

LAS IMPLICACIONES DEL CAMBIO AMBIENTAL GLOBAL

*Dra. María del Carmen Rodríguez Hernández
Investigadora en el Programa Universitario de Medio Ambiente de la U N A M*

El hombre es una especie privilegiada a la que la naturaleza dotó con una inteligencia superior a la de las demás especies. Gracias a esa inteligencia y a sus habilidades físicas desarrolló la capacidad de transformar el mundo que lo rodea. A lo largo de su historia, ha logrado acumular una serie de conocimientos científicos y tecnológicos que le han permitido, entre otras cosas descifrar el código genético, conquistar el espacio exterior, fabricar armas nucleares y construir y destruir imperios. Paradójicamente, el avance científico y tecnológico ha provocado profundas transformaciones y de tal magnitud que han puesto en peligro la estabilidad del planeta.

Las primeras fotografías de la Tierra tomadas desde el Apolo en 1968 nos mostraron por primera vez a nuestro planeta entero. Aquellas espectaculares imágenes nos han facilitado pensar en el ambiente global (las masas de tierra, los océanos y la atmósfera, los sistemas climáticos y de corrientes y la capa superficial, o biosfera). Sin embargo, en la actualidad la imagen real no es tan bonita.

Actualmente se reconoce que la humanidad está alterando significativamente todos los sistemas y ciclos que en conjunto hacen posible la vida en la Tierra. También se reconoce que el clima, los ciclos globales del carbono y del agua, y la estructura y funcionamiento de los ecosistemas naturales están íntimamente relacionados, y que cualquier cambio importante en cualquiera de estos sistemas afectaría a los demás, con consecuencias potenciales muy serias para la humanidad y otras formas de vida del planeta (cambio ambiental global).

El cambio climático global originado por la acumulación de gases de efecto invernadero, generados por las actividades productivas es el que tiene mayor potencial para alterar el funcionamiento del planeta, por lo puede llegar a ser uno de los problemas ambientales más severos en los próximos 100 años y tal vez más. Estas predicciones causan alarma, pues las consecuencias, a nivel mundial del impacto que tendría el aumento de la

temperatura, serían catastróficas. El cambio del clima a nivel mundial no traería consigo más que caos y destrucción.

Aunque el calentamiento global traería dramáticas consecuencias tanto para la humanidad como para el ambiente, sus efectos más dramáticos se verán en el futuro, mientras que las consecuencias de los otros elementos de cambio global ya están ocurriendo (Jaramillo, 1994). Es así que la perspectiva de un planeta inhabitable debido a los cambios ambientales globales provocados por el hombre son ya una posibilidad real e inminente.

Aceptación de los hechos

El cambio ambiental no está a discusión. Sin embargo, hay algunos hechos indiscutibles e incuestionables. Primero, que durante los últimos 100 años se ha registrado un aumento de 0.5°C en la temperatura global del planeta. Segundo, la concentración atmosférica de gases de efecto invernadero ha estado aumentando durante décadas, desde la época preindustrial, como resultado de las actividades humanas. Las concentraciones de CO₂ han aumentado de cerca de 280 a casi 360 ppm, el metano de 700 a 1720 ppm y los óxidos de nitrógeno (N₂O) de 275 a 310 ppb. Consecuentemente, no debemos sorprendernos de que estamos calentando el planeta, la confirmación oficial de estos hechos ocurrió en 1955, cuando El Panel Intergubernamental de Cambio Climático (PICC) (grupo científico oficial establecido en 1988 por las Naciones Unidas para investigar el cambio climático, y cuyo trabajo influyó en la preparación de la Convención Marco sobre Cambio Climático, firmada en 1992 en la Cumbre de la Tierra) publicó su segundo informe, escrito y revisado por unos 2,000 científicos y expertos. Encontraron que "hay una visible influencia humana sobre el clima global".

Evidencias

Las grandes escalas de tiempo involucradas en el sistema climático, subrayan la urgencia de acciones inmediatas, ya que los gases de efecto invernadero tienen una larga permanencia en la atmósfera: se espera que entre 40 y 60% del bióxido de carbono (CO₂) liberado a la atmósfera tarde muchas décadas para ser removido.

Cuando se analizan las variaciones de la temperatura es necesario referirse a las escalas de tiempo, ya que las variaciones se pueden dar a lo largo de un día, de un año, y escalas mayores de tiempo como las glaciaciones.

