

El mayor problema y el reto más importante que enfrentará la especie humana en un futuro no muy lejano será el Calentamiento Global. Los cambios climáticos, producidos principalmente por la actividad humana, están modificando el comportamiento del clima del planeta y los efectos que pueden derivarse de esos cambios pueden ser desastrosos. Estos cambios ya están con nosotros y se están acelerando de una manera inesperada. Nunca la humanidad había estado en una situación similar y jamás había tenido la necesidad de adaptarse tan rápidamente.

La celeridad y la posible magnitud del calentamiento global causarán grandes modificaciones del comportamiento climático, creando eventos extremos cuyo impacto será de proporciones gigantescas. Estas nuevas situaciones, algunas con características de catástrofe, pondrán a prueba la capacidad de la especie humana para atender y adaptarse a las situaciones cambiantes. Sin embargo, no solamente la especie humana, sino todos los seres vivos sentirán la presión de los cambios, los ecosistemas naturales se verán seriamente afectados y muchas especies estarán en peligro de extinción. Todos los ecosistemas naturales sufrirán el impacto de los eventos climáticos extremos, muchos serán seriamente afectados y muchos serán destruidos.

La voz de alarma se ha venido dando durante varias décadas, se han presentado muchas evidencias de la conexión entre la actividad humana y el posible efecto sobre el clima del planeta. La mayoría de las evidencias indican que el uso desmesurado y despilfarrador de la energía es causa importante de los efectos que se vislumbran. Principalmente el uso masivo de combustibles fósiles como el petróleo y el carbón, utilizado en su mayoría para la producción de electricidad y en los sistemas de transporte, crearon las condiciones para el calentamiento global. Los millones de toneladas métricas de combustible fósil que se consumen diariamente, producen también millones de toneladas métricas de dióxido de carbono que van a la atmósfera y producen la retención del calor, creando el efecto invernadero. Esa cantidad ha sido tan masiva, que los sumideros de dióxido de carbono, están superados en su capacidad para consumir o atrapar ese gas.

En este escrito se ha tomado como documento base, el 4º. Informe del IPCC (Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático) de 2007, que hace parte de las Naciones

Cambio climático

El futuro del planeta

Bernardo Fontal*



Foto: http://images.indymedia.org/imc/estrecho/image/4/2_p1010079.jpg

calentamiento global



Unidas y presenta, a mi juicio, el informe más confiable sobre los diversos aspectos relacionados con el cambio climático.

Aspectos físicos del cambio climático

Los aumentos de gases invernadero y los que contienen los aerosoles en la radiación solar y en propiedades de la superficie terrestre, alteran el balance energético del sistema climático. Las concentraciones atmosféricas de dióxido de carbono, metano y óxido nitroso se han incrementado de manera considerable como resultado de las actividades humanas desde el año 1750 de nuestra era y ahora exceden, en mucho, los valores preindustriales detectados en el análisis de muestras de hielo y que se extienden miles de años al pasado. Los aumentos en la concentración del dióxido de carbono son debidos principalmente al consumo de combustibles fósiles, a la deforestación y los cambios en el uso de la tierra, mientras que los de metano y óxido nitroso obedecen esencialmente a la agricultura.

Los cambios en las concentraciones atmosféricas de estas sustancias se han podido determinar por los resultados obtenidos del método utilizado para analizar las muestras de hielo. La concentración atmosférica global del dióxido de carbono ha aumentado desde los mencionados valores preindustriales de 280 ppm (partes por millón) a 379 ppm en el año 2005, que excede el rango natural durante los últimos 650.000 años (180 a 300 ppm). La concentración atmosférica global de metano se ha incrementado desde un valor preindustrial aproximado de 715 ppb (partes por billón) a 1.732 ppb a principios de 1990, para ascender a 1.774 ppb en el 2005.

La concentración atmosférica de metano en el año 2005 excede mucho el rango natural en los últimos 650.000 años (320 a 790 ppb). El incremento en la concentración del metano es causado por las actividades antropogénicas, predominantemente la agricultura y el uso de combustibles fósiles. La concentración atmosférica global de óxido nitroso aumentó desde un valor preindustrial de 270 ppb a 319 ppb en 2005; el crecimiento ha sido aproximadamente constante desde 1980. Más de un tercio de las emisiones del óxido nitroso son antropogénicas y también obedecen principalmente a la agricultura. El gran reservorio tanto de dióxido de carbono y metano disueltos son los mares y las tierras congeladas o tundras. Allí están almacenados millones de toneladas de ambos gases, disueltos como el dióxido de carbono o en la forma de hidratos de ambos gases, que son estables a bajas temperaturas y altas presiones. En el caso de un calentamiento global, estos hidratos empezarán a descomponerse y lanzar a la atmósfera millones de metros cúbicos de esos gases invernadero, en un proceso de autogeneración que puede ser catastrófico para el clima del planeta.

