

**DOCUMENTO
CIENTÍFICO
PRESERVADO EN**

calentamientoglobalacelerado.net

EL METODO CIENTIFICO Y EL PROBLEMA DEL CAMBIO CLIMATICO

Alejandro Lomas González⁽¹⁾, Ricardo Torrijo Murciano⁽²⁾

(1) AEMET, c/Leonardo Prieto Castro, 8 28040- Madrid, alomasg@aemet.es

(2) AEMET, c/ de la Plata, 25, 45071- Toledo, rtorrijom@aemet.es

1. **INTRODUCCION**
2. **BREVE HISTORIA DEL METODO CIENTIFICO DURANTE LA ERA MODERNA**
3. **CORRELACIONES ESTADÍSTICAS, MODELOS CLIMATICOS Y EL LLAMADO CONSENSO CIENTÍFICO**
4. **CONFRONTACIÓN DEL METODO CIENTIFICO Y LA TEORIA DEL CAMBIO CLIMATICO**
5. **CONCLUSIONES**

1. Introducción

Nos planteamos en este trabajo contrastar la teoría del cambio climático, y todos sus aspectos, conclusiones y predicciones, con la Epistemología aceptada hoy en día en la investigación científica.

Durante el desarrollo de este estudio nos sorprendió que en realidad no haya un único método general y aceptado universalmente para analizar los dilemas científicos. El método experimental, que es el que a mayores y más objetivos desarrollos de la Ciencia ha llevado es inaplicable en éste caso, ya que habría que diseñar un experimento a escala planetaria imposible de llevar a cabo.

Una de las más importantes conclusiones del Panel Intergubernamental para el Cambio Climático, expresada en términos probabilísticos, es: "La mayor parte del incremento observado en la temperatura media mundial desde la mitad del siglo XX es debido muy probablemente al incremento observado en las concentraciones de gases invernaderos antropogénicos, y es probable que haya habido significativo calentamiento antropogénico durante los pasados 50 años promediado sobre cada continente excepto en la Antártida" (IPCC 2007, p. 5).

Esto quiere decir que, superpuesta a la variabilidad natural del clima, hay una señal reconocible de que el aumento de los gases de efecto invernadero generados por la actividad

humana en general (industrial, agrícola, ganadera y de transportes básicamente), ha producido como resultado un incremento significativo y medible de la temperatura, y distinguible de las oscilaciones naturales. En la parte segunda del trabajo hacemos un repaso de la historia reciente del método científico con la idea de buscar el camino más idóneo para la verificación de las afirmaciones del IPCC.

El método más directo, aparte del experimental, para verificar éste tipo de afirmaciones es el de la correlación estadística, con sus consabidos problemas de la tercera variable y el innegociable requerimiento de poseer una larga y muy confiable base de datos. También se valora el papel de los modelos climáticos como posible instrumento de validación de la Hipótesis.

Por otra parte, se quiere dar un peso definitivo a la teoría apoyándose en el llamado consenso científico. Examinamos sus aspectos tanto en lo que respecta a su supuesta validez como instrumento metodológico como su relación con el entorno social, político y económico en el que inevitablemente está inmersa la Comunidad científica.

Partiendo de todas estas consideraciones analizamos detenidamente en la parte cuarta algunos de los aspectos más importantes del problema para contrastarlo con el método más aceptado hoy en día. El objetivo es comprobar si realmente tanto los datos conocidos de calentamiento global como las proyecciones

futuras que se deducen de los modelos climáticos se pueden considerar pruebas incontrovertibles de un fenómeno que puede tener importantísimas repercusiones sobre nuestro planeta. Para ello partimos del hecho de que la lista de potenciales falsadores de la teoría no existe en el caso del debate AGW (Kampen 2010). Partiendo de las afirmaciones más rotundas sobre el tema, planteamos líneas contraargumentales para ver si la teoría resiste hoy por hoy el contraste.

En el caso de la Hipótesis AGW no se le escapa a nadie medianamente informado las importantes repercusiones e influencias en las decisiones políticas y económicas, nacionales y mundiales que se toman o que se podrían tomar en un futuro como resultado de sus conclusiones. Los cambios drásticos que se deberían llevar a cabo tanto en la generación de energía eléctrica como en propulsión de motores o en la producción de importantes materiales industriales, son de tal importancia que conllevarían de hecho la creación de una gigantesca estructura de Economía dirigida con los consabidos problemas y los antecedentes poco halagüeños en la Historia reciente de la Humanidad. Por otra parte para que tuvieran sentido, tendrían que producirse de forma muy globalizada con las mismas reglas.

2 . Breve historia del método científico desde el Renacimiento

Durante la Edad Media el modo de conocer e interpretar los hechos de la realidad sensible se apoyaban en la Teología, la especulación filosófica o incluso en la magia.

Los precursores del Método Científico en la Edad Moderna son Galileo y Francis Bacon. Bacon desprecia las interminables discusiones filosóficas y especulativas asociadas a las Teología Escolástica y a la Metafísica, tan vigentes desde la Edad Media, y pretende apoyarse en la Observación y en la Deducción para describir y entender la realidad. Este método, que ha venido en llamarse Inductivo, se ayuda en la aparente pureza y bondad de la mera observación, frente a la evidente ambigüedad especulativa de la filosofía con respecto al hecho material de la naturaleza. Hay que tener en cuenta que ésta actitud en su época era revolucionaria.

Una sencilla y eficaz definición del método inductivo es la siguiente: de la observación sistemática de determinados fenómenos se “induce” un principio general. Expuesto de forma tan cruda puede ocultar un defecto fundamental: en cuanto aparece una excepción, la ley inducida perderá todo su valor.

