



Escuela Técnica Superior de
Ingeniería Industrial
Universidad de Salamanca



TECNOLOGÍA ENERGÉTICA

ASIGNATURA DEL MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

TEMA 1

Escasez, dependencia y eficiencia energéticas

APUNTES Y MATERIALES PARA SEGUIR LA ASIGNATURA

CURSO 2021-2022

Norberto Redondo Melchor
Profesor Asociado
Ingeniero Industrial
Doctor por la Universidad de Salamanca

1	La dependencia energética y los intereses de España.....	3
2	Estrategia europea para la sostenibilidad energética.....	5
3	Cambio climático	8
3.1	La Física del calentamiento.....	8
3.2	Cultura general	9
3.3	La intervención política.....	12
3.4	Sentido común.....	15

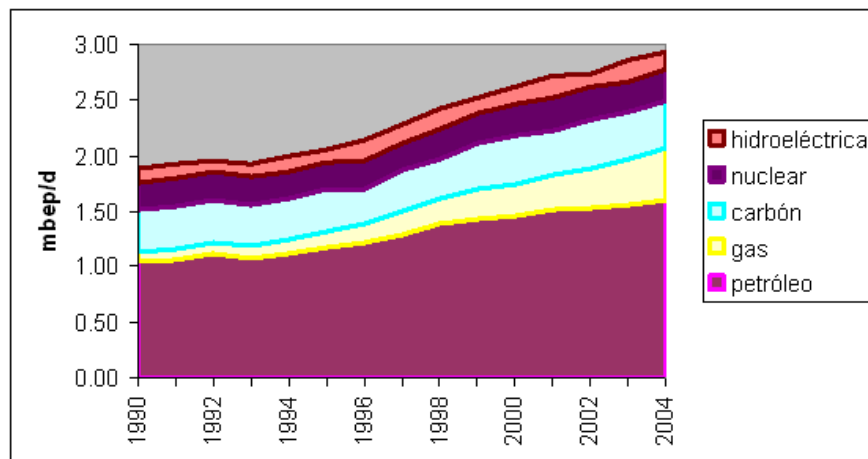
1 LA DEPENDENCIA ENERGÉTICA Y LOS INTERESES DE ESPAÑA

Extraído de
La energía en España 2018
 Secretaría de estado de Energía, Gobierno de España

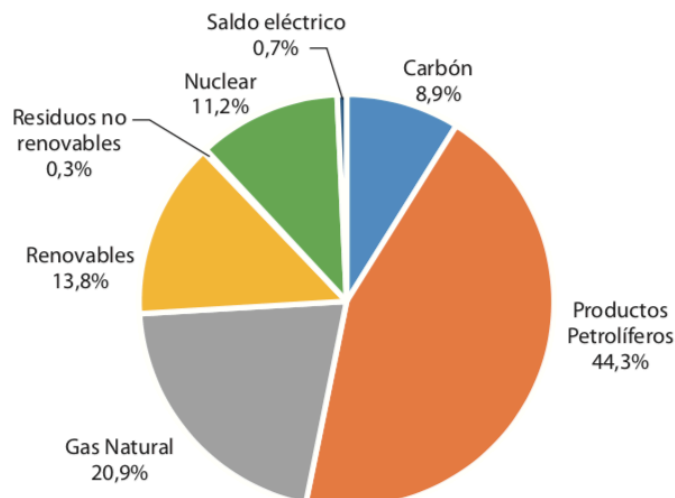
INTRODUCCIÓN

España padece una alta dependencia tanto de los hidrocarburos problemáticos (petróleo y gas) como de su importación. Por lo tanto, la economía española es muy vulnerable a los volátiles cambios en los precios internacionales del petróleo y del gas. Geográficamente, esta dependencia se concentra en países no totalmente fiables ni en sus suministros o en sus políticas. Las perspectivas para el futuro sugieren que el escenario energético se complicará más a medio y largo plazo. Por eso, España debe considerar el reto de diversificar su mezcla energética y de reducir su dependencia de los hidrocarburos como una prioridad nacional.

CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA EN ESPAÑA, 1990-2004 Y 2018



Nota: mbep/d = millones de barriles diarios de petróleo equivalentes por día.
 Fuente: British Petroleum (*Statistical Review of World Energy 2005*) y elaboración propia.