Mediante estudios paleoclimatológicos como análisis de $\delta^{18}O$ y CO_2 en columnas de hielo extraídas de los polos, registros climáticos generados a partir de los anillos de crecimiento de árboles o los registros de sedimentos y polen en los estratos del subsuelo, muestran una concordancia significativa.

Los estudios indican que durante el periodo interglacial (de los 125 000 a los 115 000 años a.C.) existieron oscilaciones climáticas que determinaron la existencia de periodos calientes (hasta $2^{\circ}C$ más que en la actualidad) y fríos (hasta $5^{\circ}C$ menos que en el Holoceno).

¿Qué hay con respecto al calentamiento global? Pudiera ser que tal calentamiento sea sólo parte de la variabilidad natural de la atmósfera y que actualmente nos encontremos en la parte ascendente de alguna de las oscilaciones con periodo de decenas o cientos de años.

Por otra parte, en el pasado han existido concentraciones de CO_2 mucho más grandes que las actuales, pero éstas se dieron gradualmente, en periodos de muchos miles de años, mientras que los cambios actuales se dan en periodos muy cortos.

La atmósfera primitiva era más rica en carbono (3%) que en la actualidad (0.035%) y evitaba la salida de la radiación produciendo un calentamiento. Es decir, este gas producía un efecto de invernadero.

La composición de la atmósfera no ha permanecido constante desde el origen del planeta. Aun cuando no se sabe con exactitud cuál era la composición de la atmósfera primaria del planeta, es muy probable que en el surgimiento de la vida, la atmósfera estuviera dominada por el nitrógeno molecular (N_2), menores proporciones de vapor de agua, cantidades muy pequeñas de gases emitidos por la actividad volcánica y carencia de oxígeno.

Las primeras formas vivientes utilizaban el sulfuro de hidrógeno (H_2S) como fuente de hidrógeno; pero su disponibilidad limitada y la creciente demanda obligó a las bacterias

anaeróbicas a utilizar agua (H₂O) como fuente de hidrógeno. Esta innovación metabólica (aparición de las bacterias aerobias) tuvo grandes implicaciones para la historia de vida del planeta, ya que los organismos aerobios liberaron grandes cantidades de oxígeno a la atmósfera como un residuo metabólico, el cuál se empezó a acumular provocando cambios catastróficos porque constituyó un veneno letal para los organismos de aquel tiempo, dando origen a lo que se conoce como anomalía planetaria, el cambio más dramático provocado por la presencia de seres vivos en el planeta.

Los gases de efecto invernadero han desempeñado un papel fundamental en la regulación de la temperatura del planeta. Sin la presencia de los gases de efecto invernadero, la atmósfera sería 33°C más fría y el planeta estaría congelado. Durante los últimos 140 millones de años la temperatura promedio de la Tierra no ha bajado de 15°C ni ha rebasado los 30°C, propiciando condiciones favorables para la vida.

En la actualidad estamos preocupados por un cambio de 0.028% a 0.035% en la concentración de CO₂ atmosférico y sus consecuencias en el patrón climático; sin embargo, el cambio ocurrido hace 2,000 millones de años debido al incremento en la concentración de oxígeno de 0.0001% a 21% (un cambio de cinco órdenes de magnitud) que se ha mantenido constante.

La amenaza sobre la vida

El aumento de la temperatura es la señal más clara del cambio climático. De acuerdo con el PICC la temperatura global promedio ha aumentado 0.6°C con respecto al promedio preindustrial. Los efectos en un futuro próximo serían muy severos. Muchos ecosistemas naturales no serán capaces de ajustarse lo suficientemente rápido al acelerado calentamiento global (conduciendo al incremento repentino en las tasas de extinción de especies).

Debido al derretimiento de los glaciares continentales y a la expansión térmica del agua, el nivel del mar aumentaría entre 0.5 y 1.0 m si se alcanza el doble de los niveles preindustriales de CO₂. El nivel promedio del mar ha aumentado entre 10 y 25 cm, lo cual es significativamente más alto que la tasa promedio de los últimos cientos de años.

