

# LOS CIENTÍFICOS Y EL CAMBIO CLIMÁTICO ACTUAL

Texto: **Antonio Ruiz de Elvira**

**E**l clima cambia constantemente. La magnitud estándar para medir el cambio climático es la temperatura media global (TMG), un promedio a todo el globo y todo el año de las temperaturas atmosféricas en superficie reducidas a nivel del mar. En escalas de décadas los cambios eran, hasta hace 150 años, muy pequeños, de décimas de grado en la TMG. En escalas de decenas de miles de años los cambios han sido grandes. Durante el último millón doscientos mil años el planeta ha experimentado 12 glaciaciones de intensidades y duraciones diversas, pero en las cuales la TMG ha variado alrededor de 6°C. Estas variaciones han tenido lugar en escalas de tiempo muy rápidas en términos geológicos, de alrededor de 5.000 años, pero muy lentas en comparación con la del cambio climático actual, en el que los modelos matemáticos indican, si no cambiamos de paradigma energético, que la subida de la TMG será de unos 5°C en 200 años: 20 veces más rápida.

La subida actual de la TMG, desde 1880, se puede observar en la figura 1, donde vemos varias cosas interesantes. En primer lugar, la subida no ha sido uniforme a lo largo de los últimos 130 años, habiendo sido entre 1910 y 1942, 7.5 veces más intensa que a lo largo del periodo entre 1880 y 1975, mientras que entre esta fecha y 2006 la subida ha sido 13 veces la del periodo anterior.

Por otro lado, vemos cómo el aumento de temperatura se concentra en la región polar norte, lo que tiene consecuencias muy importantes para la meteorología diaria en Europa, Asia y Norteamérica.

Pues bien, ésta es la realidad. ¿Como explican los científicos esta realidad? La ciencia es lo contrario al dogma. Hay un montón de explicaciones posibles, y lo que debe de hacer la ciencia es probar unas cuantas de ellas (es imposible probarlas todas: entre dos puntos de un plano solo pasa una recta, pero infinitas curvas. Explicaciones para el cambio climático las hay para todos los gustos, pero debemos restringirnos a las más racionales). Las explicaciones más convincentes son las que se refieren a la retención de radiación infrarroja por los gases traza de más de dos átomos por molécula, pero hay científicos, y no científicos, que invocan otras dos: el incremento de la actividad solar, o la que atribuye a

subida a fluctuaciones naturales del sistema climático. Aunque hablaré de ella, esta última alternativa no explica nada, realmente, pues no conocemos con exactitud las reglas de la evolución “natural” del clima, por lo que achacar la subida actual de la TMG a las variaciones “naturales” es equivalente a afirmar que no tenemos ni idea de si sube o baja o por qué lo hace.

Hace 148 años John Tyndall descubrió que las moléculas gaseosas de más de dos átomos, como el CO<sub>2</sub>, el CH<sub>4</sub>, los óxidos de nitrógeno, etc., capturan la radiación infrarroja en las longitudes de onda que la Tierra, como hace cualquier otro cuerpo a temperatura distinta del cero absoluto, emite continuamente. Arrhenius, premio Nobel de química, publica en 1896 el primer cálculo que muestra que la temperatura del planeta debe subir 4°C si se duplica la concentración de CO<sub>2</sub> en la atmósfera, desde las 290 ppm de su época, a las 580 ppm, como consecuencia de las emisiones aceleradas de este gas debido a la quema de combustibles fósiles y a la deforestación. En 1897 Chamberlin produce el primer modelo de intercambios de CO<sub>2</sub>, con realimentaciones. Tras esto hay un paréntesis de 60 años en el que, debido a las dos guerras mundiales, se deja de lado la preocupación por el clima. En 1957 Revelle, en Scripps, descubre que el CO<sub>2</sub> que están emitiendo los seres humanos no se absorbe por el océano a la misma velocidad de emisión, sino que lo hace a una velocidad mucho más baja. Keeling, también desde Scripps, descubre que la concentración de CO<sub>2</sub> sube de manera constante en la atmósfera.

