impulsar este tipo de energías en sus planes energéticos a corto, mediano y largo plazo.

Los principales objetivos de *El libro verde* están relacionados con la disponibilidad física y continuada de productos energé-

ticos en el mercado a un precio asequible para los consumidores (particulares e industriales), y las preocupaciones ambientales. En particular, en este último tema señala:

El cambio climático es una batalla a largo plazo para la comunidad internacional. Los objetivos fijados en el Protocolo de Kioto no son más que una primera etapa. La Unión Europea ha estabilizado sus emisiones de gases de efecto invernadero en el año 2000, pero a partir de ahí éstas aumentan tanto en la Unión como en el resto del mundo. La inversión de la tendencia es mucho más ardua de lo que podía parecer hace tres años... así como la evolución de la estructura de nuestro consumo energético, principalmente el de electricidad y de transporte, debido a nuestro modo de vida, contribuye al aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero y, en particular, de dióxido de carbono. Esta situación constituye un freno capital para una política de protección del medio ambiente.

Las cifras para el consumo energético de la UE en el 2000 eran del 41 por ciento por petróleo, un 22 por ciento por gas natural, un 16 por ciento por combustibles sólidos (carbón, lignito, turba), un 15 por ciento por energía nuclear y un 6 por ciento por energías renovables. Los pronósticos de *El libro verde* para el 2030, sin hacer nada le daban a las energías renovables un aumento del 2 por ciento únicamente. Los objetivos cuantitativos propuestos, con respecto a la oferta de recursos, para luchar contra el cambio climático, fueron duplicar la cuota de las renovables (incluidos los biocombustibles) del 6 al 12 por ciento, y pasar del 14 al 22 por ciento para la producción de electricidad entre el año 2000 y el 2010.

Posteriormente, la UE publicó un *Libro verde* en el año 2005 con objetivos para mejorar la eficiencia energética desde

el lado de la demanda con un ahorro del 20 por ciento en el consumo de energía entre el 2005 y el 2020. En *El libro verde* del 2006 presentó *la estrategia europea para una energía sostenible, competitiva y segura*, en donde ratifica sus compromisos con las energías renovables y se compromete a elaborar una lista de medidas para favorecer su desarrollo. En la política energética del 2007,³¹ además de reforzar los objetivos de reducción en un 20 por ciento de la demanda (eficiencia energética), se compromete a la utilización de energías renovables (energía eólica, solar y fotovoltaica, biomasa y biocarburantes, calor geotérmico y bombas de calor), con el objetivo de aumentar su porcentaje de energías renovables a un 20 por ciento de combinación energética entre el 2007 y el 2020 (Política Energética, UE, 2007). Para ello se fijan objetivos en tres sectores: la electricidad (aumentar la producción a partir de energías renovables); los biocarburantes, que deberán representar un 10 por ciento de los combustibles destinados a vehículos entre el 2007 y el 2020, y por último los sistemas de calefacción y de refrigeración.

La política energética de la administración Bush también se plantea algunas metas en materia de energías renovables. El eje central de la política se establece en “La Política Nacional de Energía” (NEP) presentada en el año 2001, y a partir de la cual surgen los programas rectores de este sector, “Energy Policy Act” (2005), “Advanced Energy Initiative” (2006) y “American Competitiveness Initiative” (2006).

Los objetivos en relación con las energías renovables se orientan principalmente hacia un cambio en los hábitos de

³¹ A principios de este año (2007) se publicó el *Programa de Trabajo de las Fuentes de Energías Renovables*, en donde se afirma que no cumplirán las metas propuestas en el año 1997, similares a las del *Libro verde* del 2000 en esta materia.

consumo de la sociedad estadounidense. En “La Iniciativa para un Avance Energético”³² la decisión fue aumentar la inversión presupuestal en un 22 por ciento adicional para que el Departamento de Energía desarrolle dos áreas fundamentalmente: los nuevos combustibles para transporte en vehículos y el consumo de energías renovables en hogares y empresas.

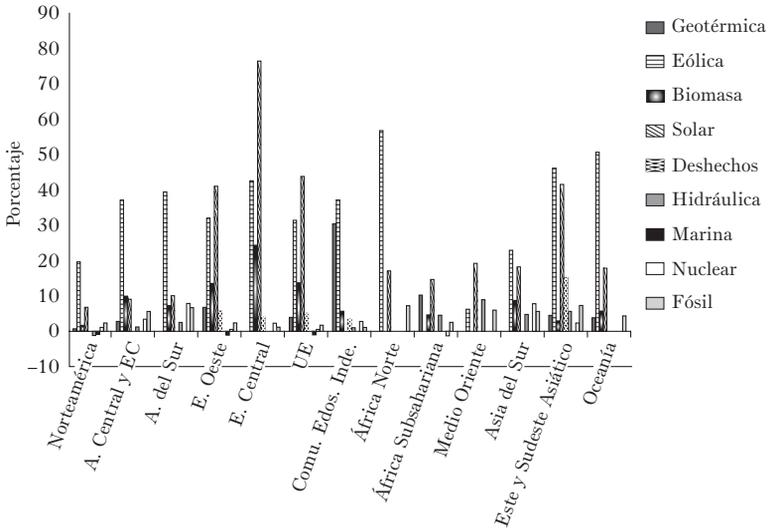
El reciente presidente electo de los Estados Unidos, Barack Obama, está a favor de limitar la emisión de carbono y de un mercado de los derechos a contaminar. En materia de energías renovables sus propuestas son invertir 150 mil millones de dólares durante los próximos 10 años, para que el 25 por ciento de la electricidad provenga de fuentes renovables en el año 2025 y que en 2020 el 30 por ciento de la energía que use el gobierno sea renovable (Snook, 2008). También aseguró que promoverá la eliminación del uso de combustibles fósiles en los automóviles, con metas para reducir su uso en el 85 por ciento de los vehículos en el transcurso de los siguientes 20 años (*EcoDiario*, 2008).

LOS BIOCARBURANTES: ¿ALTERNATIVA O PROBLEMA?

En este apartado nos vamos a referir a uno de los temas que mayores controversias suscita cuando se trata de reemplazar la energía proveniente de combustibles fósiles por energías renovables, los biocombustibles; este tipo de combustibles se vincula a la utilización de áreas cultivables que pueden llegar a competir con la producción de alimentos, o en su defecto contribuir a la deforestación.

³²National Economic Council, “Advanced Energy Initiative”, febrero 2006. <http://www.whitehouse.gov/news/releases/2006/01/20060131-6.es.html>

GRÁFICA 23
TASAS DE CRECIMIENTO DE LAS ENERGÍAS
1996-2006



Fuente: Observador de las energías renovables, 2007.

