

Una **Guía Científica** del 'Manual Escéptico'

La evidencia de que los
humanos son la causa del
calentamiento global



Agradecimientos

Una Guía Científica al 'Manual Escéptico' ha sido elaborada por John Cook de skepticalscience.com. Gracias a los siguientes científicos, que han contribuido y realizado comentarios a este documento:

- John Bruno
Profesor Asociado de Ecología Marina, Universidad de Carolina del Norte
- Ove Hoegh-Guldberg
Catedrático y Director del Centro de Estudios del Mar, Universidad de Queensland
- Steven Sherwood
Catedrático de Meteorología Física y Dinámica del Clima Atmosférico, Universidad de Nueva Gales del Sur
- Kevin Judd
Catedrático, Escuela de Matemáticas y Estadística. Universidad de Australia Occidental
- Malcolm McCulloch
Catedrático, Escuela de Ciencias de la Tierra, Universidad de Australia Occidental
- Thomas Stemler
Profesor Asociado, Escuela de Matemáticas y Estadística. Universidad de Australia Occidental
- Julie Trotter
Profesor Asociado, Escuela de Ciencias de la Tierra, Universidad de Australia Occidental

Referencias

Alexander, L. V., et al (2006). Global observed changes in daily climate extremes of temperature and precipitation. *Journal of Geophysical Research - Atmospheres*, 111(D5).

Harries, J. E., et al (2001). Increases in greenhouse forcing inferred from the outgoing longwave radiation spectra of the Earth in 1970 and 1997. *Nature*, 410, 355-357.

Sherwood, S. C., et al, (2008). Robust tropospheric warming revealed by iteratively homogenized radiosonde data. *J. Climate*, 21, 5336–5350.

Wang, K., Liang, S., (2009). Global atmospheric downward longwave radiation over land surface under all-sky conditions from 1973 to 2008. *Journal of Geophysical Research*, 114 (D19).

Una Guía Científica del 'Manual Escéptico' es una respuesta al 'Manual Escéptico', disponible en <http://joannenova.com.au/global-warming/>

¿Dónde reside la evidencia de que el CO₂ causa el **calentamiento global**?

Los escépticos ponen a menudo en duda que los humanos estén causando el calentamiento global, con cuestiones tales como:

1. ¿Existe una huella del efecto invernadero?
2. En el pasado ¿siguió el CO₂ al aumento de la temperatura, en lugar de precederlo?
3. El calentamiento global ¿está ocurriendo ya?
4. ¿Se ha saturado el efecto del CO₂?

El abordaje de estas cuestiones proporciona la respuesta a la primera pregunta: la evidencia de que el CO₂ está causando el calentamiento global.

Existe una multitud de líneas de evidencia que apuntan todas ellas a la misma respuesta: que los humanos son los causantes del calentamiento global

La **huella humana** en el cambio climático

Cuando examinamos el cuerpo de evidencia completo emerge una imagen clara y consistente:

- Los humanos están emitiendo **miles de millones** de toneladas de CO₂ al aire cada año
- La cantidad de CO₂ en la atmósfera ha **aumentado en un 40% respecto al nivel preindustrial**
- El **efecto invernadero aumentado ha sido observado directamente** mediante una amplia variedad de medidas independientes

En lo que sigue examinaremos las múltiples líneas de evidencia que apuntan a una respuesta consistente: el CO₂ emitido por los humanos está causando el calentamiento global.

Identificación de la huella del efecto invernadero

El efecto invernadero presenta una huella nítida en la atmósfera. Los gases de efecto invernadero detienen el calor y le impiden alcanzar la atmósfera superior. Por tanto, debemos esperar un calentamiento en la atmósfera inferior (la troposfera) y un enfriamiento en la atmósfera superior (la estratosfera). Eso es exactamente lo que se observa:



Los modelos climáticos predicen una zona caliente cerca de 10 km por encima de los trópicos. Esto se ha confirmado con los últimos datos recogidos por los globos meteorológicos. Un error frecuente es creer que esta zona caliente es una prueba del efecto invernadero: no lo es. En realidad es debida a cambios en el **gradiente adiabático húmedo**.

Un error frecuente es creer que esta zona caliente es una prueba del efecto invernadero: no lo es.

A medida que se asciende por la atmósfera la temperatura disminuye. Cuando ésta es lo bastante fría como para que el vapor de agua se condense, al hacerlo desprende calor. Esto compensa parcialmente el enfriamiento. En los trópicos, donde el aire es más húmedo, se desprende más calor. Luego la zona caliente es el resultado de cualquier tipo de calentamiento en la superficie, y no sólo del efecto invernadero.

