

## **La Temperatura de la Ciencia**

Un científico de la NASA explica como se calcula la temperatura media global, los fallos que han detectado, que muestran los datos y da su opinión sobre los e-mails pirateados a la Universidad de East-Anglia.

James Hansen para la Universidad de Columbia (10/01/10)

### **Contexto**

Mi experiencia con los datos de las temperaturas globales durante 30 años arroja luz sobre como la ciencia y su percepción pública ha cambiado. A finales de los 70, me entró la curiosidad sobre los bien conocidos análisis del cambio en la temperatura global publicados por el climatólogo J. Murray Mitchell: ¿por qué sus estimaciones del cambio en la temperatura a gran escala se restringían a latitudes septentrionales? Como científico planetario, me parecía que había suficientes puntos con datos en el Hemisferio Sur que permitían estimaciones útiles para este hemisferio y para el promedio global. Entonces, solicité un registro de datos de estaciones meteorológicas a Roy Jenn del National Center for Atmospheric Research, que obtuvo los datos de registros de la Organización Meteorológica Mundial e hice mi propio análisis.

Volvamos a diciembre de 2009, cuando di una charla en el Progressive Forum en Houston, Texas. Los organizadores sentían que era necesario que tuviera una escolta policial entre mi hotel y el foro donde hablé. Días antes diversos bloggers informaban que yo era probablemente el hacker que asaltó los ordenadores de East Anglia y robó los correos electrónicos. Su razonamiento: No estaba implicado en ninguno de los correos pirateados, así que tenía que haber eliminado los mensajes incriminatorios antes de publicar los correos hackeados. Al día siguiente, otro blog popular concluía que yo merecía un castigo público. Comentarios en foros sobre este asunto, incluían indignación por ir a Texas con escolta policial.

¿Cómo llegamos a este estado? ¿Alguna lección útil? ¿Hay todavía ciencia interesante en los análisis del cambio de la temperatura superficial? ¿Por qué perder tiempo en ello, si hay otros grupos haciendo lo mismo?

En primer lugar, describiré las últimas actualizaciones de la temperatura superficial global en el Goddard Institute for Space Studies. Después muestro gráficas que ilustran las interferencias científicas y otras cuestiones. Finalmente, responderé a las cuestiones del párrafo superior.

### **Actualizaciones**

Cada mes, recibimos, electrónicamente, datos de tres fuentes: meteorológicos de varios miles de estaciones, observaciones de satélites de la temperatura superficial del mar y medidas de estaciones de investigación de la Antártida. Estos tres conjuntos de datos son el input\* (NdT: Entrada de datos) de un programa que produce un mapa global de las anomalías de la temperatura respecto a la media durante el periodo climatológico, 1951-1980.

El método de análisis ha sido descrito completamente en una serie de documentos arbitrados (Hansen et al., 1981, 1987, 1999, 2001, 2006). Documentos sucesivos actualizaron los datos y en algunos casos hicieron mejoras menores al análisis, por ejemplo, en ajustes para minimizar efectos urbanos. El método de análisis funciona en términos de anomalías de temperaturas, en lugar de temperatura absoluta, porque las anomalías presentan un campo geográfico más suave que la temperatura. Por ejemplo, cuando la ciudad de New York tiene un invierno inusualmente frío, es probable que Filadelfia tenga temperaturas más bajas de lo normal. La distancia sobre

la que las anomalías de la temperatura están altamente correlacionadas es del orden de 1000 kilómetros en latitudes medias y altas, como ilustramos en un artículo de 1987.

Aunque los tres flujos de datos entrantes que usamos están públicamente disponibles desde las organizaciones que los producen, comenzamos a preservar el conjunto completo de datos entrantes de cada mes en abril de 2008. Los conjuntos de datos que cubren todo el periodo de nuestro análisis, desde 1880 hasta el presente, están disponibles a partes interesadas en desarrollar su propio análisis o chequear el nuestro.

El programa informático que realiza nuestro análisis está publicado en el sitio web del GISS.