La observación desnuda de la realidad puede llevar a curiosos errores que llevan a revalorizar la utilidad de la especulación. Un buen ejemplo de que Bacon no era partidario de la hipótesis especulativa es que llega a la conclusión: es “evidente” por mera observación que el Sol se mueve y la Tierra está en reposo.

Galileo, al contrario manifestó su admiración por Aristarco de Samos y Copérnico que supieron sustraerse a la aparente evidencia, “por la pura fuerza del intelecto”, de que era la Tierra la que giraba alrededor del Sol. Para Bacon todo estos no eran más que prejuicios especulativos que entorpecían la búsqueda del conocimiento.

No obstante el proceder más común de la mente humana es el de la generalización y, en general, los resultados no son negativos.

Es durante los siglos XIX y XX en los que, unido a una fuerte fe en el progreso científico y técnico asociado a las revoluciones industriales, se instalan con fuerza las concepciones “positivistas”, derivadas en gran medida del empirismo, con un rechazo manifiesto de la Metafísica y de cualquier otro tipo de método especulativo. Para todas las escuelas Epistemológicas el conocimiento científico es el resultado de la aplicación rigurosa de un método que a su vez se apoye fuertemente en hechos verificables a través del experimento. La ciencia más beneficiada por la aplicación del método y por su facilidad para expresar sus leyes en lenguaje matemático es la Física, y se asocia su éxito al enorme progreso científico-técnico de estos siglos. El ambicioso objetivo final de la Ciencia es el de explicar todos los fenómenos de la naturaleza en el marco de un conjunto de leyes.

Un intento mas moderno de establecer los mecanismos mas rigurosos y eficaces del estudio científico es el llevado a cabo por el llamado Círculo de Viena entre el año 1922 y el 1936, año en el que se disuelve, a la vez que en el resto de Europa se crean otras escuelas de filosofía de la ciencia que se expresan a través del

denominado Positivismo Lógico. Defiende todas las posturas anteriores propias del positivismo, como el empirismo y el método de inducción, al igual que pretende ser muy riguroso rechazando las arenas movedizas de la metafísica o de la psicología freudiana por ejemplo.

En el centro de esta corriente se sitúa el llamado método hipotético-deductivo que, esquemáticamente, funciona de la siguiente forma:

1. Se formula una hipótesis formada por afirmaciones de carácter general o axiomas.
2. Se deducen consecuencias o teoremas que describen fenómenos observables.
3. En la experimentación posterior se pueden mostrar dichos fenómenos como ciertos o falsos, de modo que la hipótesis queda confirmada o no.

Aunque perteneciente al principio al Círculo de Viena, Karl Popper y otros desarrollan a partir de la segunda mitad del siglo XX una nueva corriente epistemológica. Popper en su obra “La lógica de la investigación científica” desarrolla su tesis, algunos de cuyos puntos principales son:

1. Todo conocimiento científico es hipotético o coyuntural
2. Lo que puede llamarse método científico consiste en aprender sistemáticamente de nuestros errores, proponiendo nuevas teorías y examinando críticamente nuestras teorías.
3. El papel fundamental que las teorías, las hipótesis o las conjeturas desempeñan en la ciencia obliga a distinguir entre teorías contrastables (o falsables) y no contrastables (o no falsables)
4. Solo es contrastable una teoría que afirme o implique que ciertos acontecimientos concebibles no ocurrirán. Una teoría habla acerca de la realidad empírica sólo y en la medida en que establezca límites a ésta.
5. La contrastabilidad tiene grados: una teoría que afirma más y que, en consecuencia, asume mayores riesgos, se contrasta mejor que una teoría que afirma muy poco.
6. La autoridad en la ciencia estaba ligado a la idea de establecer, esto es, de probar o verificar sus teorías. El enfoque crítico está ligado a la idea de contrastar, esto es, de tratar de refutar, o de falsar, sus conjeturas.

Los críticos de Popper, como Kuhn y Ferayabend rechazan la idea de que exista un único método que sea válido para todos problemas científicos y para todas las ciencias.

Kuhn en su obra “La estructura de las revoluciones científicas” estudia el comportamiento metodológico de la actividad científica a lo largo de la historia. Del estudio detenido del problema descubre dos visiones: la de una actividad racional y precisa tal como nos la presenta el Círculo de Viena y, por otro lado, esa misma actividad ejecutada de forma peculiar en cada época, asociado esto último a las mentalidades de los propios científicos dentro de su contexto histórico. Establece cuatro fases:

1. Establecimiento de un paradigma¹
2. Período de ciencia normal.
3. Crisis y revolución.
4. Nuevo paradigma.

En el caso de la hipótesis AGW² el paradigma se podría considerar que es que la mayor o menor concentración del gas invernadero CO₂ es un modulador muy importante, o el más importante, de todos los elementos intervinientes en el Sistema Climático.

En torno a esta idea fuente, aceptada en principio por la mayoría de la comunidad científica, se establece todos unos programas de investigación enfocados a fortalecer el paradigma o bien a resolver enigmas que aparentemente lo contradicen. A este momento Kuhn lo denominaría “ciencia normal” que significa investigación basada firmemente en una o más realizaciones científicas pasadas, realizaciones que la comunidad científica reconoce durante cierto tiempo como fundamento para su práctica posterior”

En el problema que estudiamos, esto último significa el trabajo rutinario de los científicos en torno al paradigma.

