

El pronóstico del tiempo para los próximos días, meses, años.....

VÍCTOR MAGAÑA

Mucha gente se pregunta si los veranos son ahora más calientes que antes y si llueve menos o más. El cambio en el clima, el "agujero de ozono" y el fenómeno de El Niño, parecen ya ser parte del vocabulario de muchos. Opiniones y preocupaciones sobre variaciones en el clima se expresan día a día pero, ¿qué hay detrás de lo que intuitivamente sentimos que está pasando con nuestra atmósfera?, ¿la estamos calentando? o ¿posee "los mecanismos" necesarios para adaptarse a las modificaciones asociadas a factores antropogénicos? Estas preguntas son las mismas que están en la mente de muchos científicos en el mundo y son motivo de grandes discusiones y proyectos.

Cuando se habla de variaciones en el clima, se habla implícitamente de la circulación de la atmósfera en diferentes escalas de tiempo y espacio. Para tener una idea de como se pueden interpretar dichas relaciones espacio-tiempo hagamos referencia a la figura 1. En esta gráfica se observa que cuanto más grande sea la escala en el espacio del fenómeno mayor es la escala de tiempo que se utiliza para su descripción y viceversa. A muchos nos gustaría pronosticar en forma precisa cuál será el clima de la Ciudad de México en diez años bajo los efectos, por ejemplo, del aumento de gases de invernadero, pero esto aún no es posible. Cuando más, podemos especular acerca de cómo variará la temperatura en los trópicos, ya que para la descripción adecuada de cualquier fenómeno atmosférico se deben siempre considerar escalas de tiempo y espacio. Por ejemplo, los procesos de menor escala ocurren generalmente en horas o minutos y están cercanos a lo que se conoce como turbulencia, por lo que su estudio es difícil. Para simplificar la descripción de fenómenos atmosféricos se ha creado una subdivisión un poco artificial. Así, se tienen procesos de escala planetaria ($\sim 10^4$ km), sinóptica ($\sim 10^3 - 10^2$ km), mesoescala ($< 10^2$ km), etc., y



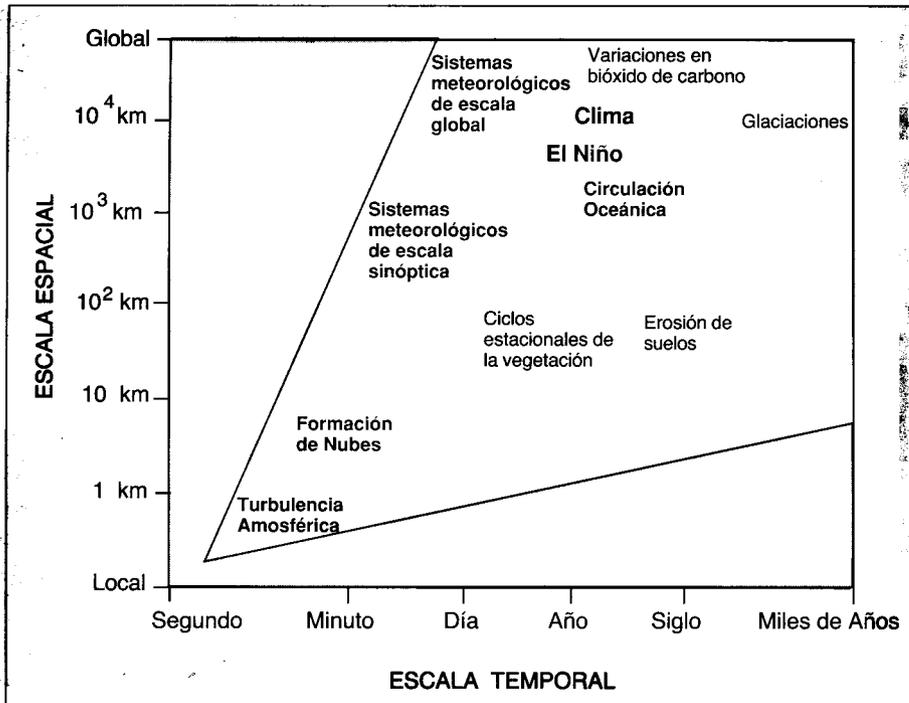


Figura 1. Relación espacio-tiempo para algunos procesos que ocurren en el sistema atmósfera-oceano-continente.

se habla de tiempo y clima según sea su escala temporal.

En Meteorología las subdivisiones no deben hacernos pensar, sin embargo, que las variaciones en el clima son independientes de las variaciones en el tiempo en escala sinóptica. Después de todo, el clima no es sino el tiempo promedio que ha hecho durante muchos días. Supongamos que iniciamos nuestro estudio de variaciones climáticas analizando alguna escala de tiempo, la más pequeña que se nos ocurra, digamos un día, y pensemos en una de las variables con las que estamos más familiarizados, la temperatura. Durante la mañana ésta comienza a subir, llega a un máximo y por la noche y madrugada desciende hasta alcanzar un mínimo antes de volver a subir. Nos podemos referir a tales variaciones como una oscilación con periodo de un día. Los valores máximos y mínimos de tales oscilaciones dependen de la estación del año. En general, serán mayores durante el verano y menores durante el invierno, es decir son

modulados por las estaciones. Tales máximos y mínimos de la temperatura durante las estaciones son a su vez modulados por oscilaciones interanuales que, aunque no siempre tienen un periodo regular, están presentes. Ejemplos de tales fluctuaciones en el clima son el popular fenómeno de El Niño y su menos conocida contraparte, La Niña. Podemos continuar hablando de oscilaciones en escalas mayores de tiempo, modulando escalas menores, hasta llegar a las fluctuaciones de miles de años, como las glaciaciones. Basados en tales procesos de modulación, ¿qué decir por ejemplo, de procesos de calentamiento global de la atmósfera? 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. ¿No hay motivo, entonces, para preocuparse si se duplica el bióxido de carbono o el metano "gracias" a las industrias contaminantes en el mundo? Las

respuestas son motivo de discusiones acaloradas en los grandes foros científicos y políticos. Gente a favor y en contra expresa opiniones, no siempre sobre bases firmes, principalmente porque aún no se entiende de manera adecuada como funciona y "reacciona" nuestra atmósfera a factores anómalos externos.

