

Una revisión crítica del calentamiento global y de la hipótesis de su origen antropogénico

Andoni Garritz

Está de moda el clima. Los posibles efectos globales que la especie humana ejerce sobre el planeta cobran cada día mayor atención y también mayor proporción de los presupuestos de ciencia en el mundo. Quizás ésta sea la secuela del Nobel de Molina y Rowland en 1995, o la de los devastadores efectos de El Niño, fenómeno al que la prensa atribuye todos los males meteorológicos del año.

En este número de la revista aparece un artículo sobre el tema del calentamiento global, del que son autores Magdalena Oliva y Felipe García Oliva (Oliva, 1998). Me llamó la atención el siguiente párrafo que se incluye allí:

La concentración del CO₂ en la atmósfera se ha incrementado entre 15 y 25% en los últimos 100 años. Para fines de la década pasada, se estimó una tasa neta de emisión (de origen humano) de 7×10^{15} gramos de carbono por año, de la cual 5×10^{15} es debida al uso de los combustibles fósiles. A pesar de que estos datos sugieren que los combustibles fósiles son la fuente principal de incremento de CO₂ en la atmósfera, los flujos provenientes de la respiración de la vegetación y el suelo son 24 veces mayores (120×10^{15} gramos de carbono por año).

Lo notable en el párrafo es que el CO₂ antropogénico sea solamente la vigésimo cuarta parte (es decir, un 4%) del emitido de manera natural. Veamos por qué.

Empecemos por recordar a los lectores que el dióxido de carbono, el metano y otros gases, llamados "de invernadero", tienen el efecto de absorber la radiación infrarroja que la Tierra emite después de captar la energía solar (para más información, pueden consultarse los libros de Garduño y Ball en la bibliografía o el número de septiembre de 1989 del *Scientific American*). Al no abandonar el globo, dicha radiación queda atrapada y propicia el calentamiento del planeta. La elevación de la temperatura —se ha predicho— ocasionará grandes sequías, desertificación e incluso llegará a derretir el hielo de los casquetes polares, con la consecuente inundación de las áreas costeras. Toda una tragedia potencial.

Quizás el primer científico en anticipar que a este fenómeno podría contribuir la acción humana fue nada menos que Svante Arrhenius, en 1896, aunque parece que se le adelantaron Jean-Baptiste Fourier y John Tyndall.

La lectura del artículo de los Oliva me trajo a la memoria otro (Schneider, 1989) que tuvo sobre mí gran impacto también. En él se presentan en la misma gráfica las concentraciones de CO₂ desde 1860 hasta la fecha y las temperaturas medias anuales (véase la figura 1). Las primeras se han

elevado desde 300 hasta 370 partes por millón (ppm), mientras que la segunda se ha incrementado unos 0.6°C. Con mirar esta figura se antojaría atribuir el calentamiento a la presencia creciente de dióxido de carbono, debida primordialmente a la industrialización y la quema de bosques, es decir, a un efecto antropogénico.

Pero Schneider va mucho más allá. En el artículo incluye también los resultados de investigaciones producto de perforar a diferentes profundidades el suelo antártico para sacar muestras de hielo de diferentes edades geológicas. Ese hielo contiene atrapadas burbujas diminutas de aire (véase la portada de este número), cuyo análisis condujo a la figura 2, que muestra la concentración de CO₂ y su correlación con los altibajos de la temperatura media del planeta a lo largo de ¡160,000 años! Resulta muy claro que los períodos en que es alta la concentración de los gases invernadero es alta también la temperatura. Esta gráfica es notable, pues el periodo de los recientes 138 años de la primera figura queda reducido al trazo final del lado derecho de la curva en la figura 2. Vemos que el dichoso calentamiento actual no se inició con la revolución industrial, ni nada por el estilo, sino más bien hace unos 115,000 años!, es decir, mucho antes que la mano del hombre industrial pudiera tildarse como la culpable.