¹ Definición de Paradigma: “realizaciones científicas universalmente reconocidas que, durante cierto tiempo, proporcionan modelos de problemas y soluciones a una comunidad científica”

² Siglas en ingles de Antropogenic Global Warming, usadas para referirse a la hipótesis de Calentamiento Global.

A largo plazo el paradigma puede ser incapaz de explicar o resolver todos los problemas, a la vez que los enigmas inexplicados se acumulan. Hipotéticamente esto puede llevar al abandono del paradigma por otros que compiten entre sí hasta que uno de ellos se vuelve dominante, comenzando de nuevo el ciclo (Revolución Científica). Ejemplos típicos son las revoluciones Copernicanas o Einsteinianas que derrotaron o absorbieron a las concepciones Aristotélicas y Newtonianas.

El aporte más importante de Kuhn es su visión del factor subjetivo en cuanto a su importancia en el desarrollo de la Ciencia. El estudio y debate científico no se desarrolla en ambientes asépticos y aislados de la sociedad, y considera que el propio investigador es un individuo inscrito en su contexto social e histórico, no un ser de pura racionalidad, de forma que el resultado final (el conocimiento del hecho científico) también estará mediatizado por las anteriores circunstancias. Esto conecta con las posibles utilidades o intereses materiales o ideológicos, situación que empujará o influenciará a la teoría científica hacia un determinado sesgo. (Por eso es debatible el valor científico del llamado consenso).

La consecuencia elemental de las teorías de Kuhn llevan a un relativismo radical a la hora de establecer como absolutamente verdadera una teoría u otra, de acuerdo con el sesgo establecido por el paradigma.

En el caso de la hipótesis AGW, es evidente la compleja y masiva relación entre distintos intereses materiales e ideológicos que se agitan en torno a la misma:

1. Intereses de las industrias de producción de energía con combustibles fósiles versus energías renovables. Estas últimas también mueven gigantescas inversiones y además subvenciones estatales que influyen de manera decisiva en el devenir económico
2. Ideológicos: la lucha en ideologías llamadas progresistas o ecologistas contra otras de concepción liberal o de libre mercado.
3. La propia investigación científica relacionada con ese tema está sujeta a su financiación ya sea estatal o privada. Mueve importantes cantidades de dinero y es evidente

que los resultados esperados por la misma estarán sesgados por la orientación ideológica o por los intereses económicos de dicha financiación.

4. La planificación económica realizada como consecuencia de esos planteamientos (por ejemplo los cambios en la generación de energía) conllevan a un mayor control o regulación de la actividad económica que pueden acarrear consecuencias negativas como la parálisis del desarrollo económico, o diferencias competitivas entre distintos países o regiones del Mundo.

En conclusión, no hay acuerdo definitivo en lo que respecta a establecer el llamado método científico. No hay métodos únicos para el conocimiento de la verdad, sino acercamientos para cada caso a esa verdad y que nunca son definitivos.

3. Correlaciones estadísticas, modelos climáticos y el llamado consenso científico

Las fortalezas y debilidades de la hipótesis AGW se apoyan metodológicamente en las correlaciones estadísticas de las observaciones de variables meteorológicas, en la validez de los modelos climáticos (simulación matemática del comportamiento climático) y en un artificio, novedoso en la historia de la Ciencia, al que se denomina consenso científico.

1. CORRELACIONES ESTADÍSTICAS

Cuando la experimentación no es factible, los investigadores tienen que usar el análisis correlacional para establecer relaciones causales. Dos variables correlacionan cuando a un incremento de X le corresponde un incremento de Y. No obstante puede ocurrir que dos variables correlacionen y no haya relación causal entre ellas como cuando dependen de una tercera variable oculta. También puede ocurrir que Y sea causa de X y no viceversa. Así por ejemplo los registros paleoclimáticos muestran una relación entre el aumento del CO₂ y la temperatura en los que el aumento del CO₂ era una consecuencia y no una causa del incremento de temperatura. En cualquier caso la correlación es una condición necesaria pero no suficiente.

2. MÉTODO BAYESIANOS

Cuando el conocimiento acerca de los procesos que determinan un futuro resultado es incierto, y por esto el propio resultado es dudoso, éste se puede expresar por medio de un nivel de confianza subjetivo. En otras palabras es legítimo expresar como un grado de creencia que una predicción resultará correcta. El método es evidentemente poco satisfactorio, pero la otra alternativa al mismo es admitir que no podemos decir nada acerca del problema.

La fortaleza de los resultados del método bayesiano debe apoyarse en dos factores principales (Hulme 2009, pag. 85):

1. Los resultados deben de estar perfectamente constreñidos por procesos causa/efecto muy bien conocidos
2. Los individuos que establezcan la bondad del proceso para comprender como esos procesos actúan en un caso particular deben de estar bien cualificados.

Esta aproximación subjetiva a la demostración de un hecho científico (en este caso la teoría AGW) nos lleva a lo que se denomina un segundo camino por el cual la incertidumbre científica puede ser manejada y comunicada: el consenso.

3. *CONSENSO*

Como definición de la Real Academia de la Lengua: “Asenso, consentimiento, y más particularmente el de todas personas que componen una corporación”.

No parece en principio un medio objetivo para establecer el conocimiento científico, sobre todo después de los cuidadosos métodos expuesto por los filósofos de la Ciencia del siglo XX.

Consenso es reconocido por algunos metodologistas de la Ciencia como una característica de la ciencia social (Feyerabend 1987). Pero si el consenso fuera el método principal de la ciencia entonces algunos de las más revolucionarias teorías científicas de la historia, como las de Galileo, Copernico, Darwin o Einstein habrían sido rechazadas.