El problema de la variabilidad en la circulación atmosférica se estudia basándose en consideraciones físicas, pues sólo en este marco de referencia se pueden abordar problemas como el de los cambios en el tiempo y en el clima, que son el resultado de complejas interacciones entre atmósfera, océano y continentes.

Consideraciones sobre el calentamiento global

El efecto invernadero

En la actualidad, el calentamiento global y las consecuentes catástrofes en el mundo se dan como un hecho. El incremento observado en el último siglo en la concentración de bióxido de carbono (CO₂) y otros gases "de invernadero" nos ha llevado a crear escenarios de climas con sequías devastadoras y hundimiento de ciudades bajo los efectos del creciente nivel del mar asociado al deshielo en los polos. Sin embargo, la evaluación objetiva de estos peligros requiere una determinación real del problema.

El sistema Tierra-atmósfera es calentado por radiación solar de onda corta dada por $S_0 (1-\alpha)/4$, donde S_0 es la "constante" solar, α es la fracción de radiación reflejada por la Tierra y el factor 4 está relacionado con la geometría de la Tierra. Este calentamiento debe ser balanceado por emisiones de onda larga (térmica o infrarroja) hacia el espacio (figura 2a). La razón de enfriamiento está dada por σT_e^4 , donde σ es la constante de Stefan Boltzman y T_e es la temperatura efectiva a la que radía el

sistema. En condiciones de equilibrio:

$$S_0 (1-\alpha)/4 = \sigma T_e^4$$

que al tomar un valor aproximado de 0.3 para el albedo nos da una temperatura T_e de 255°K (-18°C). Si no existiera la atmósfera ésta sería la temperatura de la superficie de la Tierra.

El vapor de agua, el bióxido de carbono, y otros gases de invernadero son relativamente ineficientes para absorber radiación de onda corta (solar), pero eficientes para absorber la radiación de onda larga. Así, los gases de invernadero absorben la radiación emitida por la superficie y la re-emiten tanto a la superficie, donde produce un calentamiento adicional, como al espacio, para mantener un balance entre la energía que entra y la energía que sale del sistema (Figura 2b). Como resultado, la temperatura superficial media del planeta (~285K) es significativamente más elevada que la temperatura T_e con la que radiaría el sistema si no existiera la atmósfera. Este aumento en la temperatura superficial es lo que se conoce como efecto de "invernadero". Un aumento en CO_2 permitiría atrapar más radiación de onda larga lo que resultaría en una mayor temperatura superficial.

Aunque gran parte del CO_2 que producimos es absorbido por los océanos, mediante mecanismos que no son completamente conocidos, durante el último siglo, la cantidad de CO_2 en la atmósfera ha aumentado significativamente. Tal aumento está asociado principalmente al consumo de combustibles fósiles. Existen datos geológicos que muestran que las fluctuaciones de los gases de invernadero están íntimamente relacionadas con variaciones en la temperatura (figura 3). De acuerdo con las predicciones más recientes se prevé que el duplicar la cantidad de CO_2 en la atmósfera se traducirá en incrementos promedio globales de temperatura de superficie de entre 0.5 y 5°C debido al llamado efecto de invernadero y una disminución de la tempe-

ratura en las partes altas de la atmósfera, enfriadas por la radiación térmica emitida por este gas. Por otro lado, el incremento de la cantidad de CO_2 podría estimular un aumento en ciertos tipos de vegetación. Tal posibilidad está siendo estudiada y de ser cierta, podría representar un cambio benéfico.

Ahora bien, el CO_2 constituye sólo una mínima parte de los gases de la atmósfera. La distribución del vapor de agua puede determinar el clima de manera aún más directa. Los diversos procesos que involucran circulaciones oceánicas y atmosféricas, variaciones en la cubierta hielo-nieve, nubes y radiación, etc. son determinantes en la evolución del clima. Por eso para analizar

el fenómeno del calentamiento global se utilizan esquemas que incluyen la mayoría de estos procesos.

El uso de modelos de circulación general de la atmósfera y el océano

El cambio climático global se estudia utilizando diferentes procedimientos. El más común hace uso de modelos numéricos basados en leyes que gobiernan la física de la atmósfera y el océano. Por ejemplo, existen modelos de balance de energía y modelos radiativo-convectivos (Gay y Conde 1992), que se fundamentan en principios de conservación de energía para pronosticar cambios en la temperatura de superficie. Estos modelos han sido utilizados

