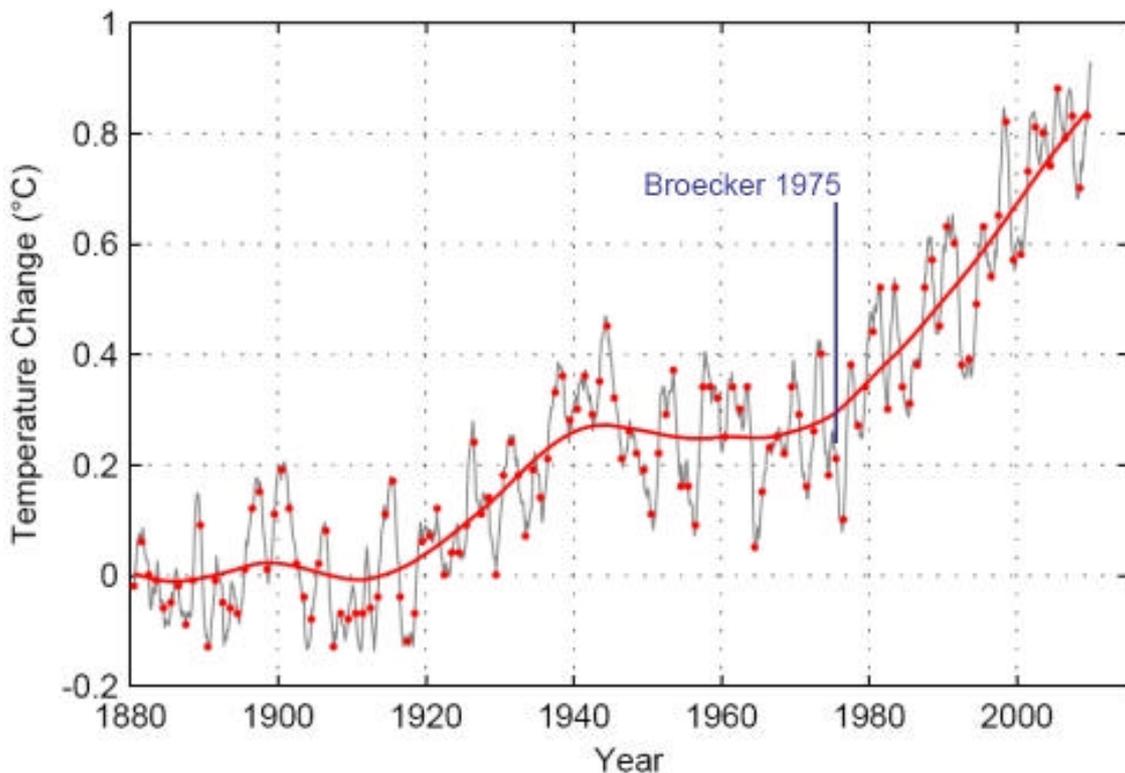


El cumpleaños del cambio climático

Stefan Rahmstorf en Realclimate (29/18/10)

¡El cambio climático cumple 35! No sólo la actual avalancha sobre el cambio climático ha continuado durante cerca de 35 años, sino que también el vocablo “cambio climático” ha cumplido 35 años. El 8 de agosto de 1975, Wally Broecker publicó su artículo “¿Estamos al principio de un pronunciado calentamiento global?” en la revista Science. Parece ser que fue la primera vez que se usó el término “calentamiento global” en la literatura científica (al menos es la primera vez de alrededor de 10.000 artículos para este término de búsqueda según la base de datos ISI de artículos en revistas).

En este documento, Broecker predijo correctamente “que la tendencia de enfriamiento actual dará, dentro de aproximadamente un década, paso a un pronunciado calentamiento inducido por el dióxido de carbono”, y que “a principios del próximo siglo (el dióxido de carbono) habrá conducido la temperatura media planetaria más allá de los límites experimentados durante los últimos 1000 años”. Predijo un calentamiento global promedio para el siglo XX de 0.8 °C debido al dióxido de carbono y mostraba su preocupación sobre las consecuencias en la agricultura y el nivel del mar.



Temperatura global hasta junio de 2010 según los datos del GISS de la NASA. La línea gris es el promedio de 12 meses, los puntos rojos son los valores anuales medios. La roja gruesa es una línea de tendencia no lineal. Broecker por supuesto no tuvo estos datos disponibles, no incluso hasta 1975, ya que esta compilación global fue sólo reunida a finales de 1970 (Hansen et al. 1981). Tuvo que confiar en datos meteorológicos más limitados.