La temperatura de la atmósfera se mide mediante satélites y globos meteorológicos. Estas medidas resultan afectadas por varios factores, como el calentamiento de los globos por la luz del sol. Una vez se han tomado en consideración estos efectos, los datos de los globos meteorológicos nos muestran el calentamiento por encima de los trópicos.

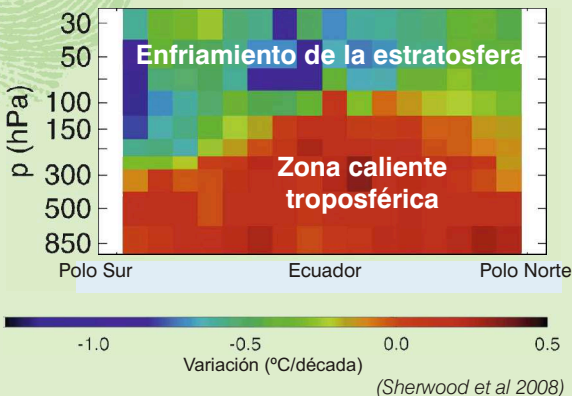
La confirmación de la zona caliente se obtiene de las medidas del viento. Dado que existe una relación directa entre la temperatura y la cizalladura del viento podemos calcular la variación de forma independiente. Con este método encontramos un aumento del calentamiento por encima de los trópicos, tal como esperábamos.

Observamos exactamente la firma del efecto invernadero: la troposfera calentándose y la estratosfera enfriándose

Huella humana #1

Enfriamiento de la estratosfera

Tanto los satélites como los globos meteorológicos presentan un calentamiento de la troposfera y un enfriamiento de la estratosfera: una huella distintiva del efecto invernadero



La evidencia de que el CO₂ provoca el calentamiento

El dióxido de carbono atrapa el calor. Esto se mide directamente mediante satélites, que detectan una reducción del calor emitido por la Tierra hacia el espacio durante las últimas décadas (véase **Huella humana #2**). Luego tenemos una evidencia directa de que el CO₂ causa el calentamiento global.



Los núcleos de hielo muestran que, en el pasado, el CO₂ aumentó después de que aumentara la temperatura. Esto significa que la temperatura afecta a la cantidad de CO₂ en el aire. Luego el calentamiento provoca una mayor cantidad de CO₂ y más CO₂ provoca mayor calentamiento. El conjunto de ambos mecanismos constituye un lazo de retroalimentación positiva.

Cuando la Tierra se calentó en el pasado este hecho provocó que los océanos liberaran más CO₂ a la atmósfera. Esto tuvo diversos efectos:

- El CO₂ extra en la atmósfera **amplificó el calentamiento original**. La retroalimentación positiva es esto.
- El CO₂ extra se difundió por la atmósfera, **extendiendo el efecto invernadero por todo el globo**.

Las medidas paleoclimáticas de CO_2 son totalmente consistentes con el efecto de calentamiento del CO_2 . De hecho, el calentamiento producido por el CO_2 explica tanto los grandes cambios de temperatura que se registraron en el pasado como la forma en que estos cambios se extienden por todo el globo. La demora en el aumento de la concentración de CO_2 no desmiente el efecto de calentamiento del CO_2 . Por el contrario, supone una evidencia de una retroalimentación climática positiva.

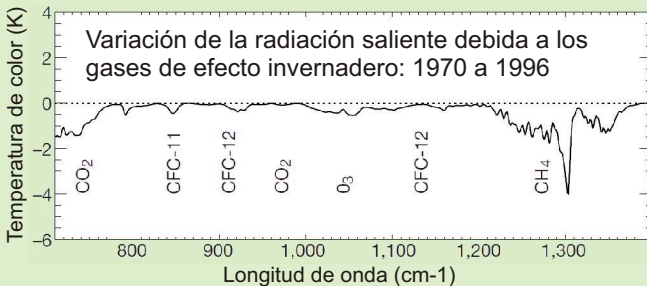
La demora en el aumento de la concentración de CO_2 no desmiente el efecto de calentamiento del CO_2 . Por el contrario, supone una evidencia de una retroalimentación