A partir de entonces la investigación se dispara, se celebran congresos, reuniones. Lorenz sugiere que el clima puede ser caótico, Manabe y Wetherald corrigen en 1967 los cálculos de Arrhenius y con un modelo muy sencillo indican que una duplicación de la concentración de CO<sub>2</sub> en la atmósfera debe hacer subir la TMG 2°C. Algo más tarde el mismo Manabe, utilizando un modelo más complicado encuentra que Arrhenius no andaba tan desencaminado y que la temperatura debe subir alrededor de 4°C.

Desde entonces el trabajo de investigación se ha disparado. Hay hoy día una serie considerable de Institutos de Clima, digamos unos 50 en el mundo, aunque desgraciadamente ninguno en España.

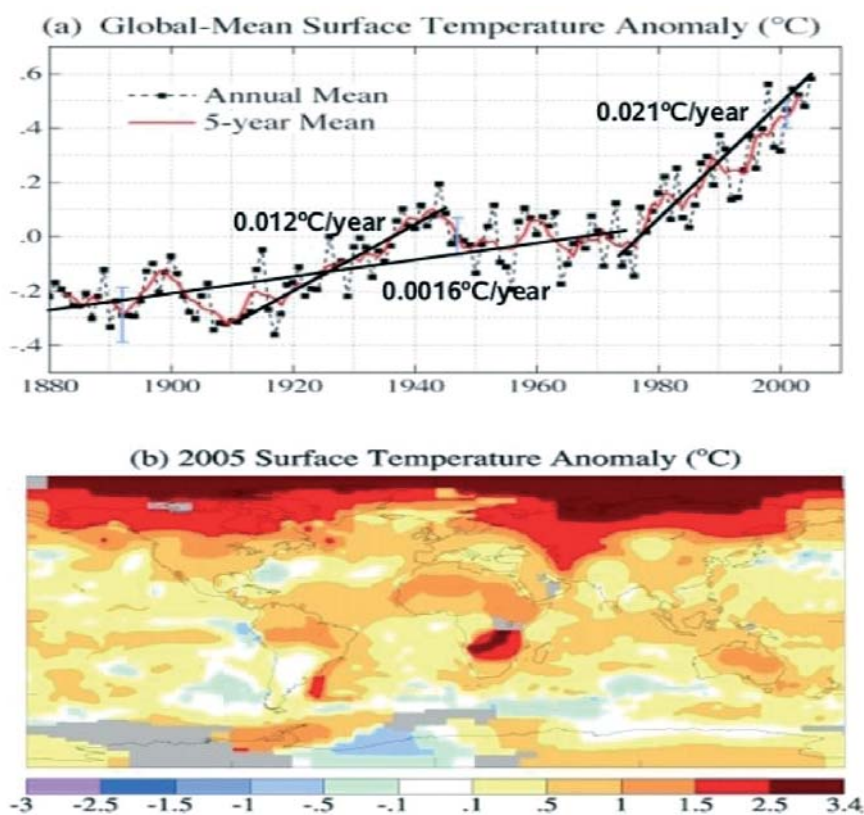


FIGURA 1

- a) Subida de la TMG desde 1880 hasta 2006, con indicación de las tendencias entre 1880 y 1975, entre 1910 y 1942, y entre 1975 y 2006. Se observa fácilmente la aceleración en la subida en los últimos 30 años.
- b) Anomalías de las temperaturas superficial del globo en 2005, en las que se observa como la subida de temperaturas no es homogénea, sino que se concentra en el polo norte.