La biomasa

Los biocarburantes o biocombustibles provienen de la biomasa. La biomasa, abreviatura de masa biológica, se define como la cantidad de materia viva producida por plantas, animales, hongos o bacterias, en un área determinada. El término hace referencia a la producción del combustible que se obtiene de esta materia orgánica.

La biomasa es una energía renovable, cuya fuente energética proviene del sol. Se forma por medio del proceso de la fotosíntesis. Los cloroplastos (presentes en las plantas) usan la energía solar, el CO_2 que se encuentra en el aire y el agua del

suelo, para fabricar carbohidratos (azúcar, celulosa, etcétera). La energía original proveniente del sol, se almacena en todos estos componentes. Una parte de esta energía almacenada se traspasará a los animales durante la cadena alimenticia. A su vez, los restos de las plantas, los excrementos animales, etcétera, también almacenan energía solar.

La biomasa se puede encontrar en forma natural (podas naturales de los bosques); en forma de residuos secos provenientes de actividades agrícolas, forestales, agroindustriales y de la industria de la madera; otra forma es la biomasa residual húmeda proveniente de aguas residuales urbanas e industriales y también de los residuos ganaderos; por último, en los cultivos energéticos tanto forestales como agrícolas que se dedican a la producción de biomasa con fines no alimentarios.

Entre los usos de la biomasa (fertilización y conservación de suelos; sustrato productivo, es decir, materia prima en la que crecen lombrices, levaduras, bacterias, que pueden ser utilizadas con diferentes fines; alimentación humana y ganadera) encontramos el de producir energía. Con los residuos de la biomasa se pueden obtener los dos vectores energéticos de mayor calidad, que son la energía eléctrica y los biocombustibles líquidos.

La transformación de la biomasa produce diferentes tipos de energía (Enersilva, 2008):

Energía *térmica*: agua o aire caliente, vapor.

Energía *eléctrica*: se obtiene a partir de biomasa procedente de cultivos energéticos, de la biomasa forestal primaria y de los residuos de las industrias.

Energía *mecánica*: son los biocombustibles.

Los biocombustibles

Son los combustibles³³ de origen biológico (biomasa) no fosilizado; es decir, se excluyen el petróleo, el gas natural y el carbón mineral (hulla, lignitos, turba y antracitas), puesto que estas materias, aunque son de origen biológico, requirieron de cientos de miles de años para su formación.

Los biocombustibles pueden sustituir total o parcialmente a los combustibles fósiles, permitiendo alimentar motores de gasolina con bioalcoholes y motores diésel con bioaceites. Una gran ventaja de estos combustibles es que son renovables, y se consideran como una energía que puede suplir las carencias futuras de combustibles fósiles.

La producción de biocombustibles se puede realizar a partir de cultivos agrícolas azucareros, oleaginosos y productores de biomasa. La clasificación según Camps (Camps, 2008) sería la siguiente:

Azucareros:

Para producción de alcohol (para mezclar con gasolina y utilizar en motores). Los subproductos, energía para la destilación o electricidad.

Oleaginosos:

- a) Para procesar el aceite y usarlo solo o en mezcla de motores de ciclo Diésel. Los subproductos pueden ser para alimentación animal o electricidad.
- b) Para usar en motores Diésel (lentos) solo o mezclado con aceites fósiles. Los subproductos pueden ser para alimentación animal o electricidad.

³³ Se entiende por combustible todo cuerpo sólido, líquido o gaseoso capaz de arder. Otra definición es: toda materia que, mezclada con el oxígeno, produce una reacción (de combustión) que desprende energía calorífica. Todo combustible es un almacén de energía química (Marcos, 2008).

Forestales (de rápido crecimiento):

- a) Para utilizar como astillas y quemar en calderas de pequeña y media potencia para energía térmica.
- b) Para transformar en polvo de carbón y quemar en calderas de pequeña potencia para energía térmica de uso doméstico e industrial.
- c) Para utilizar en pastillas en grandes centrales (10-30 MW), mediante turbinas.

CUADRO 11
PRODUCCIÓN DE MADERA EN EL MUNDO 2004

<i>Region</i>	<i>Uso industrial</i>	<i>Uso combustible</i>	<i>Produccion total</i>	<i>Uso como combustible (% produccion total)</i>
	Millón de metros cúbicos			
África	70	550	620	88.7
Asia	229	774	1,003	77.2
Europa	511	117	628	18.6
Norte y Centro América	624	130	754	17.3
Oceanía	48	9	57	15.7
Suramérica	164	192	356	54
Total	1,646	1,772	3,418	51.8

Fuente: Earth Policy Institute, 2008.

El tema que mayor polémica suscita es el de la utilización de áreas cultivables para producir biocombustibles, que podrían ser utilizadas para producir alimentos, o los problemas de erosión y deforestación que generan el uso indebido de estos cultivos. Es indudable que las consecuencias de la utilización de este tipo de combustibles en países desarrollados no tiene las mismas implicaciones que en países en vías de desarrollo, con serios problemas alimenticios en un alto porcentaje de su población.

En Europa, por ejemplo, hay superávit de leche, grano, carne, azúcar y aceite, e incluso existe la modalidad del *set-aside*, pagar por no cultivar (Camps, 2008). Las opciones en este continente para la agricultura alternativa pueden ser diversas: cultivos que atiendan demandas específicas, como puede ser la ornamentación, plantas medicinales, aromáticas; cultivos energéticos que permitan aportar energía a partir de recursos renovables; cultivo de productos biológicos o naturistas.

Los cultivos energéticos, de acuerdo con Fernández (citado en Camps, 2008), deben cumplir con ciertas características:

- vigor y precocidad de crecimiento, es decir, que produzca mucha masa por unidad de superficie, y en poco tiempo;
- acumulación de energía, o sea, mucha capacidad calorífica (energética) por unidad de masa;
- capacidad de rebrote, para poder obviar la resiembra;
- rusticidad, para adaptarse a terrenos marginales, pues estos terrenos son los que, asegura el autor, se usarían para este tipo de cultivos.

Los productos agrícolas que suelen mencionarse como productores de bioetanol son la caña de azúcar (melazas y bagazo de caña), el maíz, el arroz, el trigo, los residuos agrícolas y forestales; por otra parte, el biodiésel, que es una mezcla de 80 a 90 por ciento de aceite o grasa animal con 10 a 20 por ciento de metanol, y 0.35 a 1.5 por ciento de un agente catalizador, suele producirse con cultivos de plantas oleaginosas, alrededor de 350 especies diferentes, entre las cuales se pueden mencionar la palma de aceite, la colza, la soya, el ricino, el maíz y el girasol.