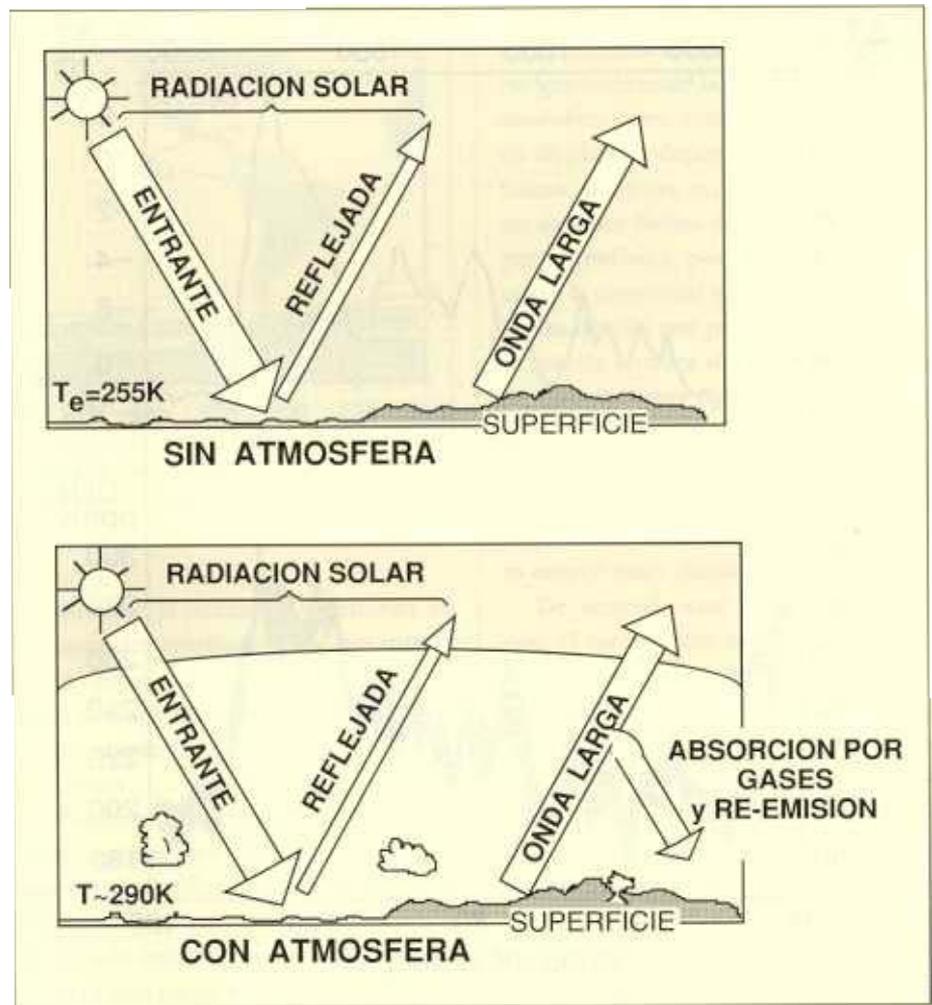


Figura 2. Ilustración esquemática del efecto de invernadero, mostrando el balance entre energía incidente, reflejada y emitida al exterior en (a) un planeta sin atmósfera, y (b) un planeta con atmósfera.

desde los años setentas para obtener pronósticos con cierto éxito.

Existen también los modelos de circulación general (GCM, por sus siglas en inglés), que sacrifican la relativa "simplicidad" de los anteriores con el fin de incluir la mayoría de los efectos que determinan la dinámica atmosférica en gran escala y sus interacciones con los océanos. Por su complejidad, dichos modelos sólo describen procesos de gran escala espacial. Los efectos de menor escala, nubes, orografía, características del terreno, algunas ondas atmosféricas, etc. quedan parametrizados en términos de variables de gran escala. Los GCM son capaces de si-

mular la variación estacional y latitudinal de la temperatura en superficie, la localización de los centros de baja presión donde se generan tormentas, las zonas intertropicales de actividad convectiva, etc., por lo que se han convertido en la herramienta más popular en los estudios del clima.

La manera como se emplean los GCM se basa en el pronóstico de la circulación atmosférica a partir de las condiciones observadas en el presente (experimento de control) y de condiciones iniciales anómalas, que corresponden a escenarios climáticos tales como *El Niño*, las glaciaciones, etc. Los pronósticos que se obtienen a partir de

estas condiciones anómalas son comparados con los obtenidos a partir del experimento de control y de esta forma se logra tener una idea aproximada del impacto en el clima de una situación anómala. Así, se pueden construir escenarios en los que exista el doble de bióxido de carbono en la atmósfera y su correspondiente clima, incluyendo los cambios de la temperatura promedio del planeta.

Aunque el costo de usar modelos de circulación general es alto, pues se requieren de sofisticados equipos de computo, en la actualidad se realizan diversos experimentos numéricos del clima para entender el impacto de un aumento de los gases de invernadero. Son varias las maneras en que se realizan tales experimentos. En uno de los casos, por ejemplo, se aumenta gradualmente el CO_2 hasta duplicarlo en un cierto número de años, tiempo en que se analizan las condiciones anómalas en el clima. Los resultados de estos experimentos muestran que la temperatura promedio superficial aumenta. En otro tipo de experimento, se considera el doble de bióxido de carbono como condición inicial y se corre el modelo hasta alcanzar una situación de equilibrio. Como en el caso anterior, el resultado corresponde a aumentos de temperatura superficial, aunque de diferentes órdenes de magnitud debido a la inercia térmica del océano. Un ejemplo de tales predicciones, para invierno y verano, se muestra en la figura 4.

Los estados de equilibrio alcanzados por la mayoría de los modelos de circulación general acoplados a modelos de océano, que son muy probables de ocurrir en la atmósfera real indican que, de duplicarse la concentración de CO_2 :

- la estratósfera (entre 10 y 50 km de altura) se enfriará,
- la tropósfera (de la superficie a 10 km de altura) se calentará y, el ciclo hidrológico se intensificará.

