

*El incremento de la temperatura media global de la superficie de nuestro planeta desde el comienzo del siglo XX hasta el presente ha sido de aproximadamente 0,76°C. Ello ha ocurrido debido a la superposición de mecanismos inducidos por diversas actividades humanas sobre los mecanismos naturales. En el pasado se consideraba poco probable que la acción del hombre pudiese tener alguna incidencia sobre el clima planetario, pero esas suposiciones se hicieron cada vez más débiles hacia finales del siglo pasado, a medida que se constataba el aumento creciente de la temperatura. Los esfuerzos científicos realizados durante los últimos años han llegado a la conclusión de que efectivamente lo que está ocasionando el calentamiento global observado actualmente son las emisiones de gases de efecto invernadero provenientes de actividades humanas. Esta nota presenta un resumen acerca de cómo se llegó a esta conclusión.*

Una conclusión científica

# La atribución del calentamiento global a actividades humanas

Juan Carlos Sánchez M.\*



Foto: Yesica Quintero

Durante las últimas dos décadas se han observado los valores más elevados de la temperatura media anual de la Tierra registrados desde 1850 hasta el presente. Esta es una información totalmente comprobada, basada en los registros de temperatura disponibles (Grafico 1)<sup>1</sup>. El Cuarto Informe de Evaluación del Clima del Panel de Expertos en Cambio Climático de Naciones Unidas, señala categóricamente que de los doce años más calurosos registrados mediante lecturas con termómetro desde esa fecha, once tuvieron lugar entre 1995 y 2006 y el aumento de la temperatura ha sido 0,76°C. Se considera que son múltiples los factores que están incidiendo en este aumento de la temperatura global; por una parte existen factores naturales, tales como la radiación solar y la actividad volcánica, pero también están incidiendo factores que tienen su origen en las emisiones de gases ocasionadas por diversas actividades humanas.

El **efecto invernadero** es un fenómeno natural por el que ciertos gases presentes en la atmósfera, conocidos a su vez como gases de invernadero, absorben el calor que se disiparía hacia el espacio exterior si tales gases no existieran. Este calor se produce gracias a la luz del sol, que calienta la superficie del planeta, desde donde es irradiado. Los gases de invernadero captan este calor irradiado y lo reflejan de nuevo hacia la superficie terrestre. Los avances logrados por la ciencia en la simulación del clima planetario mediante modelos, han permitido llegar a la conclusión, con 90% de



calentamiento global

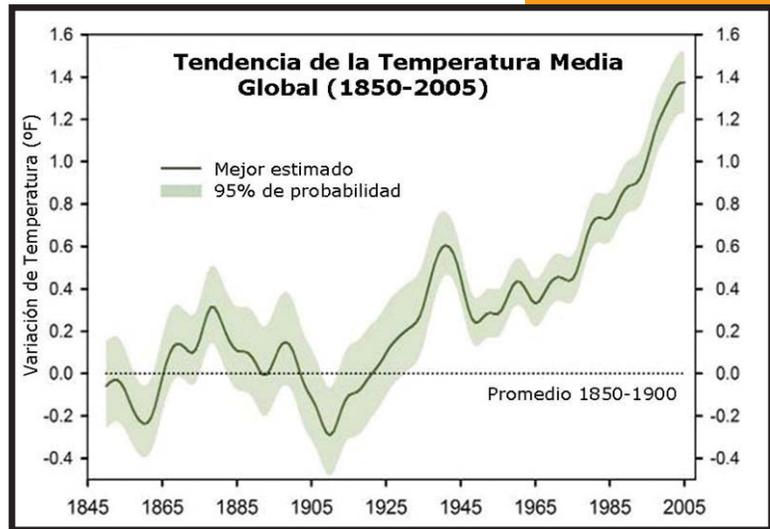
probabilidad, que las emisiones de gases de invernadero provocadas por el hombre son la causa principal del calentamiento global. Tales emisiones están intensificando el efecto invernadero natural y han provocado el calentamiento registrado en las últimas décadas (Gráfico 2).

El clima global varía con el tiempo en un cierto plazo, como respuesta a *factores físicos externos* al sistema climático denominados *forzamientos*. Estos forzamientos pueden provocar un incremento del calor en el sistema (forzamiento positivo) o un descenso del calor (forzamiento negativo). Este tipo de cambio en el clima es distinto de la *variabilidad interna del clima*, que se produce cuando el calor es transportado por los vientos o las corrientes del océano entre los diversos componentes del sistema climático, sin que ocurra un cambio neto del calor total existente dentro del sistema. Por ejemplo, el fenómeno de El Niño —El Niño Oscilación del Sur— que es un cambio cíclico en los patrones de movimiento de las masas de aire sobre el Pacífico, que ocasiona un calentamiento de las aguas oceánicas en Suramérica, es una variabilidad interna del clima. El cambio del clima observado durante el siglo pasado ha sido una consecuencia de un aumento de calor en todo el sistema climático, que sólo puede explicarse por la acción de fuerzas externas.<sup>2</sup> De allí que la investigación reciente acerca del cambio del clima se haya volcado a determinar cuáles han sido esas fuerzas externas que han incidido en el calentamiento observado.