Los países con mayor producción de bioetanol en el mundo son Estados Unidos y Brasil, país que además de su consumo interno, también lo exporta a países como Japón, China, Estados Unidos y a países de la UE. Recientemente la producción de este combustible también ha adquirido importancia en la UE y Japón. Entre 1975 y 2004 su producción creció de 2 mil millones de litros hasta 30 mil millones, de los cuales el 45 por ciento fue producido a partir de caña de azúcar y la mayor parte del resto a partir de maíz (Trindade, citado en Masera, 2006).

Uno de los principales productores de etanol a partir del maíz es Estados Unidos; buena parte de los productores constituyen cooperativas, algunas de las cuales cotizan hoy en día en la bolsa de Nueva York; actualmente se destina cerca del 12 por ciento de la cosecha de maíz para la producción de etanol. Otros países, como Francia, por ejemplo, incrementan sus producciones de trigo y remolacha para la producción de etanol; en Japón, por ley, se debe incorporar 3 por ciento de bioetanol en la gasolina (Best, citado en Masera, 2006).

El biodiésel concentra la mayor parte de su desarrollo en Europa; a fines de los años noventa existían 85 plantas en 21 países; de ellas 74 estaban en países de Europa Occidental y Oriental, 7 plantas en Estados Unidos, 2 en Japón, en Nicaragua 1 y en Malasia 1 (Masera, 2006). En varios de estos países existen programas de exención de impuestos al uso del biodiésel para incentivar su consumo; otros países como Canadá y Brasil también desarrollan programas de gobierno para incentivar su producción y consumo, principalmente en el sector oficial. Los programas en Brasil incluyen incentivos y apoyos al pequeño productor.

Ventajas y desventajas de los biocombustibles

Entre las *ventajas* se señalan:

- Una de las principales ventajas de este tipo de combustibles es que puede reemplazar a los combustibles fósiles; y como consecuencia de ello eliminar la dependencia de los países productores de petróleo.
- La polivalencia del empleo en su transformación en energía, bien para electricidad, calor o directamente en un motor de combustión interna.
- Los motores admiten este combustible.
- Diversificación de la producción agrícola, en los casos en que hay excedentes alimentarios, como en Europa; otras ventajas derivadas serían la revitalización de las economías rurales y la generación de empleo, diversificación de mercados, agroindustria para la exportación.
- Aprovechamiento de subproductos.
- Se origina en una energía renovable y por sí misma no produce emisiones de CO₂ a la atmósfera, es decir, la combustión del aceite no altera el equilibrio del CO₂; sin embargo, en su producción sí se libera.

Y sus *desventajas*:

- La mayor y muy cuestionada es que en su producción suele liberarse más CO₂ del que supuestamente ahorraría en su uso; esto puede deberse a varios motivos: por los fertilizantes y los procesos de fabricación de estos combustibles (Schoijet, 2008; Flannery, 2008); por el desmonte de selvas para convertir la tierra en uso agrícola,

en la selva amazónica o en Indonesia, implica tanto la pérdida de sumideros para el gas como del carbono almacenado en éstas (Fargione, 2008; Searchinger, 2008; citados en Schoijet, 2008).

- Las operaciones que requieren los combustibles antes de su empleo en el motor (aditivos, calentamiento, esterificación,³⁴ etcétera).
- Las modificaciones que, en general, necesitan los motores al utilizar estos combustibles alternativos.
- El precio, que es mayor que el del combustible derivado del petróleo; su producción cuesta en la actualidad el doble del precio del derivado del crudo, antes de la aplicación de impuestos (Camps, 2008). La política tiene que pasar por la subvención del gobierno para que, poco a poco, se vaya introduciendo este nuevo tipo de combustible.
- Para el caso de los cultivos de azúcar o almidón, se podrían ver afectados los mercados que estos productos ya tienen establecidos; se recomiendan los aceites vegetales y los ésteres más que los alcoholes.

En América Latina ya se han denunciado las afectaciones para los precios y la disponibilidad de los productos alimenticios en el uso de cultivos energéticos. En Brasil, desde la década de los años ochenta, se desincentivó en el estado de São Paulo la producción de cultivos alimentarios como el arroz y el frijol por los incentivos disponibles para cultivar la caña de azúcar; los cultivos se tras-

³⁴Proceso por medio del cual se sintetiza un éster, compuesto derivado formalmente de la reacción química entre un oxácido y un alcohol. Se considera el método más sencillo para acercar las características de los aceites a las del “gasoil”.

ladaron hacia tierras menos fértiles y alejadas, lo que encareció los precios de estos productos básicos (Díaz de Oliveira, 2005, citado en Schoijet, 2008). Otro país afectado parece ser México, que importa maíz desde los Estados Unidos; en el 2006 el precio del maíz aumentó en un 55 por ciento, una de las causantes que se menciona es la transferencia que se ha hecho de la cosecha de este producto a la producción de etanol.

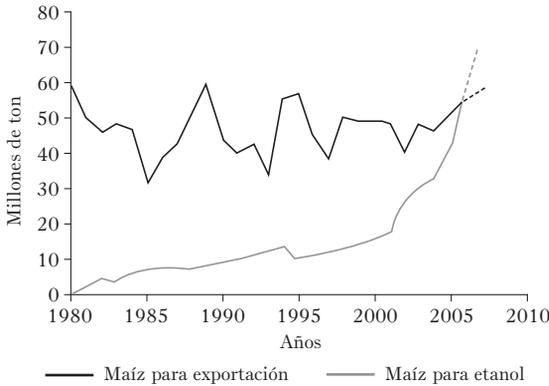
- Alianzas entre los capitales financieros internacionales para apoderarse de grandes extensiones de tierras para producir agrocombustibles restringiendo la disponibilidad de alimentos y encareciendo los precios, no sólo de los cultivos energéticos, sino de todos aquellos que hacen parte de su cadena productiva (huevos, carne, leche, en el caso del maíz, por ejemplo), y de otros por reemplazo o desplazamiento de cultivos. João Pedro Stedile, un dirigente del Movimiento de los Sin Tierra, la organización campesina más importante de Brasil, realizó un análisis en donde señala esta problemática:

...lo que está en curso es una gran alianza entre tres tipos de capitales transnacionales: las petroleras (que quieren disminuir la dependencia del petróleo), las automovilísticas (que quieren seguir con ese patrón de transporte individual para obtener ganancias) y las empresas del agro (como Bunge, Cargill y Monsanto), que quieren seguir monopolizando el mercado mundial de productos agrícolas.

Las reglas de capitalismo propiciarán que los cultivos de caña y palma de aceite avancen rápidamente sobre los cultivos de alimentos, dado que sus tasas de ganancias son mayores. Esta situación generará una peligrosa amplia-

ción en los monocultivos que, según el dirigente, es “de por sí sola perjudicial para la naturaleza y el medio ambiente, porque ella destruye otras formas de vegetales y de la biodiversidad”³⁵ (Stedile, 2007, citado en Silva, 2007).