Las amenazas sobre el abasto de agua debido a las altas tasas de evaporación, el derretimiento de los glaciares y de la nieve, así como la disminución en la precipitación

serían muy significativas. Casi todos los continentes han experimentado una "sequía del siglo" desde 1990. La inseguridad climática podría ser catastrófica para los agricultores, quienes tendrían dificultades para saber cuándo sembrar y cuándo cosechar. Habría un claro daño primero para la seguridad alimentaria, por la proliferación de las sequías; segundo, aumentará la frecuencia de las inundaciones por las tormentas violentas y conforme aumente el nivel del mar, se perderían valiosas tierras fértiles; y tercero, la proliferación de plagas. Esta situación podría exacerbar los problemas existentes como la malnutrición crónica, que afecta a casi 700 millones de personas.

Es probable que el cambio climático también tenga impactos adversos en la salud humana, con pérdidas significativas de vidas. Los efectos directos sobre la salud incluyen incremento en la mortalidad, aumentos en la transmisión potencial de enfermedades infecciosas transmitidas por vectores, como la malaria, el dengue, la fiebre amarilla y la encefalitis viral.

El cambio climático también constituye una amenaza real de desestabilización y conflictos sociales. El efecto de reducción en la extensión de las costas generaría cientos de millones de refugiados climáticos, más de los que han existido en el mundo en el transcurso del siglo veinte. Se producirían severas alteraciones en el suministro de alimentos en el mundo, debido a la incidencia de inundaciones, sequías, pérdida de cosechas y enfermedades provocadas por el cambio climático, que traerían como consecuencia hambruna, guerras y desordenes civiles en muchos países. Como ha señalado el secretario general de las Naciones Unidas, Boutros Boutros-Gali: "la próxima guerra en el Medio Oriente será por el agua, no por motivos políticos?".

Una de las predicciones centrales de los climatólogos es que serán más frecuentes los climas extremos, con importantes consecuencias en las infraestructuras humanas y en la economía. Las pérdidas catastróficas sobre la propiedad han sido enormes en los últimos años. En 1995, los extremos climáticos causaron pérdidas por \$100.000 millones de US\$). Si esto le parece mucho, imagine las consecuencias económicas en el caso de inundaciones en las grandes ciudades del mundo, muchas de las cuales están asentadas en las costas, como Nueva York y Bombay. Retroalimentación positiva. El calentamiento global inducido por el hombre podría producir círculos viciosos que acelerarían el cambio climático (77). En un principio, el aumento en la concentración de bióxido de carbono en la atmósfera fertilizará la vegetación y acelerará su crecimiento, pero el aumento en la temperatura provocaría mayor evaporación, disminución de la

precipitación y el colapso de los ecosistemas tropicales, con una mayor pérdida de biodiversidad. Como resultado, la cantidad de bióxido de carbono que absorbe la vegetación no sólo disminuiría, sino que alrededor del año 2080, la vegetación degradada emitiría más bióxido de carbono del que absorban los árboles que queden vivos (76). El derretimiento de los polos (199) reduciría la superficie blanca reflectiva, incrementando el área oscura del planeta, la cual absorbe más calor solar (77).

Límites ecológicos

Para estar seguros de evitar interferencias dañinas con el sistema climático, lo que constituye el objetivo final de la Convención de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático, debemos estabilizar las concentraciones de CO₂ a 350 ppmv tan pronto como sea posible. El grado de nuestra interferencia con la naturaleza significa que estaríamos golpeando a la Tierra con un asteroide ecológico tan dañino como uno proveniente del espacio. Por lo que debemos enfrentar el problema a la brevedad posible.

Soluciones

Para evitar un daño extensivo, necesitamos un programa rudo, incluso si ello significa reasignar prioridades económicas. La prevención del cambio climático debe sentar precedentes. Ya existe la tecnología para resolver el problema. Contamos con la energía solar y solar-hidrógeno, biocombustibles, viento, energía de las olas, y automóviles con rendimientos de 150-200 millas por galón. Necesitamos poner énfasis en la eficiencia energética en los hogares y en las industrias a través de mejores diseños y el uso de sistemas de iluminación de ahorro de energía. Podría introducirse un impuesto de carbono, duplicar los precios del petróleo, etc. En resumen, el problema no es sólo técnico sino también social.