En palabras de Mike Hulme: “el uso del consenso es meramente una forma de extraer una evidencia (la cual podría ser algo ambigua,

incompleta o contradictoria o donde hay genuinas diferencias de interpretación) a través de una declaración acordada por mayoría sobre un asunto científico o público de importancia”.

El consenso en la Ciencia se alcanza en comunicaciones en conferencias científicas y en los procesos de “peer-review” y publicaciones. Las instituciones científicas o las asociaciones profesionales pueden emitir declaraciones de postura para comunicar un resumen de conocimiento científico acordado para una amplia audiencia pública. A veces hay pocas controversias, pero en otros casos más complejo, como el del cambio climático, llegar a un consenso es mucho más difícil. Esto puede ser debido a las diferencias en la forma que las pruebas son interpretadas y en la forma en el que la confianza en éstas (modelos, teoría u observación) afectan las opiniones de cada científico.

Como se ha establecido en el apartado anterior, el conocimiento científico contiene siempre elementos sutiles de subjetividad y sus apreciaciones pueden cambiar con el tiempo. Esto implica además que las conclusiones en un momento dado se pueden achacar a la justificación de una opinión a priori y desde luego nunca establecen la verdad científica.

El problema se agudiza cuando, como ocurre con frecuencia, una teoría científica tiene implicaciones de tipo político, económico, ético o religioso. Por ejemplo las teorías darwinistas fueron utilizadas por pensadores o políticos de épocas inmediatamente posteriores para sostener principios o ideologías conectadas con el racismo y la eugenesia. Como se ha citado anteriormente, la Ciencia se mueve en su medio ambiente social y no se puede sustraer al mismo. Como dice Kampen (Kampen, 2010): “Desgraciadamente, cuando un fenómeno teórico como el AGW se convierte en un programa político global, se vuelve vulnerable a falacias metodológicas en el ámbito de la ciencia social y política”.

Los científicos en más de una ocasión se debaten a veces entre las aguas procelosas del “consenso” y las posibles hipótesis alternativas de sus investigaciones. Nunca se pueden garantizar que la opinión de la mayoría sea la correcta y el

consenso se puede descartar como característica principal de la Ciencia.

MODELOS CLIMATICOS

Las proyecciones del calentamiento global del IPCC dependen de la eficacia de los modelos climáticos y su capacidad para representar de forma realista los procesos del sistema climático .

Los modelos utilizan complejos cálculos climáticos. Una parte de esos cálculos utiliza ecuaciones basadas en leyes físicas probadas. Los procesos físicos complejos que no pueden ser abordados por las ecuaciones, así como aquellos de escala subrejilla, son representados mediante fórmulas simplificadas que utilizan coeficientes semiempíricos ajustados para que el comportamiento se ajuste lo más posible a la realidad.

A pesar de todas las dificultades y las simplificaciones empleadas, la predicción numérica del tiempo ha experimentado un notable avance. Pero la predicción del clima es muy diferente y está sometida a mayores dificultades y no es realista comparar la predicción del tiempo con la del clima.

En el caso de un modelo numérico aplicado a la predicción del tiempo es inicializado cada vez que se corre. Mediante la inicialización los datos de observación se transforman en un conjunto de datos físicamente consistentes que son usados como condiciones iniciales por el modelo. Al ser ajustados con las observaciones, los modelos numéricos de predicción del tiempo suelen representar de forma bastante adecuada el estado de la atmósfera durante los primeros días, pero a medida que pasa el tiempo sus predicciones apenas aportan valor añadido a la climatología. Además en el caso de los modelos de predicción del tiempo, el constante seguimiento de las predicciones de un modelo numérico en diversas situaciones, permite conocer sus debilidades y fortalezas, interactuar y sacar conclusiones. En el caso de los modelos climáticos, están ajustados para que sus salidas se adapten a los datos climáticos conocidos. A pesar de ello, en lo que se refiere al calentamiento troposférico, especialmente en niveles altos de la troposfera tropical, hay una gran controversia, ya que no todos los investigadores aceptan las

explicaciones dadas para justificar las discrepancias entre por un lado el calentamiento previsto por los modelos climáticos y por otro los reanálisis de los modelos numéricos de predicción del tiempo, las observaciones de los radiosondas y los sondeos de microondas por satélite. De cualquier forma, se ajuste más o menos a los modelos climáticos al estado actual de la atmósfera, cuando se pretende hacer predicciones a largo plazo, se corre el riesgo de que los modelos actuales no funcionen bien en nuevos escenarios climáticos o que las desviaciones en sus predicciones se vayan acumulando con el tiempo. Es posible que el resultado se parezca muy poco a la realidad, aunque desgraciadamente es algo que no se podrá comprobar hasta dentro de muchos años.

Algunos partidarios de la teoría usan recurrentemente todo tipo de supuestas evidencias reales que cuadren con la misma, como por ejemplo el supuesto aumento de fenómenos climáticos catastróficos, contradichos por un somero análisis de sucesos del pasado. Normalmente buceando en la historia de los sucesos climáticos o en las evidencias paleoclimatológicas se encuentra fácilmente sucesos de naturaleza más catastrófica. Como ejemplo, los núcleos de hielo han mostrado cambios abruptos en unas pocas décadas como mucho (La Brecque, 1989). Rial et al. (2004) presentan otros ejemplos repentinos cambios climáticos en una gran variedad de escalas de tiempo. El llamado salto climático de 1976/1977 es otro ejemplo reconocible en muchos registros climáticos y todavía no explicados ni previstos por los modelos.