Observación de cambios climáticos recientes

El calentamiento del sistema climático es innegable, y es ahora evidente cuando se observan los aumentos de la temperatura global promedio del aire y océanos, el



calentamiento global



derretimiento generalizado de hielo y nieve, y ascenso global del nivel promedio del mar. Once de los años comprendidos del periodo 1995-2005, se han calificado entre los 12 años más calientes de acuerdo con las mediciones instrumentales de temperaturas globales a nivel del suelo (desde 1850).

La tendencia lineal de calentamiento de los últimos 50 años (0,13°C por década) corresponde a cerca del doble de la calculada para los últimos 100 años. El contenido de vapor de agua atmosférico promedio ha incrementado desde los años 1980 sobre la tierra y los océanos, como también en la tropósfera alta. Las observaciones realizadas desde 1961 muestran que la temperatura promedio de los océanos globales se ha incrementado a profundidades de al menos 3 mil metros y que los océanos han estado absorbiendo más de 80% del calor añadido al sistema climático.

Tal calentamiento causa una expansión del agua del mar, contribuyendo a que se eleve el nivel del mar. Los glaciares de montaña y la cubierta de nieve han declinado en promedio en ambos hemisferios. Se han producido pérdidas de las capas de hielo de Groenlandia y la Antártida, que muy probablemente han contribuido a que el nivel del mar suba en el periodo comprendido entre 1993 y 2003. La disminución de hielo de Groenlandia ha ocurrido debido a que el deshielo ha excedido a la acumulación de nevadas.

El nivel del mar global promedio ha subido alrededor de 1,8 mm por año desde 1961 a 2003, efecto que se produjo aún con mayor celeridad de 1993 a 2003, cerca de 3,1 mm por año; el aumento total para el siglo XX se estima en 0,17 metros. Han ocurrido cambios dramáticos y acelerados en la temperatura y el deshielo en el Ártico; también cambios generalizados en el planeta en cuanto a la cantidad de precipitación, salinidad oceánica, patrones de vientos y extremos climáticos incluyendo sequías, fuertes precipitaciones, olas de calor y la intensidad de ciclones tropicales (huracanes y tifones). Las temperaturas promedio en el Ártico casi han duplicado el promedio global en los últimos 100 años.

Desde 1978, datos satelitales han mostrado que la extensión promedio anual del hielo oceánico Ártico se ha reducido en 2,7% por década, con disminuciones mayores en el verano de 7,4% por década. Las temperaturas encima de la capa de permafrost (terreno helado permanente) ha crecido de manera generalizada desde los años 1980 en el Ártico (hasta unos 3°C). El área máxima cubierta por terreno congelado estacionalmente ha decrecido en aproximadamente 7% en el hemisferio norte desde 1900, con una disminución en la primavera de hasta 15%. Aumentos significativos en precipitación se han observado en el este de Norte y Sur América, norte de Europa y norte y centro de Asia.

Se han observado sequías en el Sahel, el Mediterráneo, sur de África y partes del sur de Asia. Se pronostican cambios en precipitación y evaporación sobre los océanos por desalinización de aguas en latitudes medias y altas, junto con aumentos en salinidad en aguas de bajas latitudes. Los vientos occidentales en latitudes medias se han fortalecido en ambos hemisferios desde los años sesenta. Las sequías más intensas y más largas se han observado en áreas cada vez más grandes desde los años setenta, particularmente en el trópico y sub-trópico. Los aumentos en la sequedad, ligado a temperaturas más altas y la disminución de las precipitaciones han contribuido a cambios en la sequía; los cambios en la temperatura de la superficie marina, patrones de vientos y disminución en la acumulación de nieve y cubierta de nieve han sido asociadas con esta situación climatológica.

La frecuencia de los eventos de precipitaciones fuertes ha aumentado sobre la mayoría de las áreas terrestres, consistente con aumentos observados de vapor



de agua atmosférico. Cambios muy extensos en temperaturas extremas se han observado en los últimos 50 años. Los días fríos y las noches frías y heladas se han hecho menos frecuentes. Mientras que días calientes, noches calientes, y olas de calor se han hecho más usuales. Hay evidencia de un aumento en la actividad de ciclones tropicales intensos en el Atlántico Norte desde alrededor de 1970, correlacionados con aumentos en la temperatura de la superficie oceánica tropical.

El nivel del mar global promedio en el último período interglacial (hace 125 mil años) fue probablemente 4 a 6 metros más alto que durante el siglo XX, principalmente debido al retroceso del hielo polar. Las muestras de hielo indican que la temperatura polar promedio en esa época eran 3 a 5°C más altas que el presente, debido a diferencias en la órbita de la Tierra. Las capas de hielo de Groenlandia y otras áreas de hielo del Ártico probablemente contribuyeron a no más de 4 metros en la elevación del nivel del mar.