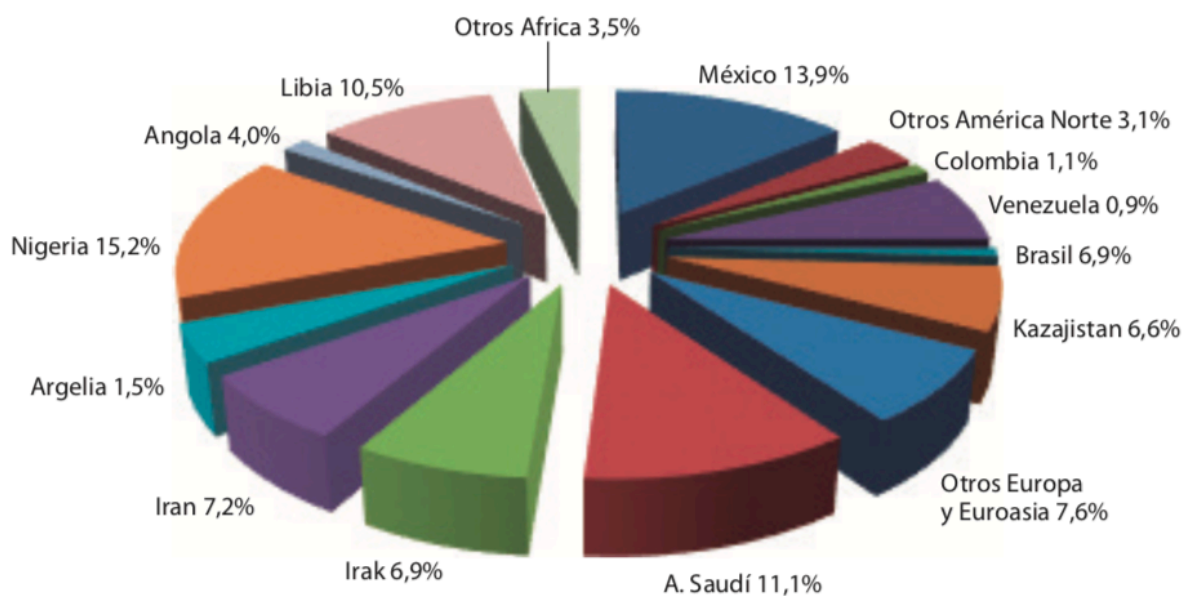


IMPORTACIONES DE PETRÓLEO HACIA ESPAÑA, 2002-2005

País	2002 (%)	2003 (%)	2004 (%)	2005 (%)
México	13,8	12,7	13,4	15,1
Rusia	14,1	17,2	14,7	13,6
Nigeria	9,4	11,1	10,9	11,5
Arabia Saudí	12,0	12,2	11,6	11,4
Libia	11,5	13,3	12,3	10,5
Irán	5,8	7,4	6,4	8,7
Noruega	3,9	5,4	6,2	5,1
Irak	4,2	2,7	7,7	4,9
Argelia	1,9	2,6	3,1	3,3
Subtotal	76,6	84,6	86,3	84,1
Resto de países	23,4	15,4	13,7	15,9

Fuente: *Boletín Estadístico de Hidrocarburos*, Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, noviembre y enero 2005; *Anuario Estadístico de España 2005*, Instituto Nacional de Estadística.

IMPORTACIONES DE PETRÓLEO HACIA ESPAÑA, 2018



IMPORTACIONES DE GAS NATURAL, ESPAÑA, 2002-2005

Posición	País	2002 (%)	2003 (%)	2004 (%)	2005 (%)
1	Argelia	58,5	57,4	49,8	44,9
2	Nigeria	7,6	16,9	18,0	15,2
3	Qatar	10,0	8,2	14,1	14,2
4	Egipto	—	—	0,3	8,5
5	Noruega	10,8	10,0	8,0	6,5
6	Omán	5,1	2,4	5,0	5,0
7	Libia	2,9	3,1	2,5	2,7
8	Malaisia	—	—	0,9	1,0
9	Emiratos Árabes Unidos	1,0	1,6	1,4	1,0
10	Trinidad y Tobago	2,2	0,1	—	0,8
	Subtotal	98,1	99,7	100	99,7
	Resto de países	1,9	0,3	0	0,3

Fuente: *Boletín Estadístico de Hidrocarburos*, Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, noviembre y enero 2005; *Anuario Estadístico de España 2005*, Instituto Nacional de Estadística.