¿Cómo enfocan hoy día los científicos la cuestión del cambio climático actual? Una enorme mayoría asumen sin dudar que el cambio actual es de origen antropogénico, consecuencia de la emisión exagerada de gases de más de dos átomos, el  $\text{CO}_2$  como consecuencia de la quema de combustibles fósiles, otros como producto de la descomposición de materia orgánica (metano), o de procesos industriales o derivados del transporte (óxidos de nitrógeno). Su convencimiento deriva de muchas causas. La primera es teórica: las moléculas de más de dos átomos pueden rotar y vibrar en las longitudes de onda que emite el planeta Tierra (entre los  $-15^\circ\text{C}$  y los  $45^\circ\text{C}$ ), y por tanto, capturar la radiación de esas longitudes de onda y devolverla a la superficie. Queda la duda de hasta qué punto una alta concentración de  $\text{CO}_2$  acaba saturando la absorción, pero el ejemplo del planeta Venus,

con una temperatura superficial de unos  $700^\circ\text{C}$ , indica, y así lo confirman los estudios sobre el coeficiente de absorción, que no aparece la saturación hasta concentraciones del orden de 1400 ppm.

La segunda es histórica: Sabemos que ha habido cambios climáticos considerables, y que han coincidido en el tiempo con incrementos notables de las concentraciones de metano y dióxido de carbono. Sabemos que existen depósitos gigantes de metano en el talud continental, y que el talud queda al aire en cuanto la glaciación se extiende tanto que el nivel del mar baja unos 150 metros respecto al actual. Cuando hay un misterio, tanto en ciencia como en criminología, lo que más rinde es elegir siempre la hipótesis más sencilla de todas las posibles y actuar a partir de ella. En este caso la hipótesis más sencilla es la de que

el metano sale a la atmósfera al bajar el nivel del mar. Calienta la atmósfera y ésta el océano que burbujea  $\text{CO}_2$ , que calienta aun más, en un proceso realimentado.

La historia nos dice que el último óptimo climático ocurrió hace unos 10.000 años y desde entonces la TMG debía haber bajado lentamente hacia la siguiente glaciación.

Los modelos climáticos son conjuntos de ecuaciones matemáticas que controlan el movimiento de los tres fluidos: aire, agua y hielo, sobre una esfera en rotación, sometida a calentamiento radiactivo diferencial, y con cambios de fase de la especie química agua. Estos modelos incluyen nubes y aerosoles, variaciones en la radiación solar, y cubierta vegetal. Son los mejores ejemplos de modelización de sistemas complejos de que disponemos en la actualidad. Los modelos indican todas subidas de la TMG, unas mayores y otras menores, pero subidas siempre. Las diferencias entre los modelos se deben a la selección de un subconjunto de ecuaciones de entre las ecuaciones generales, pues no existen hoy día ordenadores capaces de integrar el conjunto completo. Adicionalmente, los modelos discrepan en cómo parametrizar el efecto de las nubes, de los aerosoles y de la vegetación.

Cualquier modelo matemático precisa de condiciones iniciales y condiciones de contorno. Para los modelos del clima las condiciones de contorno son las emisiones de  $\text{CO}_2$  y otros gases y las concentraciones de los mismos en la atmósfera. Las emisiones dependen de la actividad económica y de la elección de paradigma energético. Hoy día (2007) se están empezando a desarrollar los primeros modelos integrados de clima y economía. Hasta que estos modelos estén en marcha las emisiones se establecen mediante “escenarios” posibles. Es la elección de estos escenarios económicos lo que genera la mayor divergencia entre los distintos resultados de los modelos. El último informe del Panel Intergubernamental de Cambio Climático deriva sus conclusiones de una serie completa de modelos diversos, estableciendo bandas de incertidumbre en las predicciones, bandas que se

centran, sin embargo en una subida de temperaturas de unos 3°C si la humanidad sigue emitiendo gases al ritmo actual.