Por otro lado, los datos paleoclimatológicos no están bien recogidos por los modelos. No obstante la fortaleza y la capacidad de los modelos climáticos la reafirma el IPCC basándose en su capacidad de representar el clima observado en el pasado y su correlación con los resultados de los modelos climáticos. En especial su capacidad para replicar el clima del siglo XX.

Algunos problemas surgen de la modelización de los procesos de pequeña escala sólo se pueden representar de forma aproximada y responden de forma no lineal a las cambiantes condiciones del océano y de la atmósfera y no se conocen como

se propagan los errores en el modelo y afectan a los resultados.

Por otro lado la incertidumbre y sensibilidad de los procesos no lineales y las realimentaciones entre componentes del sistema puede llevar a error a los modelos. Por ejemplo un error de sólo 1,3 por ciento en la especificación del albedo global o su propio cambio debido a interacciones no lineales alterarán la insolación absorbida en torno a 4 W/m^2 , lo que es equivalente al forzamiento radiativo de multiplicar por dos la concentración de dióxido de carbono. Otras realimentaciones que cambian procesos internos, enmascararán o amplificarán el forzamiento radiativo atribuido al incremento de los gases invernadero.

El aumento del vapor de agua representa la más importante realimentación prevista por la teoría de calentamiento global. Además amplifica otras realimentaciones en los modelos como las relacionadas con las nubes o el hielo. Para demostrar que el vapor de agua en la atmósfera en los últimos 30 años ha aumentado debido al calentamiento de la temperatura en superficie, debería constatarse un aumento de las temperaturas troposféricas, circunstancia que no ha ocurrido.

Otra incertidumbre es la relacionada con la nubosidad. El propio IPCC en su último informe reconoce: “que existen grandes incertidumbres sobre cómo las nubes responderían la cambio climático mundial. Las realimentaciones de las nubes son la fuente primaria de las diferencias entre modelos” (8.6).

4. Confrontación del método científico y la hipótesis del cambio climático

Utilizando el método de falsación de Popper, tanto las observaciones como las previsiones descritas por el grupo de trabajo del IPCC, vamos a estudiar si son capaces de resistir otros contrargumentos lo suficiente para considerar demostrada científicamente la teoría AGW (Calentamiento Global Antropogénico). Dichos contrargumentos han de ser capaces de falsar la teoría para comprobar que dicha atribución es inequívoca.

1º EL AUMENTO DE LA TEMPERATURA EN SUPERFICIE DURANTE ESTE ÚLTIMO SIGLO VA A LA PAR DEL INCREMENTO DE LOS GASES INVERNADERO DE ORIGEN ANTROPOGÉNICO

La evidencia empírica del calentamiento global debido a la contaminación antropogénica está basada en la investigación correlacional. No se puede diseñar ningún experimento que confirme o false la relación entre la emisión de gases de invernadero por parte del hombre, y el aumento de las temperaturas medias sobre el planeta.

Para corroborar científicamente la hipótesis AGW hay que enfocar el problema hacia una búsqueda de posibles falsaciones.

Respecto a la subida de temperatura el IPCC plantea lo siguiente (RT.3.1.1):

1. La temperatura media mundial en la superficie ha subido $0,74^\circ\text{C}$ durante los últimos 100 años (1906-2006).
2. De estos 100 años, entre los últimos 10 están algunos de los más cálidos de la serie.
3. Han disminuido el número y la intensidad de las heladas de latitudes medias. Asimismo han aumentado el número de noches cálidas.
4. La Amplitud de la temperatura diaria (DTR) ha aumentando a un ritmo de $0,07^\circ\text{C}$ por década entre 1950 y 2004, pero con escasos cambios desde 1979.
5. Los últimos estudios confirman que los efectos de la urbanización y del cambio en el uso del territorio sobre el registro de temperatura son insignificantes: de $0,06^\circ\text{C}$ en un siglo.

FALSACION

Para esto, como para otras posibles falsaciones, es necesario tener un registro de datos suficientemente grande y extendido en el tiempo para que se puedan estudiar cambios en los gradiente tanto de las causas como de los efectos. Asimismo la calidad de los datos ha de ser de calidad suficiente. Es fundamental que cualquiera de estas dos condiciones se cumpla

estrictamente para que la demostración sea incontrovertible.

1. La mayoría de las casetas de observación meteorológica están situados en aeropuertos o en puntos de ciudades que en 100 años han sufrido drásticos cambios en su estructura urbana. Está demostrada en numerosos estudios en todo el Mundo la influencia del entramado urbano (edificios y carreteras asfaltadas básicamente) sobre la temperatura superficial del aire. La variable temperatura es, contra lo que pueda parecer, muy difícil de medir con precisión. Un pequeño cambio de las condiciones físicas en el entorno del sensor de medida puede producir un sesgo en la medición de décimas cuando menos, una escala similar a lo que se pretende medir en un siglo de medida a nivel mundial.

Además los estudios recalcan que es imposible descubrir una ley general sobre la influencia urbana en la medición de la temperatura. Los distintos tipos de urbanización y de entramado urbano hacen que cada caso sea único. Ha habido intentos de formularlo como una relación matemática entre el número de habitantes y la temperatura. Por ejemplo en estudios realizados en Madrid y Barcelona (López 1993 y Moreno, 1993 respectivamente) se han encontrado un aumento de las temperaturas medias en 2 o 3°C, y en determinados momentos y lugares entre 5 y 10°C. Esto quiere decir que es un fenómeno suficientemente importante como para no ignorarlo. Por esto es insuficiente considerar que los observatorios estén en zonas ajardinadas porque el efecto isla térmica urbana es más general y abarca zonas muy extensas. Otra posible consecuencia de la isla térmica urbana registrada en las series de datos (1950-2004) es el citado anteriormente disminución de 0,07°C por década de la variación diurna, debida al mayor ascenso de las mínimas que de las máximas. Curiosamente ese ascenso se hace mínimo o desaparece a partir de 1979.