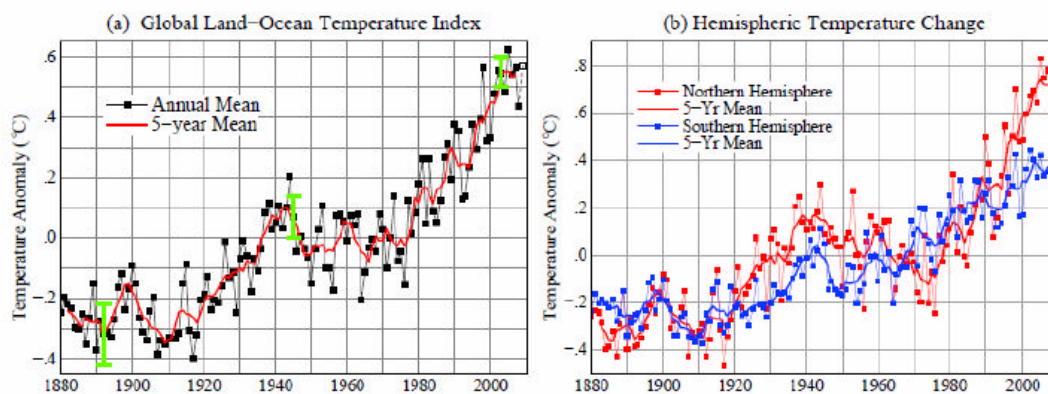


Figura 1. (a) Análisis GISS del cambio de la temperatura global. Los cuadrados sin relleno para 2009 es la anomalía temperatura mensual de 11 meses. La barra verde vertical tiene un rango de confianza del 95% para la temperatura anual. (b) Cambio en la temperatura hemisférica en el análisis GISS.

Las responsabilidades de las actualizaciones se reparten de la siguiente manera. Ken Lo ejecuta el programa para añadir los nuevos datos y vuelve a ejecutar el análisis con los datos expandidos. Reto Ruedy mantiene el programa informático que hace el análisis y maneja los asuntos más técnicos sobre el análisis. Makiko Sato actualiza los gráficos y los sube a la web. Yo examino los datos de temperatura mensual y escribo ocasionalmente ensayos sobre el cambio en la temperatura global.

### Asuntos e interferencias científicas

**Datos de temperatura-ejemplos de las primeras interferencias.** La figura 1 muestra el actual análisis del GISS del cambio en la temperatura global media promediada en 5 años anual (izquierda) y los cambios en la temperatura hemisférica (derecha). Estos gráficos están basados en los datos ahora disponibles, incluyendo buques y datos de satélite de regiones oceánicas.

La Figura 1 ilustra, con un periodo más largo, una conclusión central de nuestro primer análisis del cambio de temperatura (Hansen et al, 1981). Estos análisis están basados en registros de datos a través de diciembre de 1978, concluían que la cobertura de datos era suficiente para estimar el cambio en la temperatura global. También mostraba que el cambio en la temperatura era cualitativamente diferente en los dos hemisferios. El hemisferio sur tuvo un calentamiento más uniforme a través del siglo, mientras que el hemisferio norte tuvo un enfriamiento destacado entre 1940 y 1975.

Requirió más de un año publicar el artículo de 1981, el cual fue enviado varias veces a Science y Nature. En discusión estaba la significación global de los datos y la longitud del documento. Más tarde, en nuestros artículos de 1987, probamos cuantitativamente que la cobertura de las estaciones era suficiente para las conclusiones —la prueba fue obtenida por muestreo (en las localizaciones de las estaciones) de un conjunto de datos de 100 años de un modelo global de clima que tenía una variabilidad espacio-temporal realista.

Los registros entre los diferentes hemisferios a mitad de siglo no han sido nunca explicados de forma convincente. La explicación más probable está en los aerosoles atmosféricos, partículas finas en el aire, producidos por la quema de combustibles fósiles. El tiempo de vida de los aerosoles atmosféricos es de solo varios días, así que los aerosoles de combustibles fósiles estaban confinados principalmente en el hemisferio norte, donde más combustibles fósiles se quemaban. Los aerosoles tienen un efecto enfriador que todavía hoy se estima que contrarresta la mitad del efecto de calentamiento de los gases invernadero antropogénicos. Durante unas pocas décadas después de la Segunda Guerra Mundial, hasta el embargo de petróleo en los 70, el uso de combustibles fósiles se expandió exponencialmente a más de un 4% al año, causante probable del crecimiento del forzamiento climático de aerosoles que excedieron a los gases invernadero en el hemisferio norte. Sin embargo, no hay medidas de aerosoles que confirmen esta interpretación. Si hubiera una manera adecuada de comprender la relación entre la quema de combustibles fósiles y las propiedades de los aerosoles sería posible inferir las propiedades de los aerosoles durante el siglo pasado. Pero tal comprensión requiere medidas globales de aerosoles con suficiente detalle para definir sus propiedades y sus efectos en las nubes, una tarea que parece difícil, como se describió en el capítulo 4 de Hansen (2009).