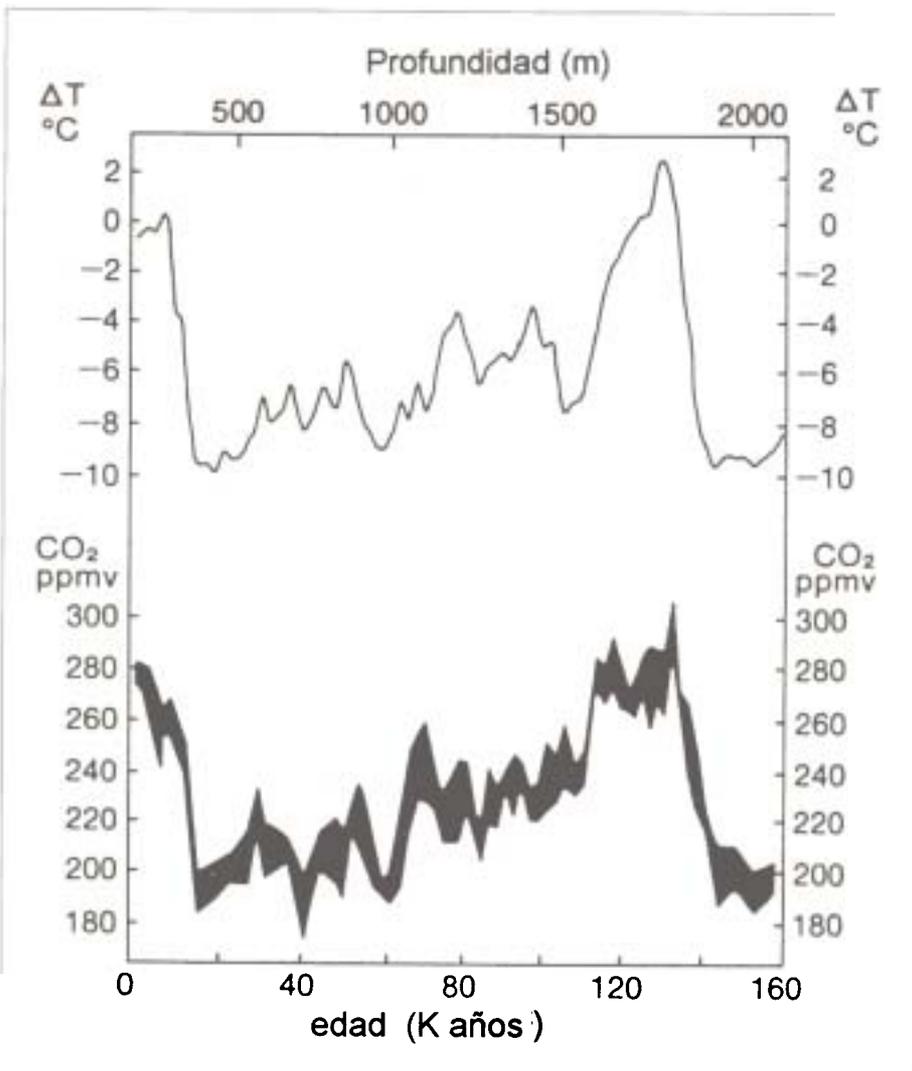


Figura 3. Variaciones en las concentraciones de CO_2 y fluctuaciones en la temperatura superficial durante los últimos 160 000 años a partir de una columna de hielo extraída en la Antártida.