Gracias a estudios como el anterior, actualmente hay una gran polémica en atribuir o no a la acción humana, del

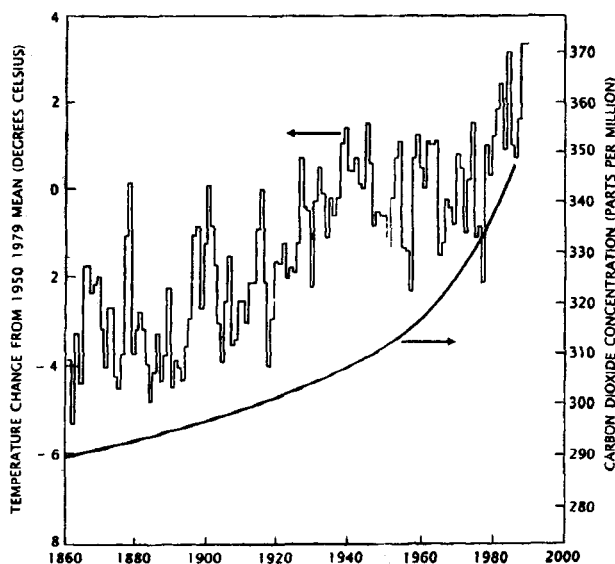


Figura 1. El eje de la derecha muestra las concentraciones de CO₂ en ppm, desde 1860 hasta hoy y el del lado izquierdo las temperaturas medias anuales.

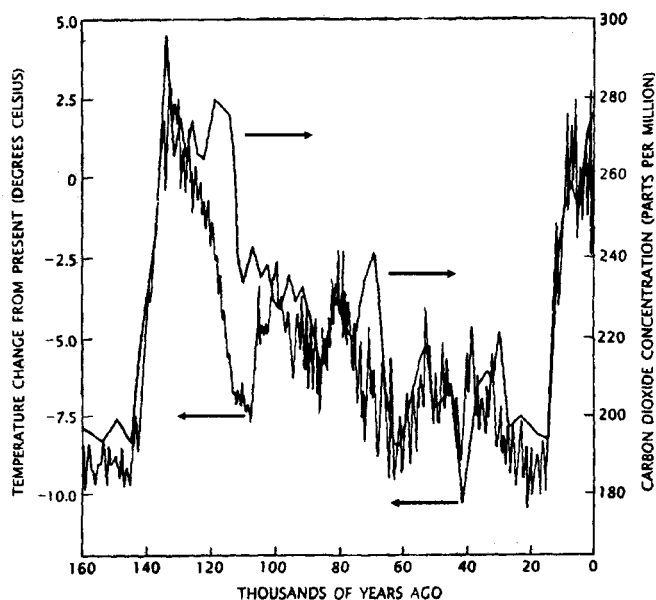


Figura 2. Gracias al análisis del aire atrapado en el hielo antártico, se presentan los mismos datos de la figura 1, pero en un intervalo extendido de 160,000 años. Es evidente que ambas variables están correlacionadas. Notable es también que la temperatura hace 130,000 años fuera superior a la actual y que el último período de calentamiento no se inició el siglo pasado, con la industrialización creciente, sino hace unos 15,000 años, a partir de unas 200 ppm de CO₂ y una temperatura media 10°C menor que la de hoy.

siglo pasado a la fecha, la elevación de 23% en la concentración de CO₂.

La siguiente pregunta viene al caso: ¿Es la elevación que se observa en los últimos 100 años el efecto de la industrialización o más bien una oscilación natural más del complicado registro ancestral del clima? En todo caso, si la industrialización y la quema indiscriminada de bosques han tenido un efecto apreciable, ¿de qué magnitud es éste comparado con el de los fenómenos naturales que han sido la fuente de los gases invernadero?

Desconocedor del tema, me puse a leer algunas referencias interesantes y me he llevado algunas sorpresas. Temeroso sobre mis hallazgos, me permití consultar a René Garduño, del Centro de Ciencias de la Atmósfera de la UNAM, a quien agradezco la lectura de un borrador de esta editorial y sus comentarios posteriores. Aprovecho el momento para solicitar un poco más de orientación por parte de alguien que sepa más sobre el asunto.

Para empezar, son los países desarrollados los que más contribuyen a la emisión de CO₂. A Estados Unidos le correspondió en 1990 un 38%, a Europa 22% y a Japón 8% (Bolin, 1998). ¡Más de la mitad de las emisiones proviene de países que reúnen alrededor de 15% de la población mundial!

El Protocolo de Kyoto para reducir las emisiones entrará en vigor 90 días después de que lo ratifique el 55% de los países, que además reúnan el 55% de las emisiones totales. En pocas palabras, casi bastará el acuerdo del mundo desarrollado para que las medidas entren en efecto. Para 2012, Japón y Canadá deberán reducir las emisiones un 6% respecto a 1990, Estados Unidos 7% y las naciones de la Unión Europea 8%. De llevarse a cabo esto, el efecto neto global en el 2012 será de una reducción de 5.2% (Lemonick, 1997).