2. Partiendo de todas estas circunstancias se puede atribuir, como falsación contrargumental, todo o parte de la aparente subida de temperaturas a las siguientes circunstancias:

A. Un potencial falsador es cuando los datos fracasen en mostrar que el máximo (mínimo) del aumento de CO₂ produce en un especificado lapso de tiempo el máximo (mínimo) del efecto en el cambio de temperatura.(Kampen 2010).

B. Para esto, como para otras posibles falsaciones, es necesario tener un registro de datos suficientemente grande y extendido en el tiempo para que se puedan estudiar cambios en los gradiente tanto de las causas como de los efectos. Asimismo la calidad de los datos ha de ser de calidad suficiente.

C. También las observaciones en el futuro deberían distinguir entre el calentamiento de origen antropogénico y el asociado con cambios en la Circulación General atribuibles a la variabilidad natural. El propio IPCC reconoce cambios climáticos naturales en todas las escalas espacio-temporales, asociados a cambios en la circulación atmosférica. Un ejemplo paradigmático es el fenómeno de El Niño. (Curiosamente ese organismo lo tiene en cuenta solo para valorar regiones donde la temperatura ha disminuido). Literalmente se dice: “No obstante, incluso en escalas continentales los promedios contienen mucha mas grande variabilidad que la media a escala mundial, y está asociada con las ondas de escala planetaria y acontecimientos como El Niño”. Es decir con cambios en las circulaciones oceánica y atmosférica.

D. También se reconoce que la calidad y cantidad de datos posteriores a 1979 permite una perspectiva global sólo a partir de esa fecha, que coincide casualmente con la época de mayor calentamiento. Es decir que el conocimiento observacional que tenemos del clima no es homogéneo ni en el tiempo ni en el espacio.

3. Por todo esto el contraste entre la teoría y la contrateoría se ha de ver con la confirmación o no del ascenso futuro de las temperaturas previstas por los modelos climáticos. Si el aumento de temperaturas en superficie continúa durante las próximas décadas, y con un ritmo similar a la que prevén los modelos. En caso contrario habría que rechazarla.

2° LAS CONSECUENCIAS DEL CAMBIO CLIMÁTICO DURANTE EL ÚLTIMO SIGLO SON VISIBLES FÁCILMENTE EN LA EVOLUCIÓN DE LOS GLACIARES Y EN LA EXTENSIÓN DEL HIELO MARINO

Esto lo desarrolla el IPCC con los siguientes puntos (RT.3.2):

1. Durante el siglo XX, los glaciares y casquetes de hielo experimentaron una amplia pérdida de masa (exceptuando Antártida y Groenlandia). Para ello hay registro medidos de la longitud de glaciares de montaña.
2. Con datos desde 1979 tomados desde satélite se conoce que la banquisa del Ártico ha disminuido significativamente mientras que la del Antártico se ha mantenido o ha aumentado ligeramente.
3. Con datos desde 1966 hay una disminución de la capa de nieve en el HN en general.
4. Ha aumentado la temperatura en la superficie de la capa de permafrost a 3°C desde la década de los 80.

FALSACION

La tesis debe resistir los siguientes argumentos de falsación:

1. Es fácilmente demostrable que la disminución de muchos de los glaciares de montaña empezó mucho antes de la posible influencia humana que se desarrolló básicamente en la segunda mitad del siglo XX.(Gráfico IPCC) por lo que se puede atribuir en todo o en parte a variabilidad natural.
2. Los registros de observaciones tanto de la cobertura nivosa como de la banquisa de hielo y del permafrost corresponde a un período de tiempo insuficientemente largo para ser determinante y no evitar la propia variabilidad a escala de década. Está reconocido a través de los registros que los años 60 y sobre todo los 70 fueron un período significativamente más frío que otros del mismo siglo, y se comparan en la serie con los más cálidos de finales del siglo XX.

3. En cuanto a la disminución de la banquisa de hielo del Ártico se sabe que su mayor o menor extensión y espesor se debe en gran parte a los flujos marinos y por extensión a cambios en la circulación atmosférica. Índices positivos de la Oscilación del Atlántico Norte (NAO) y de la Oscilación Artica (AO) desde finales de los ochenta, han coincidido con condiciones cálidas en el Ártico y el consiguiente deshielo. (NOAA arctic).

3° ES MUY PROBABLE QUE LAS TEMPERATURAS MEDIAS DEL HN DURANTE LA SEGUNDA MITAD DEL SIGLO XX FUERAN MÁS CÁLIDAS QUE EN CUALQUIER OTRO PERÍODO DE 50 AÑOS MÁS CÁLIDO DE LOS ÚLTIMO 1300 AÑOS

Resumiendo los puntos del IPCC (RT.3.5):

1. Los datos paleoclimáticos son más escasos que el registro instrumental a partir de 1850 en espacio y tiempo, de modo que se emplean métodos estadísticos para calcular promedios mundiales, que también están sujetos a incertidumbres.
2. Se reconoce la variabilidad multicientenaria del HN. Por ejemplo se indica una disminución de la actividad solar y un aumento de la actividad volcánica en el siglo XVII comparada con las condiciones actuales.
3. Se afirma que el CO₂ atmosférico y la temperatura se modificaron conjuntamente durante los últimos 650.000 años, actuando el CO₂ como retroefecto.
4. La ausencia o el menor tamaño de los glaciares durante el Holoceno se atribuye a forzamiento orbital (Teoría de Milankovich).