IMPORTACIONES DE GAS NATURAL, ESPAÑA, 2017-2018

Origen de los suministros					
Gwh	2017	%	2018	%	% 2018 s/2017
Argelia GN	161.243	41,38%	184.097	46,90%	6,9%
Argelia GNL	26.767	6,87%	16.850	4,29%	6,9%
Angola GNL	3.111	0,80%	1.033	0,26%	-66,8%
Nigeria GNL	48.592	12,47%	45.968	11,71%	-5,4%
Qatar GNL	38.977	10,00%	37.687	9,60%	-3,3%
Estados Unidos GNL	8.543	2,19%	3.020	0,77%	-64,6%
Perú GNL	39.441	10,12%	19.295	4,92%	-51,1%
Trinidad y Tobago GNL	6.117	1,57%	24.242	6,18%	>100%
Noruega GNL	10.070	2,58%	6.562	1,67%	-34,8%
Francia GN	44.084	11,31%	40.230	10,25%	-7,6%
Francia GNL	0	0,00%	487	0,12%	6,9%
Portugal GN	15	0,00%	106	0,03%	>100%
Nacional GN	419	0,11%	1.061	0,27%	>100%
Egipto GNL	1.127	0,29%	0	0,00%	N/A
Bélgica GNL	0	0,00%	896	0,23%	N/A
Rusia GNL	0	0,00%	9.761	2,49%	N/A
República Dominicana GNL	0	0,00%	338	0,09%	N/A
Camerún GNL	0	0,00%	863	0,22%	N/A
Países Bajos GNL	1.198	0,31%	0	0,00%	N/A
TOTAL APROVISIONAMIENTOS	389.704	100,00%	392.496	100,00%	0,7%

2 ESTRATEGIA EUROPEA PARA LA SOSTENIBILIDAD ENERGÉTICA

La Comisión propone un paquete de medidas integradas sobre la energía y el cambio climático para reducir las emisiones en el siglo XXI
IP/07/29 Bruselas, 10 de enero de 2007.

http://ec.europa.eu/energy/energy_policy/index_en.htm

1. UN AUTÉNTICO MERCADO INTERIOR DE LA ENERGÍA

El objetivo es ofrecer una auténtica posibilidad de elección a los usuarios de energía en la UE, ya sean particulares o empresas, e impulsar las grandes inversiones que necesita la energía. El mercado único no sólo favorece la competitividad, sino también la sostenibilidad y la seguridad.

El objetivo de la Unión Europea es alcanzar unos niveles mínimos de interconexión de cada país con los demás con los que comparte fronteras del 10% del volumen de su demanda energética.