La cuestión ha adquirido en muchos países un cariz político, como empieza a resultar común con los problemas del ambiente, y económico, pues lo que se pretende acordar tiene un costo nada despreciable e implica una enorme transformación de usos y costumbres relacionados con la energía (ver Lemonick, 1997). Por ejemplo, se sabe que la aprobación en los Estados Unidos enfrentará a los senadores republicanos, que piensan que no se debe firmar el Protocolo, con los demócratas y el vicepresidente Al Gore, el ambientalista número uno de la Casa Blanca (Lawler, 1998). Así, se tambalea el objetivo primario de la convención de Kyoto: “alcanzar la estabilización de los gases invernadero a un nivel tal que se prevenga una interferencia antropogénica peligrosa con el sistema del clima”.

Pero, a todo esto, ¿qué fundamento científico existe de la presencia de un peligro real en el corto, mediano o largo plazos? Veamos.

En 1988, cobró generalidad la idea de que el aumento de la concentración de CO₂ tenía origen en las emisiones humanas y de que la ausencia de control al respecto implicaba un alto riesgo para todo el globo. La llegada del pánico no se dejó esperar. Muchos científicos y los asesores de agencias ambientalistas no gubernamentales (Worldwatch, World Wild Life Fund, Sierra Club, Greenpeace, etcétera) empujaron por obtener el apoyo del gobierno y de la Academia de Ciencias de los Estados Unidos para que se crearan fondos especiales para la investigación. Las Naciones Unidas fundaron un Programa Ambiental (UNEP), que constituyó el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC), con presupuesto de la Organización Meteorológica Mundial (WMO). De la noche a la mañana fluyeron cantidades millonarias para estudiar el tema.

El IPCC (1990) genera su primer informe, con las siguientes conclusiones, realmente aterradoras:

- 1) En el último siglo el CO₂ atmosférico se ha elevado más de 30% y la temperatura entre 1.2 y 1.5°C.
- 2) Las predicciones son que hacia el 2050 el dióxido de carbono crecerá un 50% más; las temperaturas subirán de 3 a 4°C y el nivel del mar se elevará seis metros debido a la fusión de hielo polar.

El tema del calentamiento global se puso de moda, a tal

grado que los mandatarios de más de 100 países se reunieron en Río, en 1992, para intentar acuerdos de orden general. Varios países se negaron a firmar aquel Protocolo, entre otros Estados Unidos, la ex-Unión Soviética, China, India y la Comunidad Económica Europea. No cabe duda de que la cuestión tenía una arista económica importante.

Cinco años más tarde, la investigación del tema había dado varios resultados importantes, que condujeron al IPCC (1995) a hacer estimaciones mucho más precavidas en su segundo informe:

1) Las temperaturas medias globales han aumentado entre 0.3 y 0.6°C desde el final del siglo XIX. El nivel del mar se ha elevado entre 10 y 25 centímetros en ese periodo.

2) Hacia el año 2100 el CO₂ habrá alcanzado las 500 partes por millón y la temperatura subirá 1°C. Ello conducirá a un aumento del nivel del mar en otros 15 cm.

Un giro drástico sólo cinco años más tarde ¿no cree el lector? Quedamos en espera del informe que el IPCC ha prometido para el año 2001. Por lo pronto, los fundamentalistas del ambiente, temiendo el desinflado de su globo y la quema de sus banderas, se apresuraron a criticar al IPCC, tachándolo de irresponsable y casi de traidor de la humanidad.

Debo admitir, que la lectura de los artículos recientes de Mahlman (1997) y Stevenson (1997) me han conducido hacia una perspectiva más escéptica respecto del tema.