A pesar de todo esto hay algunos académicos e investigadores que mantienen algunas dudas sobre el calentamiento global. Las dudas se refieren sobre todo al origen humano del mismo, e indican la posibilidad de un origen solar, o de fluctuaciones inherentes al sistema climático, como he mencionado más arriba. Un cierto número, pequeño, alrededor de 20 científicos, de distintas titulaciones, ha intervenido en el debate sobre las tendencias actuales del clima, negando la realidad de la causa humana en la evolución de éste. Algunos de ellos trabajan para institutos financiados total o parcialmente por empresas petrolíferas (Exxon, entre otras) o de carbón (Peabody energy), por lo cual sus opiniones pueden incluir una cierta inclinación a defender las posturas de aquellos que les financian. Entre los más conocidos de los "contrarians", como se los conoce en la literatura científica sobre el tema está John Christy, de la Universidad de Alabama. Christy hizo unos trabajos sobre la discrepancia entre las temperaturas detectadas mediante satélite y las medidas en tierra, discrepancias que se han corregido recientemente y que, una vez corregidas indican que ambas series de temperaturas coinciden dentro de los márgenes de error de los termómetros empleados. Christy defiende la idea de que el cambio climático actual es una "recuperación" de una etapa de frío anómalo que ocurrió en el siglo XIX. Sin embargo, es incapaz de señalar la causa "natural" ni de este frío "anómalo" ni del calentamiento subsiguiente. Al menos Christy es doctor en Ciencias Atmosféricas, lo que no son McIntyre ni McKittrick, un estadístico que trabaja en la industria minera y un economista. Ambos escribieron una serie de artículos utilizando datos parciales de Mann (los datos completos están en <http://holocene.evsc.virginia.edu>), suprimiendo algunos de esos datos e introduciendo otros. Tras este tratamiento poco aconsejable de la información disponible, indicaron que la subida de la TMG señalada por Mann en su hoy famoso

"palo de hockey" era espuria. Como consecuencia de esto una serie amplia de climatólogos, incluyendo al propio Mann rehicieron el estudio de éste, confirmando ampliamente la subida anómala de la TMG a lo largo del siglo XX.

Baliunas y Soon, astrofísicos, cuyo trabajo estuvo financiado por el Instituto Americano del Petróleo, indicaron que las temperaturas del óptimo climático medieval eran más altas que las actuales. Estos investigadores hicieron también una selección arbitraria de los datos con los que trabajaron. La misma Baliunas sugirió posteriormente que el calentamiento actual, (inferior según ella al medieval) era debido a la actividad solar, lo mismo que sugirieron Friis-Christensen y Lassen, también astrofísicos, en 1991 y en el 2000. Un análisis bien hecho, utilizando datos sin filtrar y la secuencia completa de los datos indica que no existe correlación significativa entre la actividad solar y el calentamiento actual. De la misma manera no hay correlación entre la entrada de rayos cósmicos en la atmósfera y la cobertura de nubes, ya sea ésta la total o la de nubes bajas (ver Laut, 2003).

En la figura 2 se muestra una superposición "naïf" de las temperaturas superficiales en el globo, según la última reconstrucción de la NOAA, y la irradiancia solar desde 1880. Aunque los estudios de Lau citados arriba son enormemente serios, basta con observar la figura para darse cuenta que no existe correlación alguna entre la irradiancia solar y la subida de temperaturas en estos últimos 120 años.

Uno de los científicos con más credibilidad es Richard Lindzen, del MIT. Lindzen acepta el calentamiento producido por el CO<sub>2</sub>, pero lo limita a un valor muy bajo. Las razones son difíciles de encontrar en sus trabajos, pero se refieren esencialmente a la ley de Stefan-Boltzmann sobre la captura de radiación por este gas. Pero considera el CO<sub>2</sub> aislado, sin procesos de realimentación en la atmósfera. Sus trabajos, bien escritos, no son, sin embargo, convincentes, pues acaban todos indicando que "no conocemos realmente la dinámica del clima, de manera que sería posible que el calentamiento actual fuese solo natural".