### **Defectos en el análisis de temperatura**

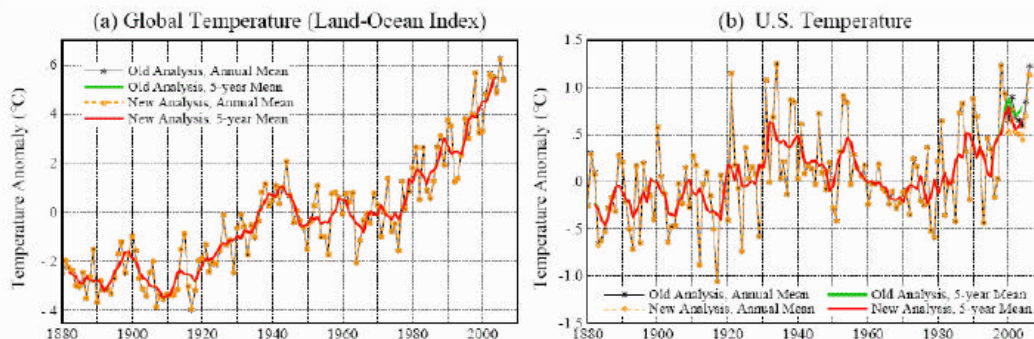


Figura 2. Cambio en la temperatura global (a) y EEUU (b) analizados antes y después de la corrección de fallo en el programa informático. Los resultados son indistinguibles excepto para el comienzo del año 2000 en los EEUU.

La figura 2 ilustra un error que se produjo en el análisis GISS cuando introducimos, en nuestro documento de 2001, unas mejoras en el registro de temperaturas de los Estados Unidos. El cambio consistió en el uso de un más moderno análisis USHCN (United States Historical Climatology Network, Red Climatológica Histórica de los Estados Unidos), para aquellas estaciones que son parte de la red USHCN. Esta mejora, desarrollada por investigadores de la NOAA, ajustando registros de estaciones que incluían movimientos de las estaciones y otras discontinuidades. Desafortunadamente, cometí un error al no reconocer que los registros de las estaciones que obteníamos electrónicamente de la NOAA cada mes, para estas mismas estaciones no contenían los ajustes. Por tanto, había una discontinuidad en los registros del año 2000 de estas estaciones, ya que años anteriores contenían el ajuste mientras que años posteriores no.

El error fue corregido en seguida, una vez que nos dimos cuenta. La figura 2 muestra las temperaturas de EEUU y global con y sin el error. El error promedió  $0.15^{\circ}\text{C}$  sobre los 48 estados contiguos, pero estos estados solo cubren el  $1\frac{1}{2}\%$  del globo, convirtiendo el error global en despreciable. Sin embargo, la historia fue embellecida y distribuida a nuevos puntos de venta a través del país. Titular resultante: La NASA había cocinado los registros de temperatura – y una vez que fue corregido 1998 ya no era el año más cálido en el registro, en su lugar era reemplazado por 1934. Esto no tenía sentido, por supuesto. El pequeño error en la temperatura global no tenía efecto en el ranking de los diferentes años. El año más cálido en nuestro análisis de la temperatura global era aún 2005. La posible confusión entre las temperaturas globales y las de EEUU pasó inadvertida. Pero la estimada para el año más cálido en los EEUU tampoco había cambiado 1934 y 1998 seguían siendo los años más cálidos (Figura 2b) con una diferencia ( $\sim 0.01^{\circ}\text{C}$ ) de al menos un orden de magnitud similar al de la incertidumbre al comparar la temperatura de los años 30 con las de los años 90. La desinformación obvia en estas historias y la ausencia de ningún esfuerzo para corregirlas después de puntualizar la mala información, sugiere que el objetivo podría haber sido crear desconfianza o confusión en la mente del público, en lugar de transmitir información precisa. Esto, por supuesto, es un asunto de opinión. Expresé mi opinión en dos e-mails que están en el sitio web de la Universidad de Columbia (1)(2).