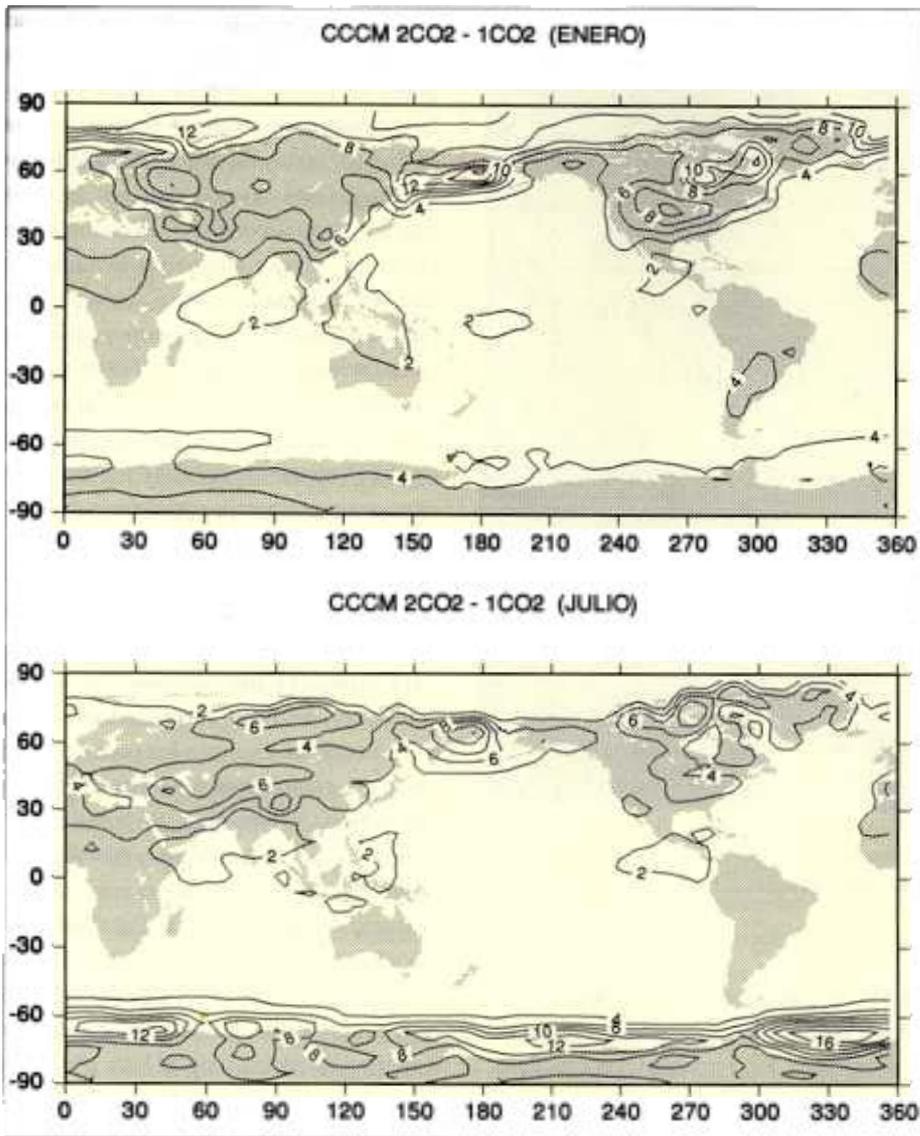


Figura 4. Cambios en la temperatura de superficie pronosticados por el GCM, del Centro Climático Canadiense debidos a un incremento del doble en la concentración del CO_2 en la atmósfera durante (a) invierno y (b) verano.

Por otro lado, los siguientes cambios ocurren en modelos similares y probablemente se observarán en la atmósfera:

- el calentamiento será mayor en latitudes altas durante el invierno,
- el calentamiento medio anual será pequeño en los trópicos,
- el calentamiento en los trópicos variará poco con las estaciones,
- la precipitación aumentará durante los meses de invierno en latitudes medias y altas,
- la humedad del suelo y los escurri-

mientos al océano aumentarán en latitudes medias y altas durante el invierno, y

- el hielo en los polos se derretirá tempranamente y se formará tardíamente.

Finalmente, algunos modelos predicen los siguientes cambios que resultan menos probables de ocurrir en la atmósfera:

- el ciclo anual de la cubierta de nieve será más corto, y
- la humedad acumulada en el suelo será menor durante el verano en las

latitudes medias del hemisferio norte.

La incertidumbre en la mayoría de los resultados se debe a que la sofisticación de los distintos modelos de circulación general parece ser aún insuficiente para entender la variabilidad climática. La respuesta de los GCM puede variar grandemente dependiendo del tipo de modelo de circulación del océano al que sea acoplado. Las diferencias en la temperatura superficial promedio del planeta pronosticada pueden ser de hasta 2°C . Además, como se mencionó anteriormente, un factor más de incertidumbre es la manera en que se ha diseñado el experimento. Si se inicia con condiciones iniciales $2 \times \text{CO}_2$ los cambios pronosticados son mayores que si se aumenta gradualmente la cantidad de CO_2 en la atmósfera. El sentido común indicaría aumentar gradualmente la cantidad CO_2 en la atmósfera pero, cuánto tiempo tardará en duplicarse depende de factores geofísicos, políticos, económicos y sociales, no siempre fáciles de cuantificar. En la parte geofísica, por ejemplo, factores como la capacidad y velocidad de asimilación de CO_2 por parte de los océanos, la inercia térmica de éstos, los tiempos de circulaciones profundas, etc., poco entendidos hasta ahora, son determinantes a la hora de dar una respuesta confiable. Se estima si embargo que la duplicación de la cantidad de CO_2 pudiera ocurrir entre cincuenta y cien años.

De acuerdo con modelos numéricos, el incremento en los gases de invernadero durante los últimos 150 años debería haber producido ya un calentamiento de entre 0.5 y 2°C . Sin embargo, ese cambio no ha sido detectado satisfactoriamente en observaciones de temperatura en superficie y cuando más se habla de un incremento de 0.5°C desde 1880. Esto no significa que el aumento no haya ocurrido. El problema es que las observaciones para determinar el cambio de temperatura en el planeta son pocas y no siempre con-