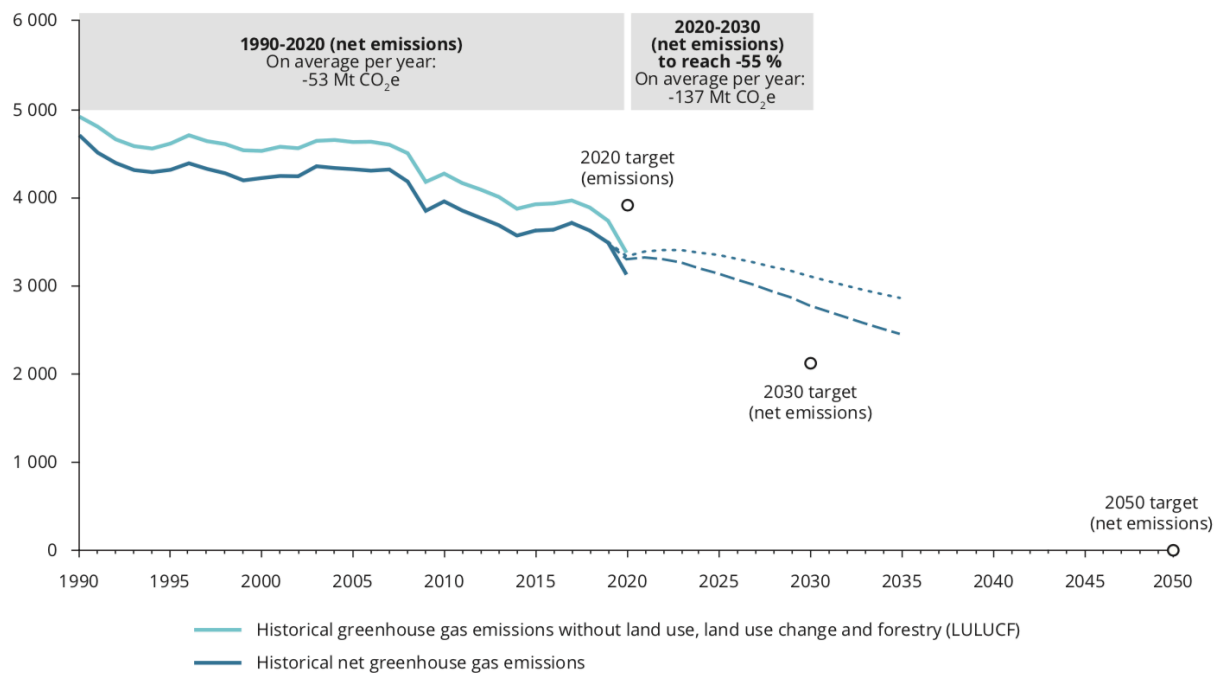
PORCENTAJE DE INTERCONEXIÓN ELÉCTRICA CON LA RED EUROPEA

Ratio	Interconexión	Percentil 70	Máximo
2014	España	3,2%	4,1%
	Península	1,0%	1,1%
2015	España	4,2%	6,8%
	Península	1,1%	2,5%
2016	España	5,4%	7,2%
	Península	2,3%	2,9%
2017	España	5,9%	7,3%
	Península	2,3%	2,9%
2018	España	6,2%	7,5%
	Península	2,3%	3,0%

FUENTE: REE.

2. UTILIZAR RÁPIDAMENTE FUENTES DE ENERGÍA QUE EMITAN POCO CARBONO

La Comisión propone mantener la posición de liderazgo mundial de la UE en materia de energía renovable, proponiendo el objetivo obligatorio de que el 20% de su combinación de fuentes energéticas proceda de energías renovables en 2020. Esto exigirá el crecimiento considerable de los tres sectores energéticos renovables: electricidad, biocombustibles y el sector de calefacción y refrigeración. Este objetivo para la energía renovable se completará con un objetivo mínimo del 10% para los biocombustibles. Corresponde a cada Estado miembro decidir utilizar o no la energía eléctrica de origen nuclear.

Million tonnes of CO₂ equivalent (Mt CO₂e)

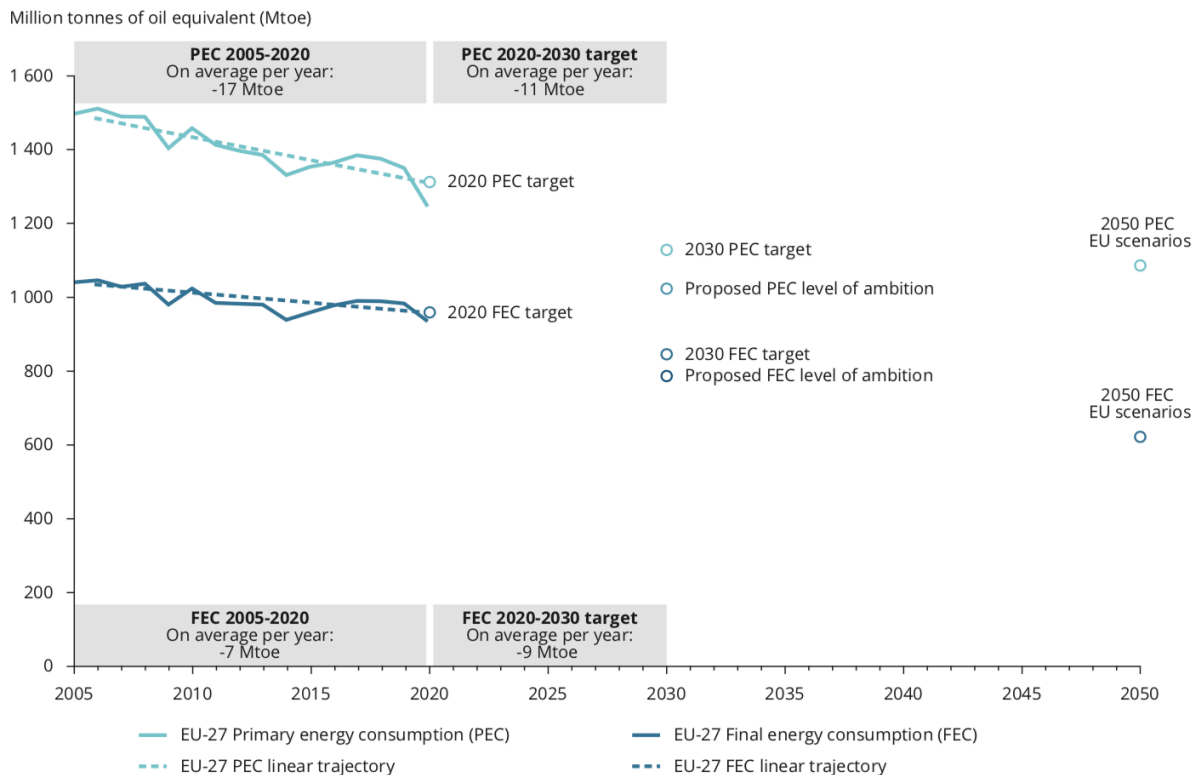
Fuente: EEA Report n. 13/2021 Trends and projections in Europe 2021