Huella Humana # 2

Menos calor escapando hacia el espacio

Los satélites miden la radiación infrarroja cuando escapa hacia el espacio. Una comparación entre los datos de los satélites desde 1970 hasta 1996 encontró que está escapando menos energía hacia el espacio, precisamente a las longitudes de onda en que los gases de efecto invernadero absorben energía. Los investigadores describieron este hallazgo como una “evidencia experimental directa de un aumento significativo del efecto invernadero en la Tierra”

Este resultado ha sido confirmado por datos más recientes obtenidos por otros satélites



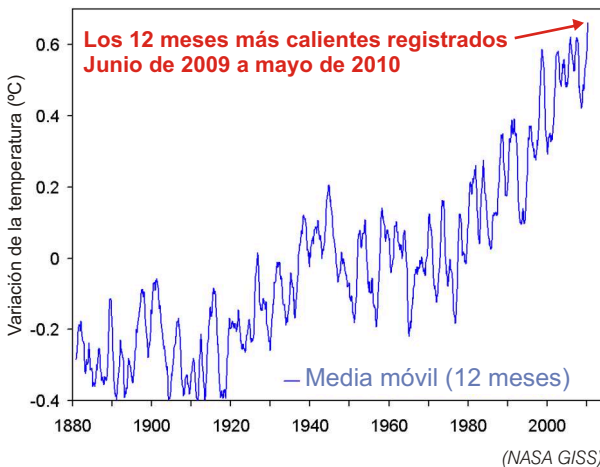
(Harries et al 2001)

La realidad del calentamiento global

Los escépticos alegan que gran parte del calentamiento global medido es debido a que las estaciones de medición están situadas cerca de equipos de aire acondicionado o aparcamientos. Sabemos que esto no es cierto por varios motivos.

Para iniciados, podemos comparar la temperatura de una buena estación meteorológica con estaciones situadas en ubicaciones menos preparadas. Tanto las estaciones 'buenas' como las 'malas' muestran el mismo incremento de temperatura.

Otra manera de comprobar la precisión de las medidas termométricas es compararlas con los datos de los satélites. Las medidas de los satélites muestran la misma cantidad de calentamiento. Dado que, en el espacio, no hay acondicionadores de aire ni aparcamientos que puedan contaminar las medidas, se trata de una confirmación de que los termómetros presentan una imagen fiel de la realidad.



Otra alegación de los escépticos es que no ha habido calentamiento en los últimos años. Sin embargo, se ha producido un importante calentamiento durante este período. De hecho, el récord de los 12 meses más calientes fue superado en marzo

de 2010, para ser superado de nuevo en abril y después en mayo.

El récord de temperatura en la superficie es sólo una de las líneas de evidencia que confirman que el calentamiento global es una realidad:

- Las grandes masas de hielo se están fundiendo, y pierden miles de millones de toneladas de hielo cada año
- El nivel del mar está aumentando a un ritmo acelerado (en gran parte debido a la fusión de los hielos)
- Las especies están migrando hacia los polos
- Los glaciares están retrocediendo, amenazando el suministro de agua potable de millones de personas

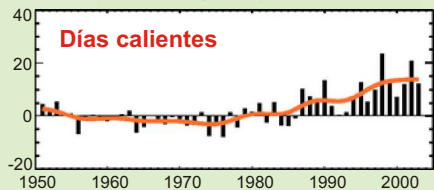
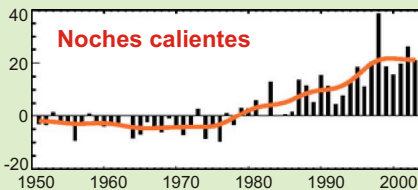
Cuando alguien le diga que no hay evidencia de que los humanos estén causando el calentamiento global, es porque no ha profundizado lo suficiente.

Para alcanzar un conocimiento completo del clima tenemos que examinar la evidencia. Lo que vemos es que distintas líneas de evidencia apuntan todas hacia la misma conclusión: el calentamiento global está ocurriendo y nosotros somos los causantes. Cuando alguien le diga que no hay evidencia de que los humanos estén causando el calentamiento global, es porque no ha profundizado lo suficiente.

Huella humana #3

Las noches se calientan más que los días

Un efecto invernadero amplificado significa que las noches deberían calentarse más deprisa que los días. Esto es debido a que el efecto invernadero opera tanto de día como de noche. Si el calentamiento global estuviera causado por el sol, podríamos esperar que la tendencia al calentamiento fuera mayor durante el día. En cambio, lo que vemos es que el número de noches calientes aumenta más deprisa que el número de días calientes.