Ante todas estas dudas debo volver a insistir en una analogía. En criminología, para saber quien es el culpable, debemos buscar a quien saca provecho de el crimen. Si los "contrarians" tienen intereses en o trabajan para empresas petrolíferas o de carbón, sus opiniones pueden ser tendenciosas. De nuevo, tomando ejemplo de la criminología, si vemos salir al mayordomo del comedor donde se ha encontrado el cadáver del dueño de la casa, con el que el mayordomo estaba peleado, con un cuchillo ensangrentado en la mano, podemos pensar que el crimen lo ha cometido otra persona y que el mayordomo ha cogido el cuchillo para perseguirla, pero lo más racional es pensar que el crimen lo ha cometido el mayordomo.

El clima está cambiando. El óptimo climático ocurrió hace unos 10.000 años. Tras los óptimos climáticos la TMG o bien decae o bien permanece constante, de manera que en el siglo XX esta TMG debería haber oscilado unas décimas alrededor del valor que tenía en 1880. Las concentraciones de CO<sub>2</sub> y de metano aumentan substancialmente desde entonces, habiendo la de CO<sub>2</sub> subido unas 100 ppm en 120 años, frente a las mismas 100 ppm en 5000 años antes del óptimo climático. La teoría nos dice que una subida de la concentración de CO<sub>2</sub> debe implicar una subida de la temperatura superficial del planeta. Los modelos matemáticos, que incluyen realimentación en sus esquemas, indican que la subida, a través de esos procesos de realimentación positiva (fusión de los hielos, cambios en la vegetación, cambios en las circulaciones del aire y de las corrientes marinas) debe ser mucho mayor que el mero incremento debido a la simple aplicación de la ley de Stefan-Boltzmann.

En español decimos "verde y con asas". Cuando la evidencia es apabullante siempre podemos buscar otra explicación, pero debemos, hasta que la encontremos, aceptar la más clara y evidente.

Aceptar esta explicación no nos produce, adicionalmente, ningún problema. Existe, en buena sociología y en mejor economía, el principio de precaución que dice que, ante un



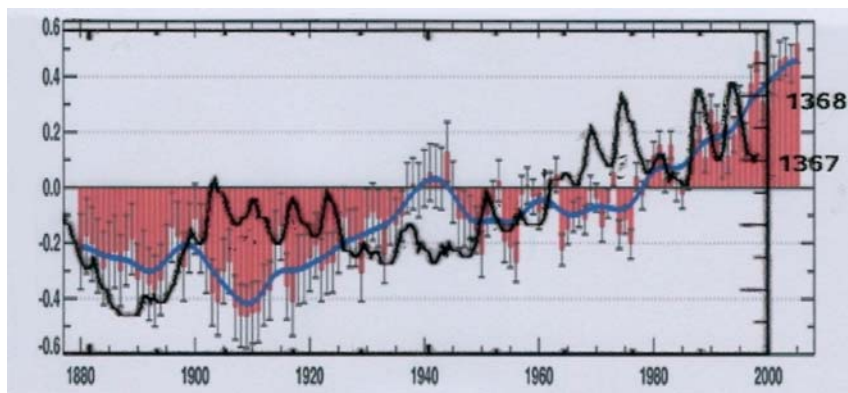


FIGURA 2

En rojo, anomalías de la TMG desde 1880, en azul, su tendencia, en  $^{\circ}\text{C}$ , (eje izquierdo). La curva en negro, cuyos valores en  $\text{w}/\text{m}^2$  se señalan en el eje derecho, es la irradiancia anual desde 1880.