GRÁFICA 24
 MAÍZ UTILIZADO PARA ETANOL Y PARA EXPORTACIONES,
 1980-2006 CON PROYECCIÓN AL 2007



Fuente: Earth Policy Institute, 2008.

INCIDENCIA EN LOS PRECIOS Y LA DISPONIBILIDAD DE LOS ALIMENTOS

Organismos internacionales como la OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico) y la FAO (Organización de Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación)

³⁵Afirma el dirigente que la empresa Cargill (la compañía agrícola más grande del mundo) compró en el 2007 la planta más grande de alcohol en São Paulo, con sus 36 mil hectáreas de caña. En el estado de São Paulo había hasta el año pasado cuatro millones de hectáreas de caña; con los planes de expansión de muchas usinas, quieren en sólo tres años pasar a siete millones de hectáreas.

han advertido sobre el peligro de reemplazar la producción de alimentos por la producción de cultivos energéticos. Un grupo de expertos y miembros de la OCDE reunidos en París en septiembre del 2007 (*El País*, 2007) advirtieron sobre las posibles desventajas en el uso extendido de los biocombustibles.

La OCDE, en el documento en discusión, llama la atención en dos posibles consecuencias del uso indiscriminado de estos energéticos, por un lado, la reflexión se centra en un posible encarecimiento de los precios de los alimentos: “El rápido crecimiento de la industria de los biocarburantes mantendrá verosímilmente altos esos precios en la próxima década”, y por el otro, advierte que su uso no beneficiará sustancialmente al medio ambiente (reducción de emisiones de CO₂) y que, por el contrario, se puede esperar un impacto negativo desde el punto de vista ecológico, si ecosistemas naturales, como bosques o praderas, comienzan a ser usados para cultivos destinados a la producción de estos combustibles.

La FAO, en su estudio “Perspectivas agrícolas 2007-2016”, también advierte que la producción de agrocombustibles generará un aumento en el precio de los alimentos durante la próxima década.

El uso creciente de materias como los cereales, azúcares, semillas oleaginosas y aceites vegetales para producir sustitutos de los combustibles fósiles, está propiciando un aumento de los precios del cereal y de los costes, de forma indirecta, de los productos ganaderos.

A la vez que se incrementa la producción de biocombustibles es necesaria una mayor disponibilidad de tierras destinadas con este propósito (circunstancia única que requiere este

tipo de energía entre las renovables). La OCDE afirma en sus pronósticos que el 25 por ciento de los combustibles líquidos serán biocombustibles hacia el año 2050, con lo cual se deduce que el área requerida para la producción de biocombustibles debe ir en aumento; se estima que los mayores productores requerirán entre el 30 por ciento (en el caso de Estados Unidos) y el 72 por ciento (en el caso de la UE) de sus cosechas actuales para reemplazar con un 10 por ciento la mezcla de los combustibles (Silva, 2006).

Otra opinión contraria que refuerza las ideas expuestas con anterioridad es la del Premio Nobel de Química, 1988, Hartmut Michel (*El País*, 2007), quien estima que esos biocarburantes no ahorran emisiones de CO₂ y sí promueven la deforestación de la Amazonia y otros parques del mundo. En consecuencia, propone abolir una directiva de la UE de que el 5.75 por ciento de todo el transporte basado en energías fósiles deberá ser sustituido por biocombustibles antes del 2010.

El científico afirma que la eficiencia global de la fotosíntesis es muy baja. Menos del 1 por ciento de la energía solar se almacena en forma de biomasa, y no hay muchas posibilidades de mejorar eso. El biocombustible que se puede producir por unidad de superficie y año contiene menos del 0.4 por ciento de la energía solar que ha recibido esa superficie en el mismo tiempo. En comparación, las células fotovoltaicas son entre 50 y 100 veces más eficientes en lo que respecta a convertir la energía solar en eléctrica. La eficiencia de la conversión de biomasa en biocombustible oscila entre 0.15 y 0.3 por ciento mientras que las células fotovoltaicas tienen ya una eficiencia de entre 15 y 20 por ciento, señala el Premio Nobel alemán, quien propone energía solar en lugar de biogás.

LOS BIOCOMBUSTIBLES DE SEGUNDA GENERACIÓN

Dejar de utilizar los cultivos de maíz o caña de azúcar (etanol) y de semillas, aceite de palma o cereales como el trigo, para la producción de biocombustibles parece ser la alternativa con mayor consenso a nivel mundial; y para ello se sugiere avanzar en la etapa de elaboración de los combustibles de segunda generación, producidos a partir de paja, hierba, algas, celulosa y residuos forestales o de otro tipo.

Las tecnologías para desarrollar este tipo de biocombustibles están en estudio. A mediados del 2007 el Institut Universitari de Ciència i Tecnologia (IUCT), de España, desarrolló el IUCT-S50, un biocarburante que se obtiene a partir de la glicerina, uno de los principales residuos generados por la fabricación del biodiésel. Los japoneses experimentan con algas y hacen pruebas en agua salada; las algas producen mucha biomasa y se alimentan con gases como el CO₂ y el azufre. Otros estudios se realizan para producir un biocombustible de segunda generación (Bio-jet) procedente de plantas y algas para usarse en aviones comerciales (Airbus, Honeywell, Aero Engines y JetBlue).

Otra alternativa en desarrollo son los combustibles líquidos producidos a partir de ciertos organismos como los hongos; recientemente se encontró un tipo de hongo en un árbol en el norte de la Patagonia, el *Giocladium roseum*, que produce algunos de los componentes encontrados en combustibles como la gasolina y el diésel (Service, 2008). El hongo puede ayudar a reemplazar la energía química almacenada en plantas, en combustibles líquidos que reemplacen los combustibles fósiles.

A pesar de los avances, algunas opiniones indican que los *biocombustibles de segunda generación* son un grupo de biocombustibles que aún se encuentra en desarrollo y se requerirán entre cinco y diez años más para que su uso se convierta en una alternativa viable.

Los biocombustibles. Opiniones: más en contra que a favor

– *Jean Ziegler*, relator de la ONU, sociólogo y escritor. “Los biocarburantes son un crimen contra la humanidad”, fruto de las “políticas aberrantes del Fondo Monetario Internacional”.

– *Paul Krugman*, Premio Nobel de Economía, 2008. “Es necesario tomar medidas contra el biofuel, que ha demostrado ser un terrible error”.