3. EFICIENCIA ENERGÉTICA

La Comisión reitera el objetivo de ahorrar un 20% del consumo total de energía primaria en 2020. Si se logra, en 2020 la UE utilizará aproximadamente un 13% menos de energía que en la actualidad, y ahorrará 100.000 millones de euros y alrededor de 780 toneladas de CO₂ al año.

El Plan subraya la importancia de contar con normas mínimas de rendimiento para una larga serie de aparatos y equipos (desde electrodomésticos como frigoríficos y aparatos de aire acondicionado hasta bombas y ventiladores industriales), así como para los edificios nuevos y reformados y los servicios energéticos.

El Plan hace hincapié en el considerable potencial de reducción de pérdidas en las fases de producción, transporte y distribución de electricidad, y propone instrumentos específicos para mejorar la eficiencia de la capacidad de producción tanto nueva como ya existente, así como para reducir las pérdidas por transporte y distribución.



Fuente: EEA Report n. 13/2021 Trends and projections in Europe 2021

3 CAMBIO CLIMÁTICO

Adaptado de: *Calentamiento global*, N. REDONDO MELCHOR
 Actas del Simposio de Ecología y Ecoética
 UPSA, Salamanca, octubre de 2010

3.1 La Física del calentamiento

La primera ley de la Termodinámica dice que la energía no se crea ni se destruye, solo se transforma. El calor, que es una forma de pasar energía de un cuerpo a otro, sigue la misma ley. Imaginemos nuestro planeta como un sistema cerrado que recibe calor del sol (fig. 1) y alguno más que genera internamente como consecuencia de la actividad de su núcleo.



Fig. 1.

Como la energía no se puede destruir, o ese calor se almacena, o se devuelve de alguna manera al espacio. Si el equilibrio es favorable al almacenamiento, la temperatura subirá. De lo contrario, bajará o, si el ajuste fuera lo suficientemente perfecto, la temperatura global se mantendría estable.

La ganancia de energía se debe a diversos factores, entre los que destaca la potencia de la radiación solar, que fluctúa enormemente de unos años a otros, con ciclos de 11 años, de varias décadas y de siglos, estos últimos no totalmente comprobados por la falta evidente de datos fiables.

Hay otros factores de ganancia de energía que no tienen que ver con la fuente sino con la capacidad del planeta de absorberla. Por ejemplo, se habla de apantallamiento químico para referirse al efecto protector frente a la radiación solar de la atmósfera, que o bien refleja directamente esa radiación, o bien la absorbe y la emite después, sin que su energía pueda colaborar, en ninguno de los dos casos, en la variación de temperatura de la Tierra.