Proyecciones de futuros cambios en el clima

Para las próximas dos décadas se proyecta un calentamiento de cerca de 0,2°C por década. Aun si las concentraciones de todos los gases invernadero y los aerosoles se hubieran mantenido constantes a los niveles del año 2000, se esperaría un calentamiento adicional de cerca de 0,1°C por década. Igualmente, se llegaría a cerca del doble del calentamiento (0,2°C por década), si las emisiones continúan en los volúmenes actuales.

El aumento en las concentraciones de dióxido de carbono atmosférico conduce, a su vez, al incremento de la acidificación de los océanos. Se hacen proyecciones de reducciones en el pH promedio global de la superficie oceánica entre 0,14 y 0,35 unidades para el siglo XXI, que se agregarían a la disminución actual de 0,1 unidades desde los tiempos pre-industriales. En cuanto a la cobertura de nieve se calcula que se contraerá y habrá aumentos extendidos en la profundidad del derretimiento en la mayoría de las regiones de terrenos congelados (permafrost), y además que se reducirá el hielo marino en el Ártico y la Antártida.

En algunas proyecciones el hielo marino en el verano tardío del Ártico desaparecerá casi completamente en la última parte del siglo XXI. Es muy probable que los extremos de calor, olas de calor y eventos de precipitaciones fuertes continúen y sean más frecuentes. Se presume, de acuerdo con la aplicación de diferentes de modelos, que los ciclones tropicales futuros (tifones y huracanes) se volverán más intensos, con velocidades de viento pico mayores y precipitaciones más fuertes asociadas con el incremento de vuelos transatlánticos supersónicos.

El calentamiento antropogénico y la elevación del nivel del mar continuará por centurias debido a las escalas de tiempo asociadas con procesos climáticos y las respectivas retroalimentaciones, aun si la concentración de gases invernadero se estabilizaran. La expansión térmica continuaría por muchos siglos, debido al tiempo requerido para transportar el calor en el océano profundo.

Se prevé que la contracción de las capas de hielo de Groenlandia continuará contribuyendo al asenso del nivel del mar después del 2100. Los modelos actuales sugieren un aumento en las pérdidas de masa glaciar por la temperatura de forma más rápida que la formación de hielo determinada por la precipitación, y que el balance de la masa superficial se vuelve negativa en un calentamiento global promedio (relativo a los valores preindustriales) en exceso de 1,9 a 4,6°C. Si un balance negativo de masa de hielo superficial se mantiene por milenios, esto conduciría a una virtualmente completa



eliminación de las capas de hielo de Groenlandia y una contribución resultante de elevación del nivel del mar en aproximadamente 7 metros.

Las temperaturas futuras correspondientes en Groenlandia son comparables a aquellas inferidas para el último período interglacial hace 125.000 años, cuando la información paleoclimática sugiere una reducción en la extensión de hielo polar sobre tierra y una subida del nivel del mar de 4 a 6 metros. Las emisiones de dióxido de carbono antropogénico pasadas y futuras, continuarán contribuyendo al calentamiento y a la subida del nivel del mar por más de un milenio, debido a las escalas de tiempo requeridas para la remoción de este gas de la atmósfera.

Qué podría hacerse frente a esta realidad

Solamente con un cambio de patrón de consumo energético o el uso de fuentes de energía alternativas, se podrá empezar a cambiar la dirección de modificación ambiental que ya se ha iniciado. A pesar de la existencia de un protocolo, el establecido en Kioto, para iniciar el control de la producción de gases invernadero, muchos países poderosos como Estados Unidos y Australia, se han negado a firmarlo y han mantenido una campaña para desconocer las causas del calentamiento global. La única razón ha sido la avaricia y la codicia de sus economías que no desean hacer los ajustes necesarios para contribuir a la resolución del problema del cambio climático.

Pero las consecuencias de los extremos climáticos como las inundaciones, la sequía, las olas de calor, los huracanes, los tornados, no conocen fronteras y esos mismos países, sus habitantes y sus economías, sentirán los rigores de la naturaleza que lanzará su furia energética cada vez con mayor frecuencia y con mayor rigor. Sólo con la contribución de todos los habitantes del planeta, con mayor dedicación, con mayor entendimiento, con mayor solidaridad, con mayor desprendimiento y mayor responsabilidad, podremos enfrentar los problemas que se avecinan y garantizar nuestra supervivencia.



Foto: http://www.greenpeace.org/raw/image_orig/espana/photos/videos/greenpeace-celebra-hoy-el-prim.jpg

calentamiento global



**Profesor, investigador de la Facultad de Ciencias, Departamento de Química
Universidad de Los Andes, Mérida
E-mail: fontal@ula.ve*