Pensamos que habíamos aprendido la lección de esta experiencia. Pusimos nuestro programa de análisis en la web. Todo el mundo era libre de examinar el programa, si había preocupación de que estuviera ocurriendo cualquier “cocinado” de datos.

Desafortunadamente, otro problema con los datos ocurrió en 2008. En uno de los tres datos entrantes, el de las estaciones meteorológicas, en los datos de noviembre de 2008 de algunas estaciones de Rusia, se copiaron los datos de octubre de 2008. No era nuestro registro de datos, pero de forma correcta tuvimos que aceptar la culpa del error, porque los datos fueron incluidos en nuestro análisis. Fallos ocasionales en el input de datos son normales en nuestros análisis, y los fallos que notamos finalmente son corregidos si son substanciales. Realmente, tenemos una relación de trabajo eficiente con la NOAA - cuando detectamos datos que parecen cuestionables informamos a las personas adecuadas en el National Climate Data Center –una relación que ha sido, científicamente hablando muy productiva.

El error en estos datos fue un caso único. El control de datos del programa que la NOAA ejecuta en los datos de las estaciones meteorológicas globales incluye un examen para la repetición de datos: si dos meses consecutivos tienes datos idénticos, se comparan con los de las estaciones más cercanas. Si parece que la repetición probablemente sea un error, el dato es eliminado hasta que la fuente del dato original ha verificado los datos. El problema en 2008 escapó a este control de calidad porque un cambio en su programa había de forma temporal e inadvertida, omitido el citado control.

La lección aprendida aquí fue que incluso, con un error de datos transitorio y sin embargo, rápidamente corregido produjo pasto para quienes están más interesados más en las campañas de relaciones públicas que en la ciencia. Esto significa que ya no podemos los nuevos datos en nuestro sitio web cada mes y examinarlo en nuestro tiempo libre, porque, si un error momentáneo es mostrado, será usado para desinformar al público. Realmente, en este caso específico hubo otra ronda de acusaciones de “fraude” en talk shows y otros medios en toda la nación.

Otra lección aprendida. Con posterioridad, para minimizar la probabilidad de un dato puntual erróneo desliziándose en uno de los chorros de datos y afectando temporalmente el producto de datos disponibles públicamente, ahora subimos los datos analizados primero a un sitio que no es visible para el público. Esto permite a

Reto, Makiko, Ken y a mí examinar los mapas y gráficos de los datos antes de que el análisis se suba a la web – si algo parece cuestionable, informamos a los proveedores de datos para que lo resuelvan. Tal examen es siempre hecho antes de publicar un documento, pero ahora parece ser necesario incluso para las actualizaciones transitorias de datos rutinarias. Este proceso puede retrasar la disponibilidad de nuestro análisis de datos a usuarios hasta varios días, pero este es el precio que tenemos que pagar para minimizar la desinformación.

¿Es posible eliminar totalmente errores en los datos y la desinformación? Por supuesto que no. El hecho de que la ausencia de declaraciones incriminatorias en los e-mails pirateados son tomados como evidencia de acciones incorrectas da una medida de lo que se requeriría para sofocar todas las críticas. Creo que los pasos que ahora tomamos para asegurar la integridad de los datos son sensatos desde el punto de vista del usuario como para nuestro tiempo y recursos.