Las nubes son un factor parecido, pero algo más complicado. Si son muy blancas, reflejan mucho la luz solar, con lo que ese calor no hay que tenerlo en cuenta, pero si tienen un color más oscuro, absorben la parte que no reflejan y es posible que sí acabe incorporándose como ganancia de energía al sistema global.

El brillo de la superficie de la Tierra, que es el brillo del agua líquida y helada, y el del suelo y la vegetación, es un factor que provoca la reflexión de la radiación solar y disminuye la ganancia de energía. A su vez el color de todos esos elementos es también causa de mayor o menor ganancia de calor, por cuanto los cuerpos oscuros absorben más calor que los claros, que lo reflejan.

Claro que a la hora de limitar la energía que se emite hacia el espacio, el factor predominante es el efecto invernadero. Consiste en que parte de la radiación solar que consigue atravesar la atmósfera, penetrando en nuestro sistema Tierra, y que luego rebota hacia afuera, no consigue salir pues en el choque pierde parte de las características que le permitieron entrar. En concreto, cambia su longitud de onda, que se alarga, y ya no puede volver a atravesar la misma atmósfera que, para entrar, le exigió una longitud de onda más corta. La energía de esa radiación es retenida en el planeta y contribuye a elevar su temperatura más que cualquier otra causa de las anteriores.

El efecto invernadero lo producen algunos gases naturales, como el vapor de agua y el anhídrido carbónico (CO_2). Lo incrementan algunos otros que se generan a consecuencia de fenómenos artificiales, pero lo que preocupa a la Humanidad últimamente es la sobreabundancia de uno de los naturales, del anhídrido carbónico, porque desde hace 50 años la cantidad presente en la atmósfera

ha crecido muchísimo. Como también se están midiendo temperaturas más altas, la correlación entre una cosa y la otra es tentadora, porque el efecto invernadero la explica, y hay preocupación al respecto.

3.2 Cultura general

A menudo es imposible definir las cosas, y es más práctico darlas a entender hablando un rato de ellas. Así es como vamos a considerar la diferencia entre *clima* y *tiempo* atmosférico: tratando de ellos. El clima puede ser atlántico, mediterráneo, continental, de montaña, estepario, desértico, polar, etc. Como se ve, el *clima* son multitud de caracteres que definen ciertos fenómenos meteorológicos de manera poco precisa, pero suficiente para distinguirla, a grandes rasgos, de otra conjunción diferente de caracteres, de otros climas diferentes. Poco importa que en una zona de clima mediterráneo nieve dos veces en un invierno particularmente frío: eso no afecta a su consideración de zona de *clima* mediterráneo. Lo que ha ocurrido es que el *tiempo* ha sido excesivamente desapacible en esas dos ocasiones. Porque el *tiempo* es variable, loco decimos, y cambia de un día para otro, y de unas horas a otras a veces. El *clima* es fijo o, mejor, cambia lentamente y necesita décadas para ello.

Uno de los caracteres más importantes del *clima* es la temperatura, aunque ese factor también caracteriza al *tiempo*. La temperatura media de este siglo en una región forma parte de la definición de su clima, mientras que la temperatura mínima esta mañana forma parte de su tiempo de hoy. En ambos casos hay que medir temperaturas y calcular medias o diferencias con momentos anteriores, aunque, como veremos, las escalas son diferentes.

Al hablar de calentamiento global hablamos de un fenómeno que afecta al clima de una región particularmente extensa: todo el planeta. En este clima la variable fundamental es la temperatura, y es la que está subiendo.

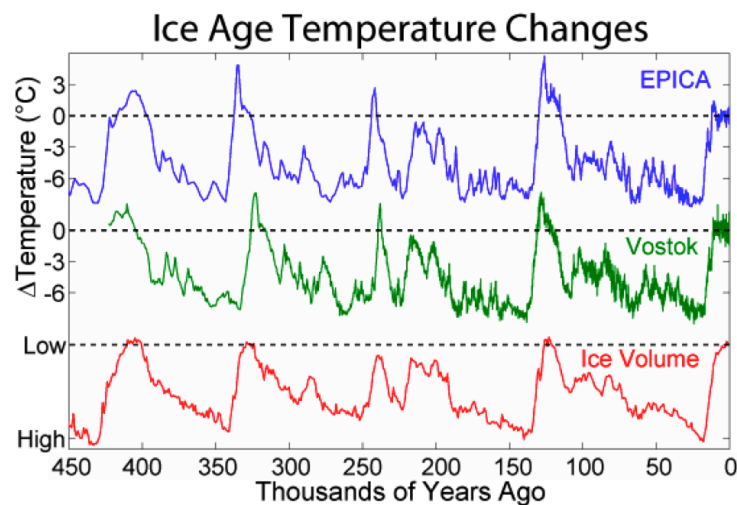


Fig. 2.