– *Jeffrey Sachs*, economista y consejero especial del secretario general de Naciones Unidas. “No son la única causa, pero tienen parte de la culpa de la hambruna actual. La reducción significativa de los programas en la UE y en Estados Unidos sería una manera eficaz” de solucionar esta situación.

– *Hartmut Michel*, Premio Nobel de Química. “Con los biocombustibles no se ahorran emisiones de CO₂”.

– *Robert Zoellick*, presidente del Banco Mundial. “Estados Unidos tiene que evaluar el efecto que causa en los asuntos humanitarios relacionados con el precio de los alimentos”.

– *Luiz Inácio Lula da Silva*, presidente de Brasil. “Desarrollados con criterio, de acuerdo con las realidades de cada país, pueden generar ingresos e inclusión social”.

– *Jacques Diouf*, director de la FAO. “Necesitamos desarrollar con urgencia una estrategia internacional para que la bioenergía beneficie a los pobres”.

– *Mariann Fischer Boel*, comisaria europea de Agricultura. “El biofuel es más valioso como carburante que como chivo expiatorio”.

– *George W. Bush*, presidente de Estados Unidos. “Si dependes del petróleo extranjero, tienes un grave problema de seguridad nacional”. “La nueva tecnología como el etanol nos ayudará a ser mejores custodios del medio ambiente”.

– *Fidel Castro*, líder cubano, en marzo de 2007. La “idea siniestra” de “convertir alimentos en combustible” condena a muerte “por hambre y sed a más de 3,000 millones de personas”. “Présteseles financiamiento a los países pobres para producir etanol del maíz o cualquier otro alimento y no quedará un árbol para defender a la humanidad del cambio climático”.

– *Barack Obama*, presidente electo de los Estados Unidos. “El etanol basado en el maíz no es óptimo. He sido un gran defensor del etanol basado en maíz. Provengo de un estado productor de maíz, y ésta es una buena tecnología de transición, pero la verdad es que no es tan eficiente como lo que los brasileros están haciendo con la caña de azúcar”.

Fuente: *El País*, mayo de 2008.

Bibliografía

- Acid Rain Program (2006), *Progress Report*. Disponible en: <http://www.epa.gov/airmarkets/progress/arp06.html>.
- Agenda 21 (2008), disponible en: <http://www.un.org/esa/sustdev/documents/agenda21/spanish/agenda21sptoc.htm>.
- Ágora (2008). Boletín del grupo parlamentario del PRD, 2243.
- Alerta Tierra* (2007), disponible en: <http://www.alertatierra.com/Estado%20del%20Clima.pdf>.
- ATKINSON, Angus (2004), disponible en: <http://antarticos.blogspot.com/2004/11/disminuye-el-krill.html>.
- Banco Mundial (2008), *State and trends of the carbon market report. Environment Carbon Finance*, disponible en: <http://carbonfinance.org/Router.cfm?Page=DocLib&CatalogID=40347>.
- _____ (2007), *Boletín de Prensa*, N°:2007/356/SDN. Disponible en: http://web.worldbank.org/WBSITE/EXTERNAL/BANCO_MUNDIAL/NEWSSPANISH/0,,content MDK:21323631~pagePK:64257043~piPK:437376~theSitePK:1074568,00.html.
- BEZLOVA, Antoaneta (2005), *Cambio climático-China: El gigante se pinta de verde. Tierramérica ambiente y desarrollo*. Disponible en: <http://www.tierramerica.net/2005/0219/noticias4.shtml>.
- BONNEFOUS, Edouard (1973), *¿El hombre o la naturaleza?*, México, Fondo de Cultura Económica.
- Bosques PROCARBONO AUCH. Disponible en: http://www.uach.cl/procarbono/cuantificacion_del_carbono.html.

BROWN, Lester R. (2008), *Plan B 3.0: Mobilizing to save civilization*, Washington, D.C, Earth Policy Institute. Disponible en: <http://www.earthpolicy.org/>.

Calentamiento Global (2008), disponible en: <http://calentamientoglobalclima.org/2008/08/28/el-paso-del-norte-se-abre-por-segunda-vez/>

CAMPS, M. y F. Marcos (2008), *Los biocombustibles*, Madrid, Ediciones Mundi-Prensa.

Comisión Europea (2007), *Una política energética para Europa*. Disponible en: <http://europa.eu/scadplus/leg/es/lvb/l27067.htm>.

_____ (2007), *Programa de trabajo de las fuentes de energías renovables*, Actividades de la Unión Europea, Comisión Europea. Disponible en: <http://europa.eu/scadplus/leg/es/lvb/l27065.htm>.

_____ (2002), *Reacción de la comunidad ante las inundaciones de Europa Central*, Actividades de la Unión Europea, Comisión Europea. Disponible en: <http://europa.eu/scadplus/leg/es/lvb/g24216.htm>.

_____ (2001), *Libro Verde. Hacia una estrategia europea de seguridad del abastecimiento energético*, Actividades de la Unión Europea, Comisión Europea. Disponible en: http://ec.europa.eu/energy/green-paper-energy-supply/doc/green_paper_energy_supply_es.pdf.

Convención Marco sobre Cambio Climático. Disponible en: http://209.85.171.104/translate_c?hl=es&sl=en&u=http://unfccc.int/resource/docs/convkp/convsp.pdf&prev=/search%3Fq%3DUNFCCC%26hl%3Des%26lr%3D&usg=ALkJrhggpXd11OBCGn-KnmpmT-eOO-IavQ.

DELGADO, C. y C. Pérez (2008), “El biocombustible se quema”, *El País*, España. Disponible en: http://www.elpais.com/articulo/semana/biocombustible/quema/elpepueconeg/200805_11elpneglse_2/Tes.

Earth Policy Institute (2008), disponible en: http://www.earthpolicy.org/Indicators/CO2/2008_data.htm#fig5.