peligro posible, es conveniente tomar las medidas apropiadas aunque de hecho el evento peligroso no llegue a producirse. ¿Es difícil cumplir con el principio de precaución? Se escribe, y el experto en estadística, Bjorn Lomborg así lo hizo en su libro "El medioambientalista escéptico" (designado como fraudulento desde el punto de vista científico por el Comité sobre Deshonestidad de la Agencia Danesa de Investigación) que el daño a la economía que causaría combatir el cambio climático ascendería a unos 20 billones (millones de millones) de dólares. Ni Lomborg ni ningún otro que haya citado esa cifra ha dado explicaciones a la misma. Ni siquiera Stern, en su informe, es capaz de cuantificar con realismo ni daños ni beneficios. La razón es que la teoría económica al uso, la teoría económica actual, es incapaz de estimar la evolución económica a más de un año vista. Esta teoría económica actual, sea neoclásica o nekeynesiana, está basada en la hipótesis del equilibrio, y en ella no interviene el tiempo, de manera que cualquier, no ya predicción, sino estimación de futuro, no es más que un ejercicio de adivinación. Cuando se habla de los daños a la "economía" que produciría el cambio de paradigma energético y el ahorro de energía se está hablando, posi-

blemente, de las pérdidas financieras de algunas empresas que ganan su dinero a partir del petróleo, el carbón o el gas natural.

Yo no puedo en este momento hacer, tampoco, y evidentemente, ninguna predicción, aunque esté comenzando, con otros investigadores europeos a interesarme por los modelos acoplados clima-economía, basados en sistemas fuera del equilibrio y con evolución temporal. Sin embargo si quiero hacer algunas consideraciones generales.

El peso monetario de la energía en la sociedad actual es de alrededor de 1/12 de la riqueza en circulación (precio de la gasolina/sueldo medio de una persona en el mundo, aunque se pueden utilizar otras medidas, equivalentes a grosso modo). Una vez hecha la inversión en energía solar (de alto coste, como la fotovoltaica, de coste medio, como la eólica o la térmica, de bajísimo coste, como los biocombustibles y la biomasa), los rendimientos son constantes y casi sin gasto. Y son extensos en vez de concentrados. Es decir, la energía solar debe ser propiedad individual de cada ciudadano del mundo. Basta con pensar en la riqueza en general, sin entrar en detalles, para aceptar que 7.000 millones de poseedores de pozos de petróleo implican una sociedad mucho más rica que otra

donde los poseedores no llegan al millón. El poner en marcha una nueva economía basada en un nuevo paradigma energético implica generar una enorme cantidad de nuevos puestos de trabajo, sin eliminar los antiguos. 7.000 millones de personas con capacidad de compra deben, sin muchas consideraciones adicionales, suponer una sociedad mucho más rica que otra en la cual 5.000 millones de individuos carecen de energía necesaria casi para moverse y para labrar la tierra. El comercio y la demanda de bienes de esta nueva sociedad debe, sin entrar en detalles, ser mucho más rico y abundante que en otra donde la disponibilidad de energía está restringida. Es el principio de Henry Ford, que se olvida una y otra vez en los razonamientos sociales.

La última consideración general es a la vez climática. Fue un cambio climático, el paso de la última glaciación a la etapa sin hielos de hace unos 10.000 años el que permitió al ser humano la captura dispersa de energía que significó la revolución agrícola. Fue la captura de energía fósil la que permitió, de nuevo, en 1800, el siguiente crecimiento en un orden de magnitud en la riqueza humana. Debe ser un nuevo cambio de paradigma energético, imprescindible para detener el riesgo real del cambio climático, el que debe potenciar otro aumento en un orden de magnitud de la energía disponible por el ser humano, y por tanto, de su riqueza.

Es esta la opinión sobre el cambio climático de una inmensa mayoría, de unos 5000 a 20, de los científicos que nos dedicamos a estas cuestiones. Podemos, ¿cómo no? estar equivocados. Pero creemos, y damos pruebas públicas y al acceso de cualquiera, en los artículos científicos y en la web, de que no lo estamos. Nuestras opiniones fundamentadas, el principio de precaución, y la posibilidad real de un aumento real de la riqueza humana hacen que merezcamos atención. La reclamamos.