FALSACION

Las anteriores afirmaciones deben resistir las siguientes pruebas:

1. Los cambios climáticos sugeridos por la Teoría de Milankovich deberían ser lentos y graduales, y en los distintos registros se observan

cambios drásticos tanto en temperaturas como en precipitaciones, y que sugieren también fuertes cambios en la circulación atmosférica.

2. El experto Richard B. Alley afirma: “Para la mayor parte de los últimos 10.000 años, drásticas variaciones climáticas han sido la regla, no la excepción. Un lento enfriamiento ha sido seguido por un abrupto enfriamiento, siglos de frío, y luego un abrupto calentamiento, con el abrupto calentamiento separado 1.500 años, aunque con mucha variabilidad. En los cambios abruptos, el clima a menudo cambia entre el calor y el frío en el breve espacio de unos pocos años antes de estabilizarse”. (Alley, 1990).

3. Asimismo también cambios climáticos mayores o menores en todas las escalas espacio-temporales a los que es difícil atribuirles una causa más que exclusivamente de forma hipotética, y sin relación conocida con la cantidad de CO₂ en la atmósfera.

4. El último período comparable al actual es el anterior interglacial, hace unos 125.000 años, y el nivel medio de mar se sabe que estaba entre 4 a 6 metros más alto que el actual. Los datos en el núcleo de hielo también estaban entre 3 y 5°C por encima. Es difícil excluir las razones de variabilidad natural en el actual calentamiento con ese antecedente en el que no intervenía el aumento de CO₂.(IPCC, RT.6.2.4)

5. “No se conocen bien los mecanismos de comienzo y evolución de los cambios climáticos abruptos del pasado y de los umbrales climáticos asociados. Esto limita la confianza en la capacidad de los modelos climáticos de simular un cambio abrupto real” (IPCC, RT.6.2.4)

6. “La falta de registros paleoclimáticos limita el conocimiento sobre la variabilidad climática durante los últimos cientos de años en el HS y los trópicos”. (IPCC, RT.6.2.4)

4°EL CALENTAMIENTO A AFECTADO A LA CANTIDAD E INTENSIDAD DE LAS PRECIPITACIONES, Y A SU DISTRIBUCIÓN MUNDIAL

Según el IPCC (RT.6.2):

1. Ha aumentado la humedad atmosférica en la troposfera desde 1988.

2. En muchas regiones extensas hay tendencias a largo plazo de la cantidad de precipitaciones desde 1900 hasta 2005.

3. Se observan aumentos en fenómenos de precipitaciones fuertes.

4. Se observan sequías más intensas y largas en áreas más extensas, principalmente en los trópicos y subtropicos a partir de 1970.

FALSACION

Para que fueran incontrovertibles las anteriores afirmaciones deberían resistir las siguientes contraargumentaciones:

1. En los registros paleoclimatológicos se observan sequías de igual o mayor severidad que las habidas durante el siglo XX.

2. “Las dificultades que conlleva la medición de las precipitaciones siguen preocupando a la hora de cuantificar las tendencias en las precipitaciones mundiales y regionales” (IPCC, RT.6.2.1).

3. “La disponibilidad de datos de observaciones restringe los tipos de fenómenos extremos que se pueden analizar” (IPCC, RT.6.2.1)

4. La atribución causa/efecto de posibles cambios en la distribución e intensidad de la precipitación al calentamiento global antropogénico no puede ser concluyente porque es muy difícil demostrar que no sea atribuible a variabilidad natural.

4° ES MUY POCO PROBABLE QUE EL CALENTAMIENTO DURANTE EL SIGLO PASADO SE PUEDA EXPLICAR SIN EL FORZAMIENTO ANTROPOGÉNICO Y PUEDA SER ATRIBUIDO AL AUMENTO DE LA IRRADIACIÓN SOLAR

Esta afirmación se apoya en:

1. Las observaciones por satélite de los últimos 28 años muestran una variación del 0,08% entre el máximo y el mínimo solar. (IPCC, RT.2.4).

2. Con un nivel bajo de conocimiento científico el forzamiento radiativo directo estimado debido a cambios en la luz solar a partir de 1750 es de +0,12 (+0,06 a +0,3) W/m². (IPCC, RT.2.4).

FALSACION

1. El nivel bajo de conocimiento de las variaciones de irradiación solar en el pasado (hasta hace 30 años), que el propio IPCC considera bajo (IPCC, RT.2.4) no es suficiente para que demostrar incontrovertiblemente que no puede haber una influencia directa del Sol en el clima.

2. Se ha especulado largamente con la influencia de la variabilidad de la actividad solar sobre el clima terrestre. En su estudio clásico, el astrónomo Jack Eddy encontró aparentes correlaciones entre la actividad solar en tiempos históricos, datos extraídos de estudios de climatología histórica y datos proxy, y las fluctuaciones climáticas (Eddy 1977). El período histórico más conocido y estudiado es el correspondiente al que transcurre a caballo de los siglos XVI y XVII y que se corresponde en cuanto a la actividad solar al llamado mínimo de Maunder, durante el cual se conoce la ausencia casi total de manchas solares.