El primero expresa su propia evaluación sobre el grado de confianza de las predicciones científicas que han sido emitidas por los estudios de modelación del clima. Su publicación en la revista *Science* me revela asimismo que se trata de una opinión seria. Mahlman clasifica estas predicciones en cinco subconjuntos. Por considerarlas de importancia, resumo las más relevantes para este análisis (y hago notar que nada menciona respecto al crecimiento del nivel del océano):

1. "Hechos" virtualmente ciertos (no están a debate)

- 1.1 La abundancia de gases invernadero en la atmósfera ha aumentado debido a la actividad humana. Estos gases absorben y irradian muy eficientemente, con lo cual provocan el calentamiento global.
- 1.2 La cantidad de los gases invernadero ha fluctuado de manera natural durante siglos. Su permanencia en la atmósfera es larga, por lo que tienen un impacto inercial sobre el clima, aunado al de la alta capacidad calorífica de los océanos.
- 1.3 Otras sustancias que también interactúan con la radiación tienen un efecto que contrarresta el de los gases invernadero. La disminución del ozono estratosférico y el aumento de las partículas de sulfatos tienen el efecto de enfriar el clima, el cual no ha sido evaluado adecuadamente. En la estratosfera se ha dado un enfriamiento

global de más de 1°C, que puede ser reproducido por modelos matemáticos.

- 1.4 El promedio de la temperatura terrestre se ha incrementado en $0.50 \pm .2^\circ\text{C}$ en un siglo.
- 1.5 La variabilidad natural del clima añade confusión al esfuerzo de diagnosticar los efectos humanos sobre el cambio climático. Las tendencias de largo plazo pueden ser amplificadas o subestimadas artificialmente mientras no se tenga un diagnóstico más preciso de las causas de las variaciones naturales.
- 1.6 Será necesaria una década o más de investigación para reducir la incertidumbre actual. Sabemos muy poco sobre el efecto climático de nubes, vapor de agua o hielo en la atmósfera, así como acerca del de las corrientes marinas.

2. Proyecciones virtualmente ciertas (99% de probabilidad)

- 2.1 La estratosfera se seguirá enfriando conforme aumente el CO₂.
- 2.2 El vapor de agua crecerá en la troposfera al prosperar el calentamiento.

3. Proyecciones muy probables (90% de probabilidad)

- 3.1 El calentamiento del último siglo es consistente con las predicciones *a posteriori* de modelos que incluyen el efecto enfriador de los sulfatos. Es difícil, mas no imposible, concebir hipótesis alternativas que explican dicho calentamiento. No obstante, la consideración del ciclo energético solar o de los efectos naturales del clima parecen tener inconsistencias lógicas serias.
- 3.2 Si se dobla el dióxido de carbono respecto a los niveles previos a la Revolución Industrial, las predicciones no son concluyentes. Hay resultados que oscilan entre 1.5 y 4.5°C de calentamiento. Pero si se avanza en los estudios citados en el punto 1.6 quizá los resultados incluso saldrían de este ya de por sí amplio intervalo.
- 3.3 Todos los modelos climáticos predicen que el incremento de temperatura varía con el logaritmo del aumento de la concentración de CO₂. Es decir, no hay una proporcionalidad directa del ΔT con [CO₂], sino con su logaritmo, lo cual aplaca de manera notable el crecimiento de T al incrementarse [CO₂].
- 3.4 Al crecer el calentamiento ($2 \pm 0.5\%$ por cada grado Celsius) se prevén más lluvias.
- 3.5 Hacia el 2050 se observará un calentamiento diferenciado en el planeta, con énfasis en los países de latitudes altas del Hemisferio Norte.

4. Proyecciones probables (2/3 de probabilidad)

- 4.1 Los modelos predicen cierto deterioro del suelo en los países nórdicos.

- 4.2 La Antártica no sufrirá fusión del hielo polar por lo menos durante un siglo o dos.
- 4.3 Las lluvias en exceso en el hemisferio norte producirán una baja de densidad en el agua superficial de los océanos y, por ende, menos circulación oceánica de mezclado.
- 4.4 Las tormentas tropicales podrían ser más intensas, una vez formadas.
- 4.5 La desviación estándar de la temperatura no cambiará sustancialmente, por lo que abundarán un poco más los días calientes y no tanto los fríos, ya que la temperatura media se incrementará.

5. Proyecciones incorrectas (no confiables)

- 5.1 El número de tormentas tropicales, huracanes y tifones crecerá.
- 5.2 Los vientos de los ciclones en latitudes medias serán más devastadores.
- 5.3 Las predicciones de carácter local relacionadas con la afectación de la vida salvaje.

Mahlman concluye diciendo lo infortunada que resulta la influencia de grupos con sesgos y pesadas agendas socio-políticas, ya que genera distorsiones al exagerar los posibles efectos sin ninguna base científica. Para él resulta clara la importancia de continuar con estos estudios, ya que por ahora no tenemos una idea nítida de cómo procederá el clima, tanto global como localmente.