Si los países están de acuerdo en atacar el problema del cambio climático, deben hacerse reformas fundamentales en los sistemas económicos como un prerrequisito para lograrlo. Estos cambios no sólo deben contribuir a evitar el cambio climático, sino que deberían brindar otros beneficios. De acuerdo con Friends of the Earth, la reducción en las emisiones de CO₂ ayudaría a crear un millón de empleos en Gran Bretaña, mediante la expansión del transporte público, el rápido desarrollo de fuentes de energía renovable y el aumento en la eficiencia del uso de energía. De igual forma, en los EUA se estima que la reducción en las emisiones de gases de efecto invernadero para el año

2010 en un 10% por debajo de las emisiones de 1990, generaría 773,000 nuevos empleos y contribuiría a la economía familiar en \$530 USD al año por ahorro de energía. Otros beneficios de la estrategia de reducción de emisiones incluyen: reducción de costos en la industria y en los hogares, reducción de la contaminación en las grandes ciudades, disminución en asma, tráfico y lluvia ácida; incluso disminuiría la dependencia en el Medio Oriente y los bosques del mundo estarían más seguros. Por estas razones, deberíamos ver al cambio climático no como una amenaza sino como una oportunidad de cambiar para mejorar el nivel de vida. Muchos de esos cambios pueden lograrse hoy.

Para combatir la generación de gases de efecto invernadero investigadores y funcionarios han solicitado la conservación de energía, impuestos a las emisiones bióxido de carbono y el rápido desarrollo de fuentes de energía renovable, tales como la solar y la eólica. Un creciente número de científicos afirma que existen otros medios para combatir el calentamiento, que podrían atacar el problema en forma más directa: devolver el carbono al lugar de donde proviene, debajo de la tierra.

La idea del "secuestro" de carbono no es nueva. Una forma es simplemente cultivar más árboles, los cuales absorben el carbono de la atmósfera y lo convierten en madera. Aunque la extensión de las plantaciones sería enorme, estima que de 10 a 15% del problema del bióxido de carbono podría resolverse en esta forma.

Otros científicos, apoyan la idea de colocar el carbono donde no esté en contacto con la atmósfera. Howard J. Herzog del Instituto Tecnológico de Massachusetts, por ejemplo, propone bombear el bióxido de carbono a las profundidades del océano. El océano contiene al menos 50 veces más carbono que la atmósfera, por lo que afladir el bióxido de carbono proveniente de la quema de combustibles fósiles al mar tendría un efecto proporcionalmente menor.

El apoyo de esta disposición también se basa en el hecho de que buena parte del bióxido carbono que hoy está libre, de todas formas encuentre su destino en el océano, alterando la química de las aguas superficiales. La propuesta de colocarlo a mayores profundidades sería menos dañina, debido a que pasarían cientos de años antes de que el carbono disuelto regrese a la superficie, un retraso que podría amortiguar el repentino aumento de niveles alarmantes. Herzog y otros investigadores realizarán pruebas en breve, tal vez en Hawaii, para investigar cómo afectaría a la región el bióxido de carbono entubado a las profundidades del océano.

En lugar de secuestrar el bióxido de carbono en el mar, otros investigadores proponen que el carbono debería ser regresado a la tierra. Muchos depósitos de gas natural contienen enormes cantidades de bióxido de carbono; así que es improbable que al bombear más de este gas se dañe el ambiente subterráneo. Los ingenieros petroleros conocen bien la mecánica de esta operación. Durante años, las compañías petroleras han extraído bióxido de carbono de los depósitos subterráneos y lo han inyectado a formaciones profundas para ayudar a extraer el petróleo de los yacimientos que se agotan.

Como hemos visto, el aumento de la temperatura es la señal más clara del cambio climático, sin embargo, existe una serie de posibles efectos y consecuencias: incremento repentino de las tasas de extinción de especies, amenazas sobre el abasto de agua, impactos adversos en la salud humana, amenazas de desestabilización y conflictos sociales, incidencia de tormentas, inundaciones y sequías relacionadas con incendios. Para evitar un daño extensivo, necesitamos un programa intensivo, incluso si ello significa reasignar prioridades económicas. La prevención del cambio climático debe sentar precedentes. Ya existe la tecnología para resolver el problema. Contamos con fuentes de energía alternativa. Si los países están de acuerdo en atacar el problema del cambio climático, deben hacerse reformas fundamentales en los sistemas económicos como un prerrequisito para lograrlo. Los gobiernos del mundo deben decidir si permiten que prevalezca el esquema suicida de los intereses del carbono, del petróleo y del gas, o un futuro sustentable basado en un mayor uso de la energía renovable y una mejor armonía con la naturaleza. Nuestro futuro está en sus manos.