- EcoDiario* (2008), “Las propuestas estrella de Barack Obama: el reparto de la riqueza y la retirada de Irak”, noviembre 4. Disponible en: <http://ecodiario.economista.es/>.
- EGGER ANNE, E. (2004), *Visualizando datos científicos: Un componente esencial de la investigación*, Visionlearnig, vol. SCI-2. Disponible en: http://www.visionlearning.com/library/module_viewer2.php?mid=109&l=s&let1=Cie.
- EGUREN, C., Lorenzo (2004), *El Mercado del carbono en América Latina y el Caribe: balance y perspectivas*, Santiago de Chile, CEPAL, Sociedad Alemana de Cooperación Técnica (GTZ), Naciones Unidas.
- El Grupo Climático (2008), *Un acuerdo global para un futuro bajo en carbono*, Tony Blair And The Climate Group, Reporte. Disponible en: <http://img.scoop.co.nz/media/pdfs/0807/BTCDJune08Report.Fin.pdf>.
- Energías renovables (2008), *Biocarburantes*. Disponible en: <http://www.energias-renovables.com/paginas/index.asp?id=77&Nombre=Biocarburantes>.
- ENERSILVA (2008), disponible en: <http://www.enersilva.org/biomasaenergetica.htm>.
- FLANNERY, Tim (2007), *El clima está en nuestras manos. La historia del calentamiento global*, México, Santillana Ediciones Generales, S.A. de C.V.
- Foro Nuclear (2008), disponible en: http://www.foronuclear.org/energia_nuclear_mundo.jsp.
- GALLARDO TORRES, Alfredo y Lilia García Galván (1999), *Lluvia ácida*, México, Gobierno del D.F. y la Secretaría del Medio Ambiente. Disponible en: www.sma.df.gob.mx/simat/pdf/fo-lletolluvia.pdf.
- GARCÍA, Ernest (2008), *El cambio social más allá de los límites al crecimiento: Un nuevo referente para el socialismo en la sociología ecológica*, España, Universidad de Valencia. Disponible en: www.bioeticanet.info/ambiente/crecCambSo.pdf.

- GIL CORRALES, Miguel Ángel (2007), *Crónica ambiental. Gestión pública de políticas ambientales en México*, México, Fondo de Cultura Económica, Instituto Nacional de Ecología y la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- GILL, Richard (2007), *Understanding the consequences of ecosystem change*, Washington, D.C., Environmental Science & Regional Planning Program, Washington State University. Disponible en: http://research.wsu.edu/missions_dc/environmental-natural-resources/gill.html.
- Globe Internacional (2008), disponible en: <http://globe.publiczone.co.uk/>.
- HAAS, M. Peter y Norichica Kanie (2004), *Emerging forces in environmental governance*, Hong Kong, United Nations y University Press.
- HANSEN, James (2008) (1), *El problema más grave es que se oculta todo porque es un gran negocio*, USA, Publicado por Crisisclimática. Disponible en: <http://aprchile.cl/modules.php?name=News&file=article&sid=817>
- _____ (2008) (2), *Veinte años después*, España, Calentamiento Global. Disponible en: <http://calentamientoglobalclima.org/2008/06/30/james-hansen-20-anos-despues/>.
- HONTY, Gerardo (2008), “A diez años de Kyoto”, *Peripecias*, núm. 80, Uruguay, Centro Latinoamericano de Ecología Social, CLADES, Desarrollo, Economía, Ecología, Equidad, D3E. Disponible en: <http://www.peripecias.com/ambiente/433HontyKiotoDiezAnos.html>.
- Kyoto In The Home (2008), *El Ciclo del carbono*, Intelligent Energy Europe. Disponible en: http://www.kyotoinhome.info/ES/sustainable_energy/carbon_cycle.htm.
- IPCC (2007), *Cambio climático 2007: Informe de síntesis*, Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. Ginebra: IPCC [Equipo de redacción prin-

- cial: Pachauri, R.K. y Reisinger, A. (directores de la publicación)]. Disponible en: http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr_sp.pdf.
- _____ (2000), *Informe Especial sobre Escenarios de Emisiones*, Resumen Especial para Responsables de Políticas, Ginebra, Informe especial del Grupo III del IPCC. Disponible en: <http://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/spm/sres-sp.pdf>
- ISON, Stephen, Stephen Peake y Stuart Wall (2002), *Environmental issues and policies*, Inglaterra, *Financial Times*, Prentice Hall y Pearson Education Limited.
- LARSEN, Janet (2006), *Repasando los registros: más de 52.000 europeos murieron de calor en el verano del 2003*, Barcelona, Fundación Tierra. Disponible en: <http://www.terra.org/articulos/art01643.html>.
- MACKENZIE, Debbie (2006), *The ecology of sealing*, Washington, Sea Shepherd Conservation Society, Washington. Disponible en: <http://www.seashepherd.org/news-and-media/editorial-060402-1.html>.
- MANION, Michelle y Jason Mathers (2005), *How it works: Cap-and-Trade systems*. *Catalyst*, vol. 4, núm. 1, Cambridge, Union Concerned Scientists. Disponible en: <http://www.ucsusa.org/publications/catalyst/catalyst-past-issues.html>.
- MASERA CERUTTI, Omar (coord.), *La bionergía en México, un catalizador del desarrollo sustentable*, México, Ediciones Mundi-Prensa.
- MASTRANDREA, Michael D. y Stephen H. Schneider (2005), "Global warming", World Book Online Reference Center, USA, World Book, Inc. Disponible en: http://www.nasa.gov/world-book/global_warming_worldbook.html.
- McKinsey Institute (2008), *Los cambios en la productividad del carbono. Cambio climático y crecimiento económico sustentable*, New York, McKinsey Global Institute and McKinsey Company. Disponible en: <http://www.mckinsey.com/mgi/reports/pdfs/>

Carbon_Productivity/MGI_carbon_productivity_full_report.pdf.

NORBERTO, Carlos A. (2007), “El Protocolo de Kyoto y el Mecanismo para un Desarrollo Limpio: Nuevas posibilidades de inversión para el sector forestal”, Argentina, Proyecto Forestal en Desarrollo. Disponible en: <http://www.sagpya.mecon.gov.ar/new/0-0/forestacion/silvo/cambiocli.pdf>.

MOLINA, Mario (2008), Centro Mario Molina. Disponible en: <http://www.centromariomolina.org/noticias.php?id=29>.

MOORE, Frances C. (2008), *Las emisiones de dióxido de carbono se aceleran rápidamente*, Barcelona, Fundación Tierra. Disponible en: <http://www.terra.org/articulos/art02072.html>.

National Snow and Ice Data Center (2008), disponible en: <http://nsidc.org/>.

NUÑEZ, Raquel (2005), “El insalubre olor del dinero en los incendios forestales”, *Boletín 97*, Uruguay, WRM-Movimiento Mundial por los Bosques Tropicales. Disponible en: <http://www.wrm.org.uy/boletin/97/Incendios.html>.

Observador de las Energías Renovables (2007), *Worldwide electricity production from renewable energy sources*. Disponible en: <http://www.energies-renouvelables.org/observ-er/html/inventaire/Eng/chapitre3.asp>.

Organización de las Naciones Unidas (ONU) (1972), *Declaración de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente*, Argentina, Derecho Sostenible. Disponible en: <http://www.dsostenible.com.ar/acuerdos/estocolmo-dec.html>.

Organización Panamericana de la Salud (OPS) (2006), *Efectos de la sobreexposición del sol en la salud*, Bolivia. Disponible en: <http://salud.ops.org.bo/servicios/?DB=B&S11=9502&SE=SN>.