Para aquellos que incluso hoy dicen que el calentamiento global no se puede predecir, el aniversario del documento de Broecker es un recordatorio de

que el calentamiento global *fue* realmente predicho antes de que fuera evidente en los registros de temperatura global una década después (cuando Jim Hansen en 1988 establecería en la famosa cita “el calentamiento global está aquí”).

Broecker es uno de los grandes climatólogos del siglo XX: pocos pueden igualar su record de 400 artículos científicos, ¡un total de 60 tienen más de 100 citas cada uno! Resulta interesante, que su artículo sobre el “calentamiento global” no está entre los más citados, con “sólo” 79 citas hasta la fecha. Broecker es más famoso por su extenso trabajo sobre paleoclimatología y geoquímica oceánica.

Es muy instructivo ver como Broecker llegó a sus predicciones en 1975 –al menos porque incluso hoy, mucha gente no enterada, incorrectamente asume que atribuimos el calentamiento global al CO₂ básicamente porque la temperatura y los niveles de CO₂ han subido y están correlacionados. Broecker llegó a su predicción en un momento en el que el CO₂ había estado subiendo pero las temperaturas habían estado bajando durante décadas – pero Broecker (como la mayoría de los climatólogos en ese momento, y hoy) comprendieron la física básica del asunto.

Básicamente su predicción involucró tres simples pasos que en esencia son todavía usados hoy.

Paso 1: Predecir las emisiones futuras.

Broecker simplemente asumió un crecimiento de las emisiones de CO₂ por combustibles fósiles de un 3% al año desde 1975 en adelante. Con esto, llegó a unas emisiones acumuladas de emisiones fósiles de CO₂ de 1.67 billones de toneladas para el año 2010 (ver tabla 1). No estuvo mal: las emisiones actuales resultaron ser de 1.3 billones de toneladas (Canadell et al, PNAS 2007 – la estimación hasta 2010 la he realizado yo).

Un defecto, desde el moderno punto de vista, es que Broecker no incluyó otros gases de efecto invernadero antropogénicos o partículas de aerosoles en sus cálculos. Sin embargo, discutió sobre aerosoles, los llamo “polvo”. En efecto, la primera frase del resumen comenzaba con una sentencia si...

Si el polvo antropogénico no es importante como una gran causa del cambio climático, entonces se puede concluir que la tendencia actual hacia el enfriamiento, dentro de una década o así, dará paso a un pronunciado calentamiento inducido por el dióxido de carbono.

Esta una señal para la discusión sobre los aerosoles que inducen enfriamiento al principio de la década de los 70. Broecker escribe correctamente:

Es difícil determinar el significado del próximo y más importante efecto climático inducido por el hombre, “polvo”, porque las incertidumbres en los que respecta a la cantidad, las propiedades ópticas y la distribución de las partículas antropogénicas, citando un artículo de Steve Schneider y otros. Como no pudo cuantificarlo, obvió este efecto. Aquí, La suerte estuvo del

lado de Broecker: el calentamiento por otros gases invernadero y el enfriamiento por los aerosoles se cancela en gran parte hoy, así considerando sólo el CO₂ lleva a casi el mismo forzamiento radiativo cuando consideras todo los efectos antropogénicas sobre el clima (ver IPCC, AR4, FIG, SPM.2).

Table 1. Reconstruction and prediction of atmospheric CO₂ contents based on fuel consumption data.

Year	Chemical fuel CO ₂ (× 10 ¹⁶ g)	Excess atmospheric CO ₂ * (× 10 ¹⁶ g)	Excess atmospheric CO ₂ (%)	Excess atmospheric CO ₂ (ppm)	CO ₂ content of the atmosphere† (ppm)	Global temperature increase‡ (°C)
1900	3.8	1.9	0.9	2	295	0.02
1910	6.3	3.1	1.4	4	297	.04
1920	9.7	4.8	2.2	6	299	.07
1930	13.6	6.8	3.1	9	302	.09
1940	17.9	8.9	4.1	12	305	.11
1950	23.3	11.6	5.3	16	309	.15
1960	31.2	15.6	7.2	21	314§	.21
1970	44.0	22.0	10.2	29	322§	.29
1980	63	31	14	42	335	.42
1990	88	44	20	58	351	.58
2000	121	60	28	80	373	.80
2010	167	83	38	110	403	1.10

*On the assumption that 50 percent of the CO₂ produced by the burning of fuel remains in the atmosphere. †The preindustrial atmospheric partial pressure of CO₂ is assumed to be 293 ppm. ‡Assumes a 0.3°C global temperature increase for each 10 percent rise in the atmospheric CO₂ content. §Value observed on Hawaii for 1960, 314 ppm; value for 1970, 322 ppm (§). ||Post-1972 growth rate taken to be 3 percent per year.