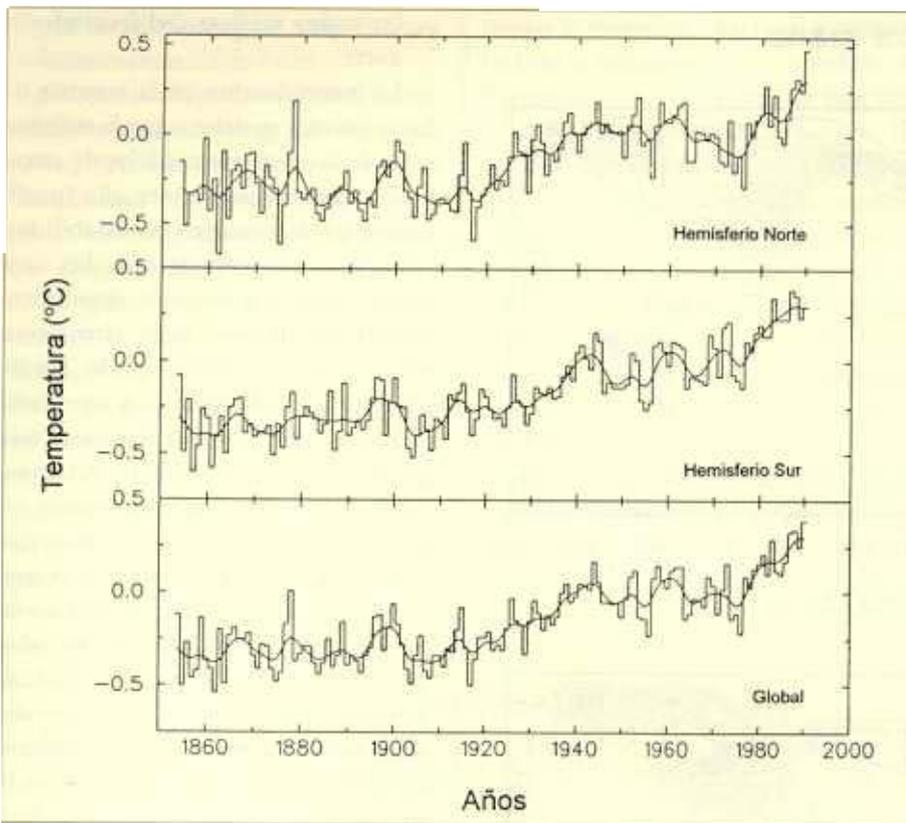


Figura 5. Estimaciones de las variaciones anuales de la temperatura en superficie a partir de 1860, con respecto de una normal de referencia, para el Hemisferio Norte, Hemisferio Sur y global. (Tomado de Jones *et al*, 1991).

sistentes, haciendo difícil corroborar las predicciones de los modelos.

Variaciones climáticas en escalas geológicas de tiempo

Muchos experimentos con los GCM han sido desarrollados para cuantificar y validar simulaciones del clima. Los mismos GCM que ahora se usan para pronosticar el cambio climático en los próximos decenios, han sido utilizados en estudios de paleoclima. La comparación de los resultados numéricos, con datos obtenidos de análisis de O_{18} 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. En varios casos, los cambios de temperatura simulados por los

modelos corresponden con precisión a periodos de calentamiento e incluso de glaciaciones. Sin embargo, las condiciones especiales bajo las que esos experimentos numéricos se realizan pueden llevar a una falsa confianza en la capacidad de los modelos para simular el clima en grandes escalas de tiempo. Mediante estudios paleoclimáticos se ha concluido que el sistema atmosférico es mucho más sensible que nuestra habilidad para modelarlo. Aun así, se sabe que las fluctuaciones de la temperatura asociadas a cambios en CO_2 son reales (figura 3), tal como lo muestran los modelos. Por tanto, aunque la sensibilidad del sistema no sea completamente conocida, es suficientemente grande como para que el rápido aumento en los gases de invernadero sea motivo de preocupación.

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 (decenas de años). El rápido incremento del CO_2 en nuestro tiempo está asociado a condiciones de no-equilibrio que harán aumentar la variabilidad del sistema climático. Las características actuales de la orografía, las circulaciones oceánicas y el terreno, tan diferentes a las de hace millones de años, nos llevan a concluir que de continuar el aumento del CO_2 , los cambios climáticos por venir serán únicos en la historia de la Tierra.

Cambios climáticos durante el último siglo

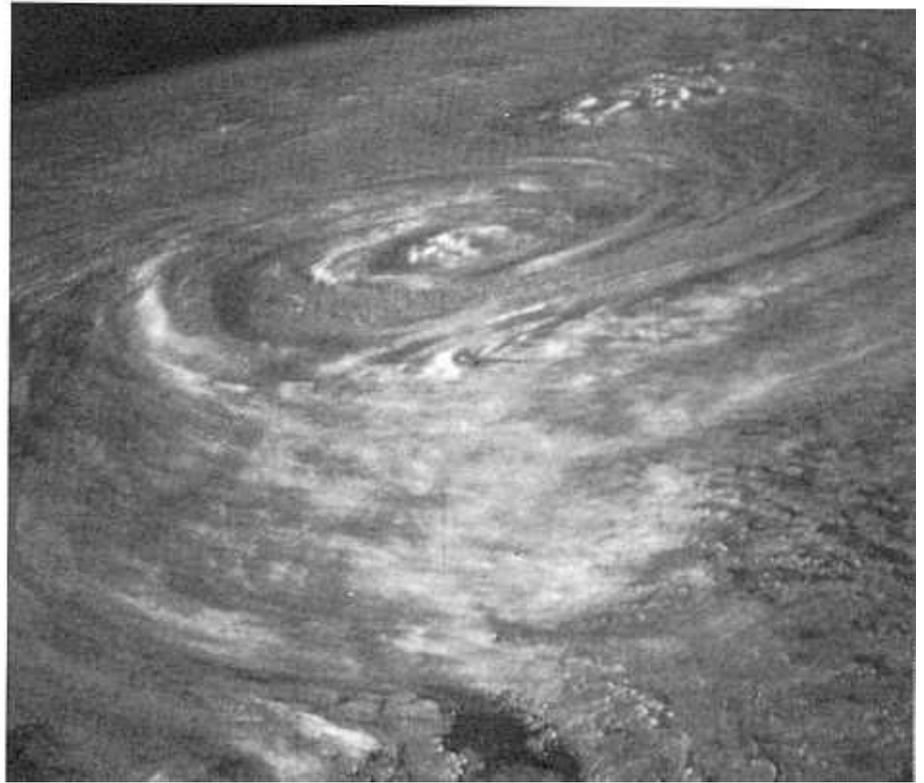
Para entender los cambios climáticos recientes, se han compilado los datos colectados durante los últimos cien años en estaciones meteorológicas y por barcos mercantes. Su análisis requiere consideraciones especiales que incluyen correcciones de errores sistemáticos en las medidas, así como de los efectos de urbanización, en el caso de estaciones en ciudades. Con base en esos datos se ha determinado que durante el último siglo han existido periodos de calentamiento global, como entre 1920 y 1939 y entre 1967 y 1986 (figura 5). También se ha observado que el aumento aproximado de la temperatura superficial del planeta durante este periodo es de $0.5^{\circ}C$. Tal tendencia de la temperatura superficial valida parcialmente los pronósticos de los GCM. Los cambios de temperatura no son, sin embargo, uniformes en todo el planeta pues como predicen los modelos, los aumentos parecen ser mayores en latitudes altas (Figura 4). Por eso también se tiene interés ahora en los cambios climáticos regionales, como la frecuencia de sequías o inundaciones, aumentos locales en la temperatura, etc., ya que tendrán un impacto directo en la actividad humana.