Los registros de temperatura comenzaron hace menos de 200 años con la fabricación de los primeros termómetros de vidrio. Los estudios que se remontan mucho más atrás en el tiempo han de obtener datos de otras fuentes, a menudo sorprendentes. La gráfica (fig. 2) muestra, en miles de años hacia atrás, la temperatura media de ciertas partes del planeta obtenida de esas formas indirectas. Las dos primeras (EPICA y Vostok) corresponden a dos sitios de la Antártida, y se han obtenido analizando la concentración de isótopos de deuterio en el hielo profundo de sus glaciares, que resulta ser proporcional a la temperatura del océano. La tercera (Ice Volume) es una reconstrucción del volumen mundial de hielo según la cantidad de microorganismos acumulados en sedimentos del fondo de los océanos.

Las variaciones de las gráficas se leen en la escala de temperaturas a la izquierda. Se puede comprobar que el rango de oscilación va desde +3 °C a -7 °C aproximadamente, lo que da un intervalo de cambio de 10 °C.

Si nos fijamos en la última remontada de la derecha, que corresponde a la época más reciente, concretamente a los últimos 15 000 años, podemos comprobar la correlación que existe con muchos otros estudios que se han centrado solo en este período. La siguiente gráfica (fig. 3) muestra las curvas correspondientes a 10 de estos estudios, siendo el trazo más grueso y oscuro la media de todas. Aquí llamo la atención sobre la escala, situada ahora a la derecha: las oscilaciones se producen aproximadamente entre $+0,5^{\circ}\text{C}$ y $-0,5^{\circ}\text{C}$, lo que reduce el intervalo de cambio a 1°C .

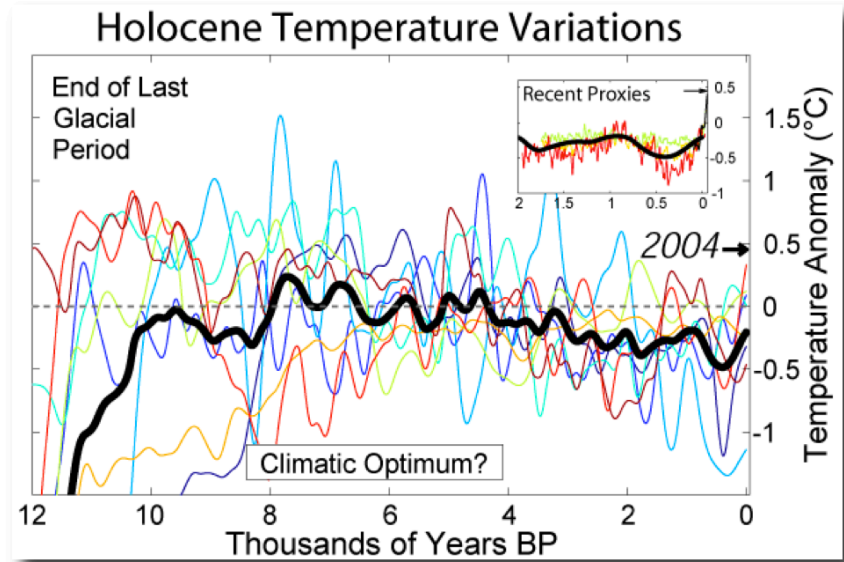


Fig. 3.

De estos datos se deduce que, si bien nuestro planeta ha sido capaz de variar su temperatura en diez grados, en los últimos 10 000 años no lo ha hecho, pues las temperaturas se han mostrado considerablemente constantes, oscilando apenas un grado.

Afinando un poco más, hay estudios que se fijan, como ocurrió antes, solo en la parte final de las gráficas anteriores, la situada más a la derecha, que es la correspondiente a los últimos cientos de años.