Hasta antes de la Revolución Industrial los forzamientos del clima eran exclusivamente naturales, tales como los cambios en la cantidad de luz solar que llega a la superficie de la Tierra, o cambios en las emisiones de cenizas arrojadas por los volcanes. Más recientemente, las actividades humanas han introducido una combinación de forzamientos adicionales, tales como el aumento de la concentración de gases de invernadero en la atmósfera (forzamiento positivo), y las emisiones de aerosoles de sulfatos en forma de pequeñas partículas que reflejan la luz solar y refrescan la atmósfera (forzamiento negativo). Las magnitudes y lapsos de ocurrencia de estos forzamientos se determinan por medio de observaciones directas, tales como mediciones de la radiación solar mediante sensores colocados en satélites, o mediante el seguimiento a fenómenos conexos con los forzamientos, tales como las manchas solares.<sup>3</sup> De esta forma se puede elaborar un registro o “huella digital” individual de cada forzamiento, para intentar identificar cuáles son los que concuerdan con el patrón observado del cambio del clima.<sup>4</sup>

La comparación entre la incidencia combinada de los forzamientos y el cambio climático real observado, se realiza haciendo uso de modelos físicos del clima, capaces de calcular como afecta al clima cada forzamiento. Se trata de modelos validados, que reproducen fielmente las características importantes del sistema climático global, incluyendo el patrón de calentamiento global observado durante todo el siglo pasado.<sup>5</sup> Dicho de otro modo, estos modelos permiten realizar experimentos controlados de prueba de las diversas hipótesis

Gráfico 1



calentamiento global



acerca de las causas del cambio climático global. Introduciendo en los modelos los registros de uno o más forzamientos, se obtiene como resultado un escenario calculado del clima, que puede ser comparado con los registros climáticos reales. Si el escenario simulado concuerda con las condiciones reales observadas del clima, entonces el conjunto de forzamientos correspondientes introducidos en el modelo es el que mejor explica el clima observado.

Esta es la metodología que permitió demostrar que las emisiones de gases de invernadero ocasionadas por el hombre, debidas al uso de combustibles fósiles (carbón e hidrocarburos líquidos y gaseosos) y a prácticas del uso de la tierra, son el forzamiento dominante del calentamiento global observado desde mediados del pasado siglo; y asimismo, que los forzamientos naturales externos no son suficientes para ocasionar tal calentamiento global. En todos los continentes, en los océanos y a escala global, el escenario de la combinación de forzamientos naturales más las emisiones de gases de invernadero es el que mejor reproduce las condiciones reales del clima observado durante todo el siglo pasado, y en todos los casos se persiste un aumento sostenido de la temperatura.

Gráfico N° 2



\* Escuela de Ingeniería Sanitaria y Ambiental.  
 Facultad de Ingeniería. Universidad Central de Venezuela. Caracas.  
 Autor-Lider del Panel de Expertos en Cambio Climático de Naciones Unidas.  
 E-mail: sanchezjc@cantv.net

## Referencias

- 1 - Brohan, Kennedy, Haris, Tett, y Jones (2006). Uncertainty estimates in regional and global observed temperature changes: a new dataset from 1850. En: Journal of Geophysical Research 111:D12106, doi: 10.1029/2003JA009974.
- 2 - Hansen, J.; Nazarenko, L.; Ruedy, R.; Sato, M.; Willis, J.; Del Genio, A.; Koch, D.; Lacis, K.; Lo, S.; Menon, T.; Novakov, J.; Perlwitz, G.; Russell, G.; Schmidt, A. y Tausnev, N. (2005). Earth's energy imbalance: Confirmation and implications. En: Science, 308:1431-1435.
- 3 - Foukal, P.; North, G. and Wigley, T. (2004). A stellar view on solar variations and climate. En: Science, 306:68-69.
- 4 - Santer, B. D.; Wigley, T. M. L.; Simmons, A. J.; Kallberg, P. W.; Kelly, G. A.; Uppala, S. M.; Ammann, C.; Boyle, J. S.; Bruggemann, W.; Doutriaux, C.; Fiorino, M.; Mears, C.; Meehl, G. A.; Sausen, R.; Taylor, K. E.; Washington, W. M.; Wehner, M. F. y Wentz, F. J. (2004). Identification of anthropogenic climate change using a second generation reanalysis. En: Journal of Geophysical Research-Atmospheres, 109:D21104, doi: 10.1029/2004JD005075.
- 5 - Stott, P. A.; Tett, S. F. B.; Jones, G. S.; Allen, M. R.; Mitchell, J. F. B. y Jenkins, G. J. (2000). External control of 20th century temperature by natural and anthropogenic forcings. En: Science, 290:2133-2137.
- 6 - Intergovernmental Panel on Climate Change (2007). 4th Assessment Report.

calentamiento global