Por su parte, Stevenson es mucho más drástico. Niega de entrada la propuesta 1.1 de Mahlman, compartida por el IPCC, insistiendo en lo irracional que resulta adelantar que existe realmente un efecto humano apreciable sobre el clima. Nos recuerda que, sin duda, los años más calientes de este siglo fueron los del periodo de 1920 a 1940 y que esas temperaturas no se han vuelto a presentar. Además, cita otro trabajo sobre el hielo antártico de hace 3000 años hasta hoy —éste de científicos de la Universidad de Oslo— que analiza la proporción de los isótopos estables del carbono y que concluye con el siguiente párrafo, extraído de la Conferencia Chapman en Hawaii, 1992:

Al menos 96% del CO₂ atmosférico actual proviene de fuentes diferentes a los combustibles fósiles; o sea, su origen es de fuentes marinas naturales y de erupciones volcánicas recientes.

Stevenson revisa también los resultados de una reunión de la Asociación Internacional de las Ciencias Físicas del Océano, llevada a cabo en Hawaii en 1995, de los que resume:

- 1) No existe una tendencia de calentamiento en los océanos y no la ha habido en los últimos cincuenta años. El dato del IPCC de que el nivel del mar crecerá 10 a 25 cm

hacia el 2100 no tiene fundamento, dice, ya que está calculado con base en el crecimiento del coeficiente de expansión térmica del agua en un océano que homogéneamente se calentara 0.4°C. Si hubieran considerado la distribución térmica del océano habrían desembocado en un crecimiento del nivel del mar de sólo 0.03 mm!

- 2) Tampoco se ha dado tal tendencia en el Ártico (donde las predicciones apuntan hacia un calentamiento mayor), ni la ha habido desde 1937.
- 3) Aparece evidencia creciente de que los cálculos de los modelos de computación sobre la absorción del CO₂ antropogénico en el océano tienen sesgos importantes.
- 4) Existe un volumen creciente de evidencias, y por lo tanto una sospecha también creciente, de que el fenómeno de El Niño no produce el clima, sino que el clima es la causa de la aparición de El Niño.
- 5) Hay que recorrer un largo trecho antes de que entendamos realmente todas las interacciones, los caprichos y los productos del clima y el tiempo

Concluyo diciendo que esta editorial sólo es una llamada de atención para nuestros amables lectores. Hay que ser precavidos al hablar de estos temas en la clase de química. Sabemos aún poco sobre este fenómeno tan complicado del clima. No obstante, debemos agradecer que estos temas propicien una reflexión generalizada, una visión holística acerca de cómo mejorar la calidad de vida de la humanidad en el futuro. Ojalá nos guíe en ello la mejor ciencia que sepamos hacer y no la charlatanería. Salud. ▣

Bibliografía consultada

- Ball, P., *Designing the Molecular World. Chemistry at the Frontier*, Princeton University Press, New Jersey, 1994, pages 326-336.
- Bolin, B., The Kyoto Negotiations on Climate Change: A Science Perspective, *Science*, 279, 330-331 (January 16th, 1998).
- Garduño, R., *El veleidoso clima*, Colección "La ciencia desde México", núm. 127, Fondo de Cultura Económica, México, 1994.
- IPCC, *Scientific Assessment of Climate Change*, Report of Working Group I, WMO-UNEP, 1990.
- IPCC, *Scientific Assessment of Climate Change. 1992 Supplement*, WMO-UNEP, 1992.
- IPCC, *Second Assessment. Climate Change 1995*, WMO-UNEP, 1995.
- Lawler, A., Global Warming: House Panel Icy to White House Plans, *Science*, 279, 1124 (February 20th, 1998).
- Lemonick, M.D., Climate Change Summit, *Time*, December 22nd, 1997, pages 15-17.
- Mahlman, J.D., Uncertainties in Projections of Human-Caused Climate Warming, *Science*, 278, 1416-1417 (November 21st, 1997).
- Oliva, M. y García-Oliva, F., Un nuevo campo de acción en la química biológica. Parte I. Generalidades sobre el cambio global, *Educ. Quím.* 9[3], 1998, en este número.
- Schneider, S.H., The Changing Climate, *Scientific American* 261[3], 38-47 (September, 1989).
- Stevenson, R.E., An Oceanographer Looks at the Non-Science of Global Warming, *21st Century*, Winter 1997, pages 51-59.