3. El problema para atestiguar la influencia solar es la común a todas las demás evidencias: la carencia de datos fiables que tengan más de 30, 40 o 50 años. Por ejemplo, tenemos datos de la constante solar medidos en el exterior de la atmósfera por satélites correspondientes a unos tres ciclos solares completos (unos 30 años). La variación de irradiancia solar en estas observaciones es de aproximadamente un 0,1%, en principio insuficiente para justificar el aumento de temperatura correspondiente, al menos si se supone que la relación es lineal. No obstante, aunque el cambio de la irradiancia total es pequeña no ocurre lo mismo con la parte de radiación en la longitud de onda ultravioleta que puede variar hasta un 10%. Esto puede hacerse notar en la baja estratosfera, afectando a la

circulación del chorro en la circulación atmosférica y consecuentemente influyendo de alguna forma en el clima.

4. También se ha planteado, que en observaciones de estrellas similares al Sol, algunas sostienen cambios en la irradiación superior a la conocida actualmente a este, aunque es un hecho también discutido (Baliunas y Jastrow, 1990)

5. Por otra parte se han encontrado correlaciones entre la cobertura nubosa y la radiación cósmica (IPCC, RT.2.4). La mayor o menor radiación cósmica entrante en la atmósfera depende a su vez de la menor o mayor actividad solar. La radiación cósmica se supone que pueden ejercer una influencia en la nucleación de aerosoles precursores de la formación de gotas nubosas. A su vez la mayor o menor cobertura nubosa afectar al balance radiativo terrestre y a la temperatura de la atmósfera.

5. Conclusiones

1. Desde el punto de vista estrictamente metodológico el fortalecimiento progresivo de la teoría de calentamiento antropogénico se producirá en la medida que el rango previsto en las variables se vaya adaptando a las observaciones. Pero el período de tiempo necesario para aseverar la teoría de forma incontrovertible serían decenas de años como mínimo.

2. Como se ha comentado antes, para establecer que una teoría no es falsa debe ponerse a prueba contra otros argumentos. En la medida que la teoría soporta la prueba seguirá manteniéndose en pie. En el debate actual sobre el tema es manifiesto la falta de uso de esta técnica.

3. Las incertidumbres asociadas a éste problema científico trasciende el propio ámbito del conocimiento y representa un reto para los que tienen que tomar decisiones políticas o económicas principalmente, pero a su vez la Política y la Economía influyen también en el desarrollo de la propia investigación científica.

4. Hay una demanda social de conocer riesgos que entraña el posible cambio climático y los costes y los beneficios de las diferentes acciones que se pueden o deben tomar en lo que respecta a la economía, los recursos naturales y el bienestar social.

5. Se admite que el llamado principio de precaución juega un papel en las tomas de decisiones anteriormente citadas, siempre y cuando se valore que el beneficio a futuro supere claramente los costes que se han de realizar. Esa valoración es muy difícil de hacer, por no decir imposible, volviendo a las incertidumbres de toda predicción hecha para un sistema complejo, en este caso la evolución de un sistema socioeconómico a escala mundial. De lo que si nos podemos hacer una idea es del coste actual que supone la sustitución de la generación de energía generada con combustibles fósiles. En España (Comisión Nacional de la Energía), el sobrepago pagado a las energías renovables es de unos 7.000 millones de euros anuales (CNE 2012).

6. En algún caso, cuando los beneficios adoptados de tomar decisiones políticas o económicas basadas en un conocimiento científico, no asentado del todo, son mucho mayores que los posibles perjuicios que pudieran acarrear, entonces se podría justificar como mal menor la toma de esas decisiones.

REFERENCIAS

- *Alley, Richard B. The two-mile time machine. Princeton University Press (2000).
- *Baliunas, S., Jastrow, R., Evidence for long-term brightness changes of solar-type stars, Nature (1990); 348
- *CNE. Informe 39/2011 de la CNE. http://www.cne.es/cne/doc/publicaciones/cne196_11.pdf consultada en Abril de 2012.
- *Eddy, John A. La desaparición de las manchas solares, Investigación y Ciencia nº 10 (1977), pags 58-69
- *Feyerabend P. Farewell to reason. Biddles Ltd. London (1987).
- *Hulme Mike Why we disagree about climate change. Cambridge University Press (2009).
- *IPCC Summary for policy makers. Retrieved from the internet (2007).

*Noaa Artic. <http://www.arctic.noaa.gov> consultada en Abril de 2012.

*Kampen Jarl K. A methodological note on the making of causal statements in the debate on anthropogenic global warming. Theor.Appl.Climatol (2010).

*Kuhn Thomas.. La estructura de las revoluciones científicas.

*Popper K.R. La lógica del Descubrimiento Científico. Tecnos, 2008.

BIBLIOGRAFÍA RECOMENDADA

ADICIONAL

*Burroughs, William James Weather cycles. Real or imaginary (2003).

*Burroughs, William James Climate Change in Prehistory. The end of the reign of chaos. Cambridge University Press (2005).

*Cotton William R. and Pielke Roger A. Human impacts on Weather and Climate. Cambridge University Press (2007) .

*Oke, T.R.. "Towards a more rational understanding of the urban heat island". McGill Univ. Climatol.Bull (1969)

*Oreskes Naomi. The Scientific Consensus on climate change: how do we know we're not wrong. Science (2004), Vol. 306 nº 5702 p.1686.

*Popper K.R. Conjeturas y refutaciones: el desarrollo del conocimiento científico.Paidós Ibérica, 1994.

*Popper K.R. Búsqueda sin término. Una autobiografía intelectual. Tecnos (2007).