### Datos de temperatura- ejemplos de interés continuo

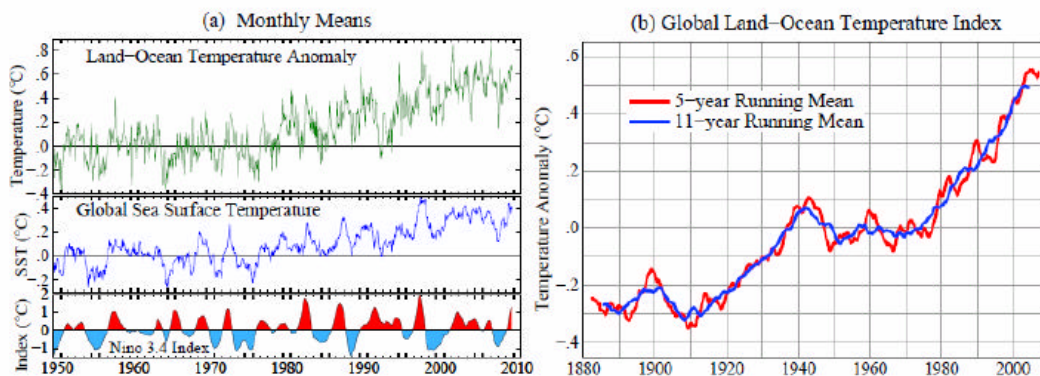


Figura 3. (a) Anomalía de la temperatura tierra-océano global mensual, temperatura superficial del mar global y el índice de El Niño. (b) Medias del índice de la temperatura global ejecutado para 5 y 11 años.

La figura 3(a) es un gráfico que usamos para ilustrar las recientes fluctuaciones del clima. Muestra las anomalías de la temperatura global mensual y las anomalías de la temperatura superficial del mar (SST). La línea roja-azul del índice El Niño en la gráfica inferior es una medida de la Oscilación del Sur. La línea roja muestra el calentamiento (El Niño) y la línea azul, el enfriamiento (La Niña) de las distintas fases en las oscilaciones en la temperatura superficial del mar para la pequeña región del este ecuatorial del océano Pacífico.

La fuerte correlación de la SST global con el índice de El Niño es obvia. La temperatura global de la tierra-océano presenta más ruido que la SST, pero la correlación con el índice de El Niño es también aparente para la temperatura global. En promedio, la temperatura global se retrasa tres meses respecto al índice de El Niño.

Durante 2008 y 2009 recibí muchos mensajes, a veces varios al día informándome que la Tierra se dirige hacia la próxima edad de hielo. Algunos mensajes incluían gráficas extrapolando tendencias de enfriamiento en el futuro. Algunos mensajes usaron un sucio lenguaje y pedían mi renuncia. De los mensajes que incluían algo de ciencia, casi invariablemente la afirmación que se hacía es que el sol controla el clima de la Tierra, que el sol está entrando en un largo periodo de disminución de su emisión energética, y que el sol es la causa de la tendencia al enfriamiento.

Realmente, es probable que el sol sea un importante factor en la variabilidad climática. La figura 4 muestra los datos de la irradiancia solar para el periodo de

medidas de satélite. No se sabe si rebotará pronto a un ciclo solar más o menos normal – o si es probable que permanezca a un nivel bajo durante décadas, análogo al Mínimo de Maunder, un periodo de pocas manchas solares que podría haber sido la causa principal de la Pequeña Edad de Hielo.

El forzamiento climático directo debido a la variabilidad solar medida, de  $0.2 \text{ W/m}^2$ , es comparable al incremento en el forzamiento del dióxido de carbono que ocurre cada siete años, usando las tasas recientes de crecimiento de  $\text{CO}_2$ . Aunque hay una posibilidad de que el forzamiento solar pudiera ser amplificado por efectos indirectos, como cambios en el ozono atmosférico, el conocimiento actual sugiere solo una pequeña amplificación, como se ha discutido en otras partes (Hansen 2009). El registro de la temperatura global (Figura 1) tiene una correlación positiva con la irradiancia solar, siendo la amplitud de la variación de la temperatura aproximadamente consistente con el forzamiento solar directo. Este asunto será más claro cuando los registros sean más largos, pero para este propósito es importante que los registros de temperatura sean tan precisos como sea posible.