Tabla 1 de Broecker (1975)

Paso 2: Predecir futuras concentraciones

Para ir desde la cantidad de CO₂ emitido al incremento actual en la atmósfera, necesitas saber que fracción de las emisiones permanece. La "fracción en el aire". Broecker simplemente asumió, basándose en los datos pasados de emisiones y concentraciones de CO₂ (curva de Manua Loa de Keeling), que la fracción en el aire es constante al 50%, es decir, alrededor de la mitad de nuestras emisiones por combustibles fósiles se acumula en la atmósfera. Esto es todavía una buena asunción hoy, si miras al incremento observado como una fracción de las emisiones de combustibles fósiles. Broecker calculó que cerca del 35% de las emisiones son absorbidas por el océano y el otro 15% por la biosfera (de nuevo no muy lejos de los valores modernos, Canadell et al.). Sobre esta base argumentó que si el océano es el sumidero principal, la fracción en el aire permanecería constante en las próximas décadas (sus cálculos excedieron el año 2010).

Después, con un incremento del 3% en las emisiones por año y un 50% de la fracción remanente, es fácil computar el incremento en las concentraciones de CO₂. Obtiene un incremento desde 295 a 403 ppm de 1900 a 2010. El valor actual es 390 pm, un poco más bajo de lo que Broecker estimó porque su previsión de emisiones acumulativas era demasiado alta.

Paso 3. Computar la respuesta de la temperatura global.

Ahora llegamos a la respuesta de la temperatura al incremento en las concentraciones de CO₂. Broecker escribió

La respuesta de la temperatura global al contenido de CO₂ atmosférico no es lineal. Cuando el contenido de CO₂ en la atmósfera sube, la absorción de radiación saturará sobre una porción incluso más grande de la banda. Rasool y Schneider apuntan que la temperatura se incrementa con el logaritmo de la concentración de CO₂ atmosférico.

Basándose en la relación logarítmica (todavía válida hoy), Broecker asume una sensibilidad climática de 0.3°C para cada 10% de incremento en la concentración de CO₂, que suma un 2.2°C de calentamiento si se dobla el CO₂. Esto se basa en unos primeros cálculos de Manabe y Weitherald. Broecker escribe:

Aunque podría haber sorpresas esperándonos cuando mejores computadoras y un mejor conocimiento de la física de nubes permitan el próximo estadio de modelización que sea realizado, la magnitud del efecto del CO₂ probablemente se ha estabilizado a un factor de 2 sobre 4.

El AR4 da un rango de incertidumbre de la sensibilidad climática de 2-4.5°C de calentamiento doblando el CO₂, así que todavía está cerca del factor 2 de incertidumbre y Broecker usó un valor muy cercano a la parte baja de este rango de incertidumbre. La estimación moderna no sólo está basada en los cálculos modernos sino también en datos paleoclimáticos y modernos: el AR4 lista 13 estudios que constriñen la sensibilidad climática en su tabla 9.3.

En el documento de Broecker el calentamiento calculado con la ayuda de la sensibilidad climática ocurre instantáneamente. Hoy sabemos que el sistema climático responde con un tiempo de retraso debido a la inercia térmica oceánica. Al obviar esto, Broecker sobrestimó el calentamiento en un momento dado; sumando la inercia térmica hubiera reducido su calentamiento estimado cerca de un tercio (ver AR4 Fig SPM.5) (1). Pero de nuevo tuvo suerte: al coger ~2°C en lugar del más probable de ~3°C, la sensibilidad climática compensa aproximadamente, así su calentamiento de 0.8°C casi da en el clavo (la estimación actual es cercana a 0.7°C, ver Figura anterior). Una moderna versión de este cálculo del calentamiento se encuentra en nuestro libro, *Nuestro amenazado océano* p. 82)

Variabilidad natural

Broecker no fue el primero en predecir el calentamiento inducido por el CO₂. En 1965m, un informe de expertos para el Presidente de EEUU Lyndon B. Jonson había avisado: "Para el año 2000, el incremento en dióxido de carbono será cercano al 25%. Esto podría ser suficiente para producir cambios mesurables y quizás marcados en el clima." Y en 1972, una predicción más específica a la de Broecker fue publicada por el eminente científico de la atmósfera J.S Sawyer en Nature.