El cambio climático regional

Aunque en general los modelos coinciden en sus predicciones al estimar cambios climáticos en grandes áreas del planeta, existen diferencias notables cuando se comparan cambios climáticos regionales o locales.

No es sino hasta fechas recientes que se ha comenzado a estudiar el cambio climático a escala regional. Para algunos lugares se pronostica que un ciclo hidrológico más intenso corresponderá a periodos de inundaciones más frecuentes. Esto implica que habrá un mayor número de tormentas durante los meses de lluvia, que no serán de una lluvia uniforme y moderada, sino que serán tormentas fuertes y localizadas que provocarán graves daños. Los huracanes, por ejemplo, que de manera tan directa afectan nuestro país, serán más intensos de lo que hasta ahora son. Así mismo, los periodos de sequía serán mucho más prolongados. De acuerdo con modelos numéricos tales cambios se manifestarán de manera clara en los subtrópicos, por ejemplo en México. Algunos científicos incluso especulan que los primeros indicios de sequías ya comienzan a aparecer en el Sahel. Por otro lado, los incrementos de temperatura podrían afectar grandemente a los crecientes núcleos de población en las costas del mundo, ya que el aumento en los niveles del mar pondrá en riesgo las ciudades. Este fenómeno se dejará sentir también porque afectará la ecología de playas, estuarios, lagunas costeras, etc., al trastornar el delicado balance entre aguas de diferentes grados de salinidad.

Desde un punto de vista más práctico, debemos señalar que los cambios más notables en el clima regional están, y estarán, asociados a cambios en las características del terreno por actividades humanas, más que al cambio climático por aumento del CO₂. Los efectos de la deforestación, sobreexplotación de los



Huracán Dora, 1983

pastizales por la industria ganadera, crecimiento desmedido de las manchas urbanas, etc. provocan variaciones, a veces significativas, en el clima local. Aunque actualmente se trabaja en todo el mundo con el fin de entender el cambio que provocará el aumento de CO₂ en el clima y su impacto en los ecosistemas, pudiera ocurrir que para cuando éste se dé, los ecosistemas que hoy describimos ya hayan desaparecido.

Los factores que determinan cambios climáticos regionales son muchos. En el caso de la Ciudad de México por ejemplo, se experimenta el llamado efecto de la "isla de calor" (Jáuregui 1992), asociado a aumentos de temperatura superficial. Mediante datos promedio mensuales se puede observar que durante los últimos cincuenta o sesenta años existe una ligera tendencia de aumento de temperatura (figura 6a). Sin embargo, este cambio es difícil de detectar por "pura experiencia personal". Las grandes variaciones climáticas interanuales y de decenios, inherentes al sistema, engañan nuestra

memoria. Estas variaciones se observan no sólo en temperatura sino también en la precipitación, y oscurecen a veces los cambios debidos a factores antropogénicos. Para darnos cuenta de ello, baste observar las variaciones en la precipitación en la Ciudad de México durante un periodo de ochenta años (1921-1980). Con un poco de cuidado se encontrará que han existido periodos de menor y mayor cantidad de lluvia en escalas de tiempo de unos treinta años (figura 6b). Después de analizar esa gráfica, ¿puede nuestra intuición decirnos si llueve ahora más o menos que antes?

Conclusiones

El estudio del cambio climático encierra una gran cantidad de problemas. Aquí nos hemos referido principalmente a los procedimientos que se siguen para pronosticar el impacto que tendrá en el clima ante un eventual aumento al doble de la cantidad de bióxido de carbono en la atmósfera.