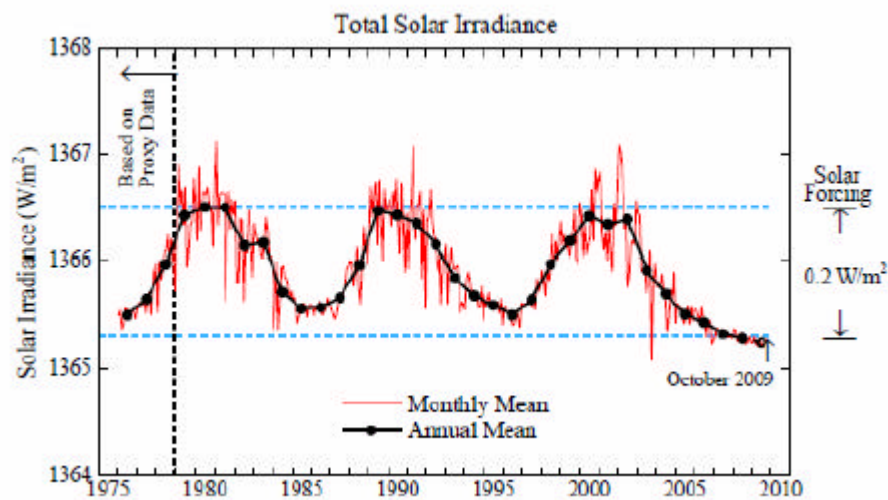


Figura 4. Irradiancia solar hasta octubre de 2009, basado en la concatenación de registros múltiples de satélite por Claus Frohlich y Judith Lean (ver Frohlich, 2009). Promediado durante día y noche, la Tierra absorbe cerca de  $240 \text{ W/m}^2$  de energía del sol, así la variación de la irradiancia de cerca de  $0.1\%$  causa un forzamiento climático directo de cerca de  $0.2 \text{ W/m}^2$ .

Frecuentemente se oyen falacias como que “el calentamiento global se paro en 1998” o que “el mundo se ha estado enfriando durante la última década”. Estas afirmaciones parecen ser un deseo – sería bonito si fuera cierto, pero no es lo que los datos muestran. Realmente, la temperatura global de 1998 saltó bien por encima de los años más cálidos previos en el registro instrumental, principalmente porque 1998 fue afectado por El Niño más fuerte del siglo. Después, durante los años siguientes la temperatura global fue más baja que en 1998, como se esperaba.

Sin embargo, la temperatura global media ejecutada a promedios de 5 y de 11 años (Figura 3b) ha continuado mostrando un incremento de casi la misma tasa que en las pasadas tres décadas. Hay una pequeña tendencia descendente al final del registro, pero incluso podría desaparecer si 2010 es un año cálido, En realidad, dado el continuo crecimiento de los gases invernadero y la tendencia del calentamiento global subyacente (Figura 3b) hay una alta probabilidad, diría más grande que el  $50\%$  de que 2010 sea el año más cálido en el periodo de datos instrumentales. Esta predicción depende en parte de la continuación del actual moderado El Niño durante al menos varios meses, lo que es probable.

Además, la afirmación de que 1998 fue el año más cálido se base en el análisis de temperatura del Met-Office East Anglia británico. Como se mostró, en la figura 1, el análisis GISS dice que 2005 fue el año más cálido. Como se discutió por Hansen et al. (2006) la principal diferencia entre estos análisis es debido al hecho de que el análisis británico excluye grandes áreas en el Ártico y en la Antártida donde las observaciones son escasas. El análisis GISS, que extrapola las anomalías de temperatura hasta 1200 km, tiene una cobertura completa de las áreas polares. La extrapolación incluye incertidumbres, pero hay información independiente, incluyendo medidas de satélite infrarrojas y cubiertas de hielo Ártico reducidas, que soporta la existencia de anomalías de temperatura positiva en estas regiones.

## **Resumen**

La naturaleza de los mensajes que recibí del público y el hecho de que la sede central de la NASA recibiera más de 2.500 peticiones de investigación sobre nuestra posible "manipulación" de los datos de temperatura global, sugieren que las preocupaciones son más políticas que científicas. Quizás los mensajes son un intento de intimidación que espera tener un efecto paralizante en los investigadores del cambio climático.

El reciente "éxito" de los negacionistas del cambio climático en el uso de los e-mails pirateados al East-Anglia para sembrar dudas sobre la realidad del cambio climático\* parece haber dado fuerzas a otros "escépticos". Estoy ahora inundado con muchas solicitudes FOIA (Ley de Libertad de Información) en mi correo, con un impacto sustancial en mi tiempo y en otros en la oficina. Creo que piensan que "a río revuelto, ganancia de pescadores" y tienen como objetivo alguna declaración que poder sacar de contexto, para desacreditar de nuevo a la ciencia del clima.