(Alexander et al 2006)

El efecto del CO₂ está aumentando

Los humanos emiten cerca de 30.000 millones de toneladas de dióxido de carbono a la atmósfera cada año. A medida que añadimos más CO₂ a la atmósfera, éste atrapa una mayor cantidad de calor. ¿Cómo podemos comprobarlo? Las medidas del mundo real nos muestran que el CO₂ extra atrapa más calor. Hemos visto que los satélites muestran que está escapando menos calor hacia el espacio (véase **Huella humana #2**). Esto constituye una prueba observacional directa de que el efecto de calentamiento del CO₂ está aumentando.

Tenemos una confirmación adicional de que el CO₂ extra está atrapando más calor a través de las medidas en superficie (véase **Huella humana #4**). Al escapar menos calor hacia el espacio, se está devolviendo más calor hacia la superficie de la Tierra. En la superficie observamos más radiación infrarroja volviendo hacia la Tierra desde la atmósfera.

Los humanos emiten 30.000 millones de toneladas de carbón a la atmósfera cada año. A medida que añadimos más CO₂, atrapa más calor.

¿Qué ocurre con el argumento de que el efecto del CO₂ está saturado? Éste se basa en la errónea noción de que nuestra atmósfera contiene una sola capa de CO₂ que bloquea el calor, como si fuera una ventana veneciana. En realidad, nuestra atmósfera está formada por varias capas, y cada una de ellas radia calor.

Cuando añadimos más CO₂ en el aire éste se mezcla por toda la atmósfera, incluidas las capas superiores. El CO₂ extra de las capas más altas de la troposfera absorbe radiación desde los niveles más bajos. Luego al añadir CO₂ a la atmósfera se está añadiendo calentamiento global

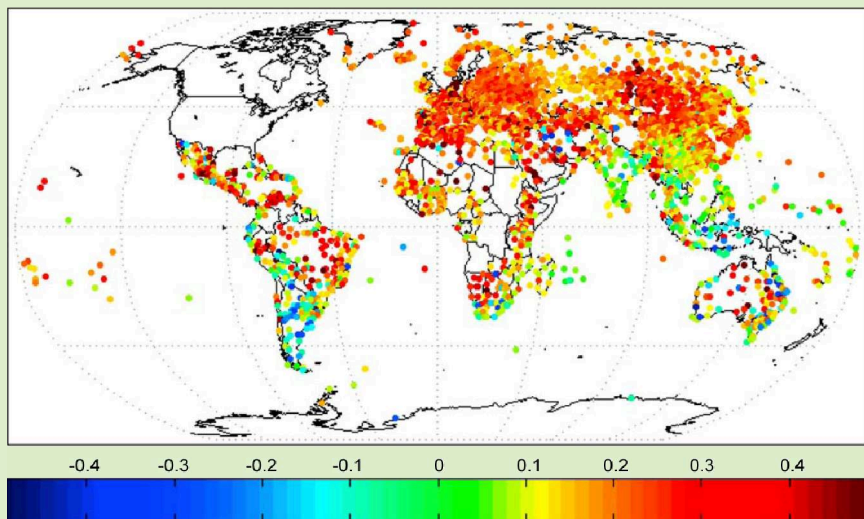
Huella humana #4

Hay más calor que vuelve hacia la Tierra

Las medidas en superficie muestran que hay más calor volviendo hacia la Tierra debido a un efecto invernadero aumentado. Cuando examinamos con detenimiento el espectro de la radiación descendente podemos calcular en qué medida cada gas contribuye al efecto invernadero. De estos resultados se concluyó que:

“Estos datos experimentales efectivamente terminan con los argumentos de los escépticos, según los cuales no existen evidencias que permitan conectar el aumento de los gases de efecto invernadero en la atmósfera con el calentamiento global”

Variación de la radiación infrarroja descendente



Wattios por metro cuadrado por año

(Wang et al 2009)

La atribución al origen antropogénico del calentamiento global está basada en distintas líneas de evidencia independientes entre sí. El escepticismo en cambio climático se centra a menudo en pequeñas piezas del rompecabezas al tiempo que descuida la imagen completa.

Nuestro clima está cambiando y nosotros somos la causa principal a través de nuestras emisiones de gases de efecto invernadero. Los hechos relativos al cambio climático son esenciales para entender nuestro entorno mundial, y para tomar decisiones acerca de nuestro futuro.



Mayor información en:



THE UNIVERSITY OF
WESTERN AUSTRALIA
Achieving International Excellence

www.climatecsciencewa.org