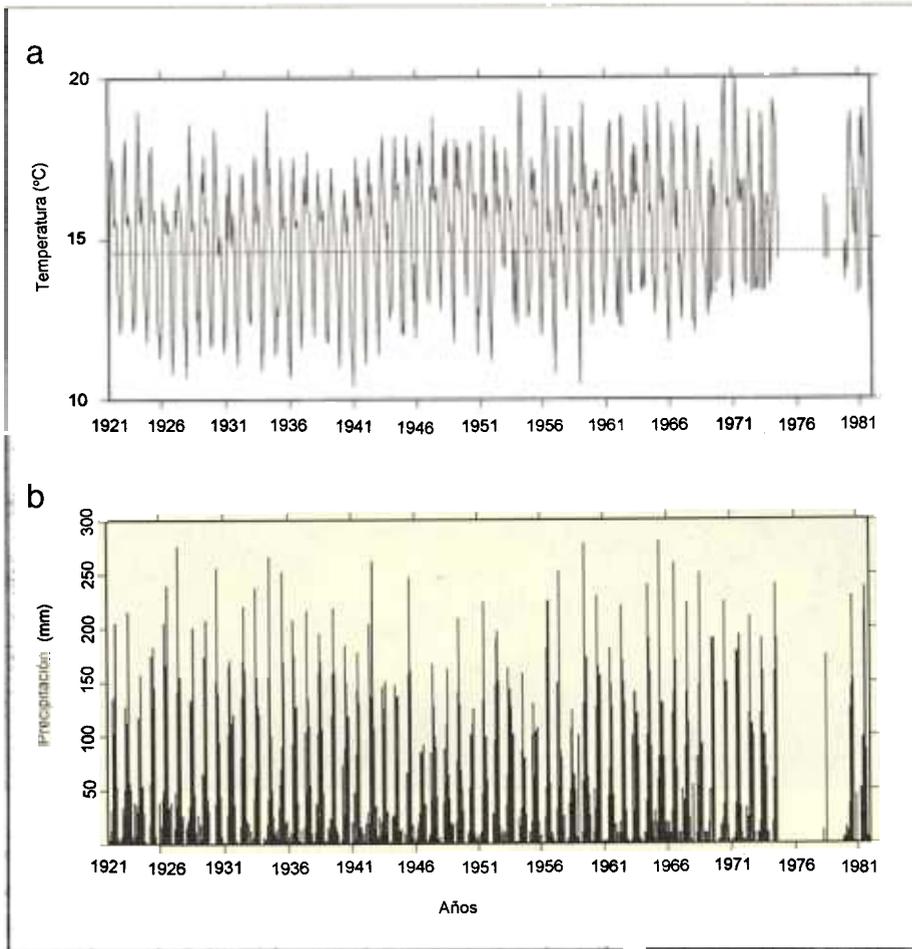


Figura 6. (a) Temperatura promedio mensual y (b) precipitación acumulada mensual, en la ciudad de México para el periodo 1921-1980. Los huecos corresponden a falta de datos.

En general, parece existir un consenso sobre el aumento en la temperatura superficial del planeta al aumentar el CO₂, aunque sin saber de qué magnitud será y en cuantos años se dará. No está por demás repetir que la mayoría de esas predicciones se basan en modelos numéricos con imperfecciones, y que sólo son una aproximación a la realidad. Se tendrá más certeza en esas predicciones cuando los estudios se realicen con modelos de mayor resolución espacial, y una representación más realista de los factores que determinan el clima local: nubes, hidrología subterránea, efectos de la vegetación, orografía detallada, etc. Por supuesto, a escala global, los modelos también tendrán que mejorar, entre otras cosas, en la simulación de la ab-

sorción y transporte de calor y de CO₂ por los océanos. Sólo así se conocerá el grado de sensibilidad del sistema atmósfera-océano-continente a perturbaciones naturales o antropogénicas. Por otra parte, se estima que a escala regional los cambios climáticos estarán mayormente determinados por cambios en las características del terreno asociados a la actividad humana. Los detalles de tales cambios tampoco pueden describirse con exactitud pues se desconoce cómo actúan muchos procesos de retroalimentación en el sistema que controla el clima en estas escalas espaciales.

Aunque en el entendimiento de los fenómenos que controlan el clima y el tiempo, se ha progresado notable, falta aún mucho que conocer del sistema at-

mósfera-océano-continente; alterarlo sin saber cómo reaccionará es un juego peligroso que puede tener consecuencias por demás indeseables. Aunque ciertos factores físicos nos podrían hacer pensar que la atmósfera se ajustará a los cambios que hoy le imponemos, ya sea por aumentos en el CO₂ o cambios en el terreno, es necesario manejar inteligentemente el planeta. Nuestro escepticismo podría llevarnos a pensar que dado que los pronósticos del tiempo y el clima nunca son acertados no hay por qué preocuparse. Concluiré haciendo referencia a un planteamiento que en este sentido me hicieron hace poco tiempo. Si se nos dijera que el avión en el que vamos a viajar está fallando y que existen posibilidades de que pudiera estrellarse, ¿lo abordaríamos? ●

Referencias

- Adem, J., 1992, "Estimación del cambio climático global", *Ciencia*, 43, 9-11.
- Anthes, R., 1984, "Enhancement of convective precipitation by mesoscale variations in vegetative covering in semiarid regions", *J. Clim. Appl. Meteor.* 23, 541-554.
- Conde, C. y C. Gay, 1992, "Modelo radiactivo convectivo. Comparación entre los casos cielo despejado y con nubes", *Ciencia* 43, 15-19.
- Emanuel, 1992, The dependence of hurricane intensity on climate., *Nature*, 326, 483-485.
- Gay, C., L. Menchaca y C. Conde, 1991, "El efecto invernalero y México", *Ciencias* 22: 3-10.
- Jáuregui, E., 1992, "Aspects of monitoring local/regional climate change in a tropical region", *Atmósfera*, 5, 69-78.
- Jones, P.D., T.M.L. Wigley y G. Farmer, 1991, "Marine and land temperature data sets: A comparison and a look at recent trends", en *Greenhouse Gas-Induced Climate Change: A Critical Appraisal of simulations and observations* (ed. M.E. Schlesinger) Elsevier, Amsterdam.
- Mitchell, J.F., 1989, "The 'greenhouse' effect and climate change", *Reviews of Geophys.* 27, 115-139.

Victor Magaña: Centro de Ciencias de la Atmósfera, Universidad Nacional Autónoma de México.