Patrick, Juday, Glenn (1997), *Observed climate change in alaska: The early consequences of global warming*, Washington, D.C, US

- Global Change Research Program. Disponible en: <http://www.usgcrp.gov/usgcrp/seminars/971202DD.html>.
- PEARSON, Ben, Sinkswatch y Jutta Kill (2005), *La función del Banco Mundial en la creación del mercado de carbono: ayudando a los ricos a enriquecerse y a los pobres a empobrecerse mientras siguen subsidiándose los combustibles fósiles*, Uruguay, Grupo Guayuriba. Disponible en: <http://www.guayubira.org.uy/plantaciones/funcion.html>.
- Princeton University (2007), Syukuro Manabe, Nueva Jersey. Disponible en: <http://www.princeton.edu/aos/people/faculty/manabe/>.
- Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) (2002), *Perspectivas del Medio Ambiente Mundial 2002 Geo-3*, Reino Unido, Ediciones Mundi-Prensa y Earthscan Publications Ltd.
- Rain Forest (2008), disponible en: <http://www.rainforest-alliance.org/news.cfm?id=publications>.
- Red Latina sin Fronteras (2008), *Crítica premio Nobel desarrollo de los biocombustibles*, España. Disponible en: http://www.poderautonomo.com.ar/zezta/viejo/11-09-07/informes_de_red_latina_y_grupos.htm.
- Revista *Science* (2008), Washington, D.C. Disponible en: <http://www.sciencemag.org/>.
- SALOMONE, Mónica (2007), *Con los biocombustibles no se ahorran emisiones de CO₂*, Entrevista: Hartmut Michel, premio Nobel de Química, España, *El País*. Disponible en: http://www.elpais.com/articulo/futuro/biocombustibles/ahorran/emisiones/CO2/elpepusocfut/20070912elpepifut_4/Tes.
- Salvemos el Planeta (2008), *Capa de Ozono*. Disponible en: http://usuarios.lycos.es/planeta_verde/capa_de_ozono.htm.
- SCHOIJET, Mauricio (2008), *Límites del crecimiento y cambio climático*, México, Siglo XXI Editores, S.A. de C.V.

- SERVICE, Robert F. (2008), “¿Diésel fuel from a tree fungus?”, *ScienceNOW Daily News*, noviembre, *Science*. Disponible en: <http://sciencenow.sciencemag.org/cgi/content/full/2008/1103/1>.
- SIMON, Silver, Cheryl y Ruth S., DeFries (1993), *Una sola tierra, un solo futuro*, Bogotá, Tercer Mundo Editores, Ediciones Uniandes.
- SNOOK, Erin (2008), *El Nuevo Discurso ambiental de EE UU*, Eco Portal. Net. Disponible en: [http://www.ecoport.net/layout/set/print/content/view/full/82503/\(printversion\)/1](http://www.ecoport.net/layout/set/print/content/view/full/82503/(printversion)/1).
- STEDILE, João Pedro (2007), “El monocultivo de agrocombustibles sólo interesa al capital transnacional”, *Revista Biodiversidad*, agosto. Disponible en: <http://www.biodiversidadla.org/content/view/full/34290>.
- STERNER, Thomas (2003), *Policy instruments for environmental and natural resource management. Resources for the future*, USA, The World Bank, Swedish International Development Cooperation Agency.
- The Global Development Research Center-GDRC (2008), *State of the climate: A time for action*. Disponible en: <http://www.gdrc.org/uem/Trialogue/state-cc.html>.
- UNESCO (2003), *Water for people, water for life*. Disponible en: http://www.unesco.org/water/wwap/wwdr/wwdr1/table_contents/index.shtml.
- UNESCO, Portal del agua (2008). Disponible en: http://www.unesco.org/water/news/newsletter/209_es.shtml#know
- Unión Europea (2008), *Política sobre biocarburantes*, Luxemburgo, Oficina oficial de publicaciones de las Comunidades Europeas. Disponible en: http://eur-lex.europa.eu/smartapi/cgi/sga_doc?smartapi!celexplus!prod!DocNumber&lg=es&type_doc=COM_final&an_doc=2006&nu_doc=34.
- VALENCIA BARRERA, Mario Alejandro (2007), “El negocio de los agrocombustibles y la crisis energética: peor el remedio que la

enfermedad”, *Revista Deslinde*, núm. 42, septiembre a noviembre. Disponible en: http://mavalencia.blogspot.com/2007_10_01_archive.html.

WEART, Spencer (2008), *The discovery of global warming*. Disponible en: <http://www.aip.org/history/climate/GCM.htm>.

Índice

<i>Introducción</i>	5
Los grandes problemas medioambientales	9
Se nos calienta el planeta	18
 Capítulo 1	
<i>El calentamiento global: alcances y limitaciones</i>	23
Científicos y políticos reconocen el problema	23
Condiciones naturales del calentamiento en el planeta	25
El calentamiento global: una atmósfera sobrecargada	29
Los responsables de las emisiones de CO ₂ a la atmósfera	36
Los efectos del cambio climático	44
Los pronósticos oficiales sobre las consecuencias del cambio climático	50
 Capítulo 2	
<i>El foro internacional</i>	57
Organización internacional	57
Antecedentes y acuerdos para controlar el cambio climático	63
El Protocolo de Kioto	71
Algunos cuestionamientos al comercio del carbono.....	77
Los esfuerzos de los legisladores	81
 Capítulo 3	
<i>Las soluciones, responsables y funciones</i>	87
Las predicciones del cambio climático.....	88
¿Qué se puede hacer?.....	89

Alternativas y soluciones propuestas	96
Producir más, por cada tonelada de carbono emitida	97
“Rompiendo el desacuerdo climático”	109
Los pequeños pasos del 2009 y 2010	114
Capítulo 4	
<i>Las alternativas energéticas</i>	117
Tipos de energías alternativas.....	118
Proyección de las energías renovables	125
Los biocarburantes: ¿alternativa o problema?	128
Incidencia en los precios y la disponibilidad de los alimentos	138
Los biocombustibles de segunda generación.....	141
<i>Bibliografía</i>	143

*Para entender el cambio climático. Un problema de todos, una
responsabilidad de todos, se terminó de imprimir en la Ciudad
de México durante el mes de octubre del año 2011.*

La edición, en papel de 75 gramos,
estuvo al cuidado de la oficina
litotipográfica de la
casa editora.