Hay lecciones de nuestra experiencia que tienen que ser tomadas en cuenta, antes de hacer disponibles los datos al público. Pero hay que hacer demasiado trabajo en ciencia como para permitir que las tácticas intimidatorias reduzcan nuestro balance científico. Podemos tomar la lección de mi nieto de 5 años que dice valientemente: "¡No me detengo, porque nunca he renunciado a un espíritu luchador! (3)

Hay otros investigadores que trabajan de forma más extensa en análisis de temperatura global que nosotros – nuestro principal trabajo concierne observaciones de satélite globales y modelos globales – pero hay diferentes perspectivas, lo cual, sugiero, es útil para tener más de una. Además, es útil combinar las experiencias de trabajo con las temperaturas observadas junto con nuestro trabajo sobre datos de satélites y modelos climáticos. Esta combinación de intereses es probable que arroje luz sobre lo que está ocurriendo con el clima global y la información en los datos que son necesarios para entender lo que está aconteciendo. Así que seguiremos con ello.

\*Por "éxito" me refiero a su exitosa campaña de difamación y juego sucio. Mi interpretación de los e-mails es que algunos científicos probablemente se exasperaron y frustraron con los negacionistas – que podrían haber contribuido a juicios cuestionables. La forma en la que trabaja la ciencia, tiene que hacer fácilmente disponible los datos entrantes que usamos, para que otros puedan verificar nuestros análisis. También, en mi opinión, es un error estar demasiado preocupado sobre las publicaciones de los negacionistas- algunos malos artículos se escurren en el proceso peer-review, pero los informes globales de la Academia Nacional, el IPCC y organizaciones científicas extraen el grano de la paja.

El punto importante es que nada de lo que se encontró en los e-mails de East Anglia altera la realidad y la magnitud del calentamiento global en el registro instrumental. Los datos entrantes para los análisis de temperatura global están ampliamente disponibles, en nuestro sitio web y otros lugares. Si estos datos pudieran haber

producido un cambio en la temperatura global muy diferente y significativo, los negacionistas ciertamente lo habrían mostrado, pero no lo han hecho.

Traducido por Mario Cuellar para Globalízate

Artículo original:

[http://www.columbia.edu/~jeh1/mailings/2009/20091216\\_TemperatureOfScience.pdf](http://www.columbia.edu/~jeh1/mailings/2009/20091216_TemperatureOfScience.pdf)

## Referencias

(1) [http://www.columbia.edu/~jeh1/mailings/2007/20070810\\_LightUpstairs.pdf](http://www.columbia.edu/~jeh1/mailings/2007/20070810_LightUpstairs.pdf)

(2) [http://www.columbia.edu/~jeh1/mailings/2007/20070816\\_realdeal.pdf](http://www.columbia.edu/~jeh1/mailings/2007/20070816_realdeal.pdf)

(3) [http://www.columbia.edu/~jeh/mailings/2009/20091130\\_FightingSpirit.pdf](http://www.columbia.edu/~jeh/mailings/2009/20091130_FightingSpirit.pdf)

Frölich, C. 2006: Solar irradiance variability since 1978. *Space Science Rev.*, **248**, 672-673.

Hansen, J., D. Johnson, A. Lacis, S. Lebedeff, P. Lee, D. Rind, and G. Russell, 1981: Climate impact of increasing atmospheric carbon dioxide. *Science*, **213**, 957-966.

Hansen, J.E., and S. Lebedeff, 1987: Global trends of measured surface air temperature. *J. Geophys. Res.*, **92**, 13345-13372.

Hansen, J., R. Ruedy, J. Glascoe, and Mki. Sato, 1999: GISS analysis of surface temperature change. *J. Geophys. Res.*, **104**, 30997-31022.

Hansen, J.E., R. Ruedy, Mki. Sato, M. Imhoff, W. Lawrence, D. Easterling, T. Peterson, and T. Karl, 2001: A closer look at United States and global surface temperature change. *J. Geophys. Res.*, **106**, 23947-23963.

Hansen, J., Mki. Sato, R. Ruedy, K. Lo, D.W. Lea, and M. Medina-Elizade, 2006: Global temperature change. *Proc. Natl. Acad. Sci.*, **103**, 14288-14293.

Hansen, J. 2009: "Storms of My Grandchildren." Bloomsbury USA, New York. (304 pp.)