La innovación del artículo de Broecker –aparte de introducir el término “calentamiento global”- fue combinar las estimaciones del calentamiento por CO₂ con la variabilidad natural. Su principal tesis fue un enfriamiento climático natural había, durante las tres últimas décadas, más que compensado el efecto del calentamiento producido por el CO₂ [...] El enfriamiento natural presente, sin embargo, tocará fondo durante la próxima década aproximadamente. Una vez que esto ocurra, el efecto del CO₂ tenderá a convertirse en un factor significativo y para la primera década del próximo siglo podrían experimentarse temperaturas globales más altas que en cualquier momento de los últimos 1000 años.

Lo último ha resultado ser correcto. La idea de que el pequeño enfriamiento desde la década de los 40 hasta la de los 70 es debido a la variabilidad natural todavía no puedes ser descartado, aunque mucho más probable es que sea una parte de la explicación y el enfriamiento es básicamente debido al “polvo” obviado por Broecker, es decir, debido a la contaminación por aerosoles antropogénicos (Taylor y Pender, 1994). Sin embargo, la forma en la Broecker estimó e incluso predijo la variabilidad natural no ha soportado el paso del tiempo. Usó datos del núcleo de hielo Camp Century en Groenlandia argumentando que esto “podría dar una imagen de las fluctuaciones naturales en la temperatura global durante los últimos 1000 años.” Irónicamente, el último trabajo de Broecker sobre los cambios en la circulación del océano Atlántico mostraba que Groenlandia es probablemente incluso menos representativo para los cambios en la temperatura global que la mayoría de otros lugares en la Tierra, ya que está fuertemente afectada por la variabilidad en el transporte de calor del océano (ver nuestro comentario sobre Younger Dryas (2), o el último libro de Broecker “El gran transportador del océano). Sin embargo, Broecker tuvo razón en concluir que el aumento de CO₂ superaría más pronto que tarde tales variaciones naturales del clima.

En resumen, el artículo de Broecker (junto con el de Sawyer) muestra la predicción válida del calentamiento global, fueron publicado en los 70 en las revistas de prestigio Nature y Science y el calentamiento ha esto ocurriendo casi exactamente como fue predicho hace al menos 35 años. Algunos aspectos importantes no eran comprendidos entonces, como el papel de los gases invernadero distintos al CO₂, los aerosoles y el almacén de calor de los océanos. Que casi clavará la predicción tuvo una parte de suerte, ya que no uso procesos, que afectan al resultado en la misma dirección, pero se cancelaban parcialmente. Sin embargo, el hecho básico de que el aumento del CO₂ causaría un “pronunciado calentamiento global”, como Broecker escribió, era bien comprendido en los 70. En 1979 una entrevista a Steve Schneider (3) describía correctamente esto como un consenso entre los expertos, con dudas sobre la magnitud exacta y sus efectos.

Traducido por Mario Cuéllar para Globalízate

Stefan Rahmstorf es un climatólogo y oceanógrafo en el Instituto Potsdam para la Investigación del Impacto del Clima

Artículo original:

<http://www.realclimate.org/index.php/archives/2010/07/happy-35th-birthday-global-warming/>

Referencia.

BROECKER WS, 1975: CLIMATIC CHANGE – ARE WE ON BRINK OF A PRONOUNCED GLOBAL WARMING?
SCIENCE Volume 189, Pages 460-463.

http://docs.google.com/viewer?a=v&q=cache:z75YSOHD0wIJ:blogs.ei.columbia.edu/climate/files/2009/10/broeckerglobalwarming75.pdf+broeckerglobalwarming75.pdf&hl=en&gl=us&pid=bl&srcid=ADGEEShzZKUX1QIH0_UGyBmNIAe65AouTbc3CSwxhVaFlvah1JVbzPjEw16AmIOCr5GAl69LpsuTomtjbSR6ql3Ueg3YePoiMnkjcAdSyhIWU37VE3ARN409qso3o794e2cdo1TITbj6&sig=AHIEtbT4ZvtMbw6YeubwQ_CbbKI38zS_hA

(1) http://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg1/en/figure-spm-5.html

(2) <http://www.realclimate.org/index.php/archives/2010/07/revisiting-the-younger-dryas/>

(3) <http://www.youtube.com/watch?v=pB2ugPM0cRM>