ISBN 978-607-401-486-0

Asociación Alemana
de Investigación sobre
América Latina

Asociación Nacional
de Universidades e
Instituciones de
Educación Superior

Cámara de Diputados
LIX Legislatura
LX Legislatura
LXI Legislatura

Centro de Estudios
de México

Centro de Investigación
para el Desarrollo

Centro de
Investigaciones y
Estudios Superiores
en Antropología Social

Centro de
Investigación y
Docencia Económicas

Centro del Tercer Mundo
para el Manejo del Agua

Centro Mexicano de
Estudios Económicos
y Sociales

Comisión Estatal de los
Derechos Humanos de
Zacatecas

Comisión Nacional de
los Derechos Humanos

Consejo Mexicano de
Asuntos Internacionales

Consejo Nacional de
Ciencia y Tecnología

Consejo Nacional para
la Cultura y las Artes
*Instituto Nacional de
Antropología e Historia*

Colegio de
Postgraduados

El Colegio de la
Frontera Norte

El Colegio
de San Luis

El Colegio de Sonora

Embajada de la
República Dominicana
en México

Facultad
Latinoamericana de
Ciencias Sociales, México

Fundación Colosio

Fundación Instituto
Universitario de
Investigación José
Ortega y Gasset

Fundación Konrad
Adenauer Stiftung

Fundación Mexicana
de Estudios Políticos y
Administrativos

Gobierno del
Estado de Chiapas

Grupo Editorial
Miguel Ángel Porrúa

Ibero-Amerikanisches
Institut Preussischer
Kulturbesitz

Instituto de
Administración Pública
del Estado de México

Instituto Electoral del
Estado de México

Instituto Federal
Electoral

Instituto
Iberoamericano para
el Fortalecimiento del
Poder Legislativo

Instituto Mexicano
de Auditoría Técnica

Instituto Mexicano
de Estrategias

Instituto Nacional de
las Mujeres

Instituto Tecnológico
Autónomo de México

*Centro de Estudios de
Competitividad*

Instituto Tecnológico y
de Estudios Superiores
de Monterrey

*Campus Ciudad
de México*

*Campus Estado de
México*

Campus Monterrey

*Escuela de Graduados
en Administración Pública
y Política Pública*



LXI LEGISLATURA
CÁMARA DE DIPUTADOS

**CONOCER
PARA DECIDIR**
EN APOYO A LA
INVESTIGACIÓN
ACADEMICA

INSTITUCIONES COEDITORAS

Integración
para la Democracia
Social, APN

Internacional
Socialista

Libertad de Información-
México

Poder Legislativo del
Estado de México,
LVI Legislatura

Programa de las
Naciones Unidas
para el Desarrollo

Secretaría de
Desarrollo Social

Secretaría de
Gobernación

*Centro de Estudios
Migratorios del
Instituto Nacional
de Migración*

Secretaría de la
Reforma Agraria

Senado de la República

*Comisión de
Biblioteca y
Asuntos Editoriales*

Siglo XXI Editores

Simon Fraser
University

Sociedad Mexicana de
Medicina Conductual

Universidad
Anáhuac del Sur

Universidad
Autónoma
Benito Juárez
de Oaxaca

*Instituto de
Investigaciones
Sociológicas*

Universidad
Autónoma
de Aguascalientes

Universidad
Autónoma
de Baja California

Universidad
Autónoma
Chapingo

Universidad
Autónoma
del Estado
de México

*Facultad de Ciencias
Políticas y Sociales*

Universidad
Autónoma de
Querétaro

Universidad
Autónoma
de Yucatán

Universidad
Autónoma
de Zacatecas

*Doctorado en
Estudios
del Desarrollo*

Universidad
Autónoma
Metropolitana

Unidad Azcapotzalco

Unidad Iztapalapa

*División de
Ciencias Sociales y
Humanidades*

Unidad Xochimilco

*Programa
Universitario
Integración en las
Américas*

Universidad de
California Santa Cruz

Universidad de
Ciencias y Artes de
Chiapas

Universidad de Colima

Universidad de
Guadalajara

Universidad de
Guanajuato

Campus León

Universidad de
Occidente

Universidad
Juárez Autónoma
de Tabasco

Universidad Nacional
Autónoma de México

*Centro de
Investigaciones
Interdisciplinarias*

*en Ciencias y
Humanidades*

*Centro Regional
de Investigaciones
Multidisciplinarias*

*Dirección General
de Publicaciones y
Formato Editorial*

*Facultad de Ciencias
Políticas y Sociales*

*Facultad de
Contaduría
y Administración*

Facultad de Economía

Superiores Acatlán

*Facultad de Estudios
Superiores Aragón*

*Instituto de
Geografía*

*Instituto de
Investigaciones
Económicas*

*Instituto de
Investigaciones
Sociales*

*Instituto de
Investigaciones sobre
la Universidad y la
Educación*

*Programa de
Maestría y Doctorado
en Urbanismo*

*Programa
Universitario
de Estudios
de Género*

*Programa
Universitario
de Estudios sobre
la Ciudad*

*Seminario de
Educación Superior*

Universidad
Pedagógica
Nacional

Universidad
Veracruzana

Universitat Autònoma
de Barcelona

Para entender



MEDIO AMBIENTE
Y ECOLOGÍA

JUDITH PÉREZ FUENTES es egresada de la facultad de Comunicación Social y Periodismo de la Universidad Jorge Tadeo Lozano en Bogotá, Colombia. Concluyó estudios de maestría en Relaciones Internacionales en Costa Rica, en Gobierno y Asuntos Públicos en México y obtuvo el grado de doctora en Ciencias Políticas en la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). En su trayectoria académica ha participado en investigaciones sobre algunos temas como el petróleo, el agua y el calentamiento global. También se ha desempeñado como consultora para la evaluación de programas en el sector educativo, agrícola y de la salud.

¿Por qué hoy son muchas las zonas del planeta que se ven afectadas por tormentas y huracanes, cada vez más continuos y devastadores, o por el contrario, olas de calor y sequías de gran intensidad? ¿Cuánto nos afecta? ¿Tendremos opciones para detener el daño ocasionado al planeta?

Para entender el cambio climático. Un problema de todos, una responsabilidad de todos, es un texto obligado para cualquier persona que desee conocer la problemática actual en la que se encuentra inmerso el planeta. Con un lenguaje sencillo y comprensible, ofrece una visión general de los problemas ambientales con mayor trascendencia para la humanidad, dando particular atención al calentamiento global. La autora nos ofrece un texto al alcance de todos, y un texto en el que nos invitan a la acción, porque lo más importante para proteger al planeta es entender nuestro compromiso y nuestra responsabilidad con las generaciones futuras.

Miguel Ángel
Porrua

Medio ambiente
y ecología
SERIE



LXI LEGISLATURA
CÁMARA DE DIPUTADOS
CONSEJO EDITORIAL
**CONOCER
PARA DECIDIR**
EN APOYO A LA
INVESTIGACIÓN
ACADÉMICA

Calentamiento global