Estos estudios muestran, de nuevo, una enorme variación entre diferentes décadas, como pone de relieve la gráfica resumen que se adjunta (fig. 4). Sin embargo, leyendo en la escala de temperaturas, ahora otra vez a la izquierda, vemos que el rango de oscilación es el ya conocido de 1°C e incluso menos, y que los picos y valles apenas se alejan unas décimas, como mucho $0,4^{\circ}\text{C}$ arriba o abajo.

La oscilación final, a la derecha, que corresponde a las temperaturas de los dos últimos siglos de sociedad industrial, presenta una pendiente ascendente y llega muy arriba, unas 6 décimas de grado por encima de la media de los dos milenios representados. Y esas 6 décimas son la causa de la alarma actual respecto del cambio climático.

Fijémonos ahora en la pendiente de la última oscilación: el grado de verticalidad de la curva no es mucho más grande que en otras crestas o valles. Los altibajos de otros siglos ofrecen “paredes” tan verticales como nuestra subida moderna, lo que sugiere que la velocidad del cambio que sufrimos es habitual en la Tierra. Lo que no parece tan habitual, a la vista de los últimos 2 000 años, es que la remontada de temperaturas dura muchas décadas. El registro histórico habría hecho pensar en una brusca recaída hace ya 50 años, y esta recaída no se ha producido. Pero no debemos olvidar que estamos hablando de unas pocas décimas de grado, y que estamos en un planeta donde las oscilaciones son de un grado entero en los 10 000 últimos años, o diez grados completos en los últimos 400 000 años.

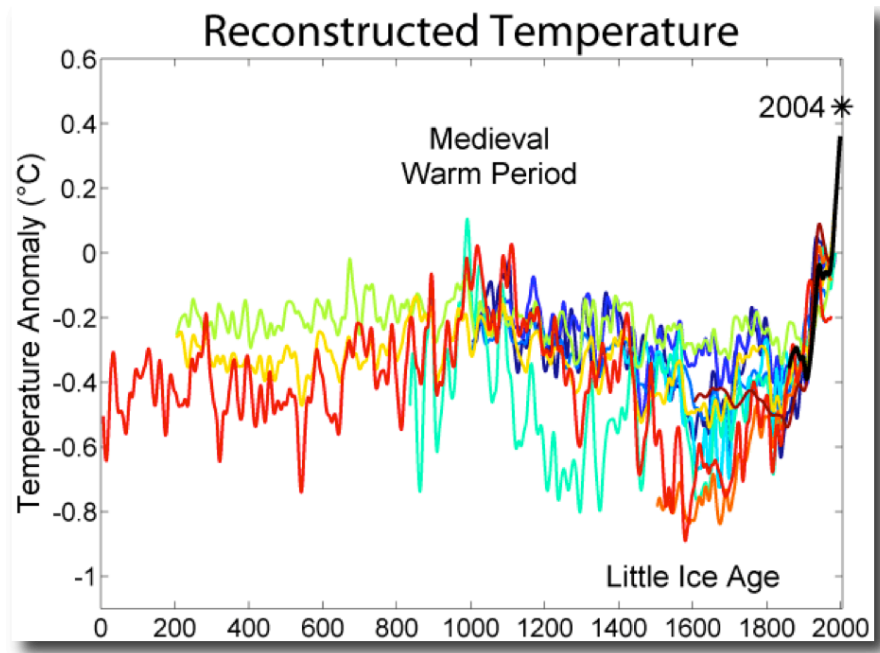


Fig. 4.

Es preciso tener también en cuenta, por último, que para estimar las temperaturas prehistóricas en una escala de 10 grados completos hacen falta estudios indirectos muy complejos y minuciosos, que nos hacen dudar de la fiabilidad de los resultados. Pero los registros de temperaturas de los dos últimos siglos, en una escala de décimas de grado, no son necesariamente más ciertos, ya que hay numerosas incertidumbres que les afectan. Lo que significa que tan equivocados pueden estar los datos sobre épocas prehistóricas como los contemporáneos. O que ambos pueden ser igual de buenos. De lo que no se debe dudar, en cambio, es de las escalas de los diferentes estudios de que se dispone: mientras que el planeta puede cambiar su temperatura en hasta 10 grados enteros, el cambio climático que ahora nos alarma es de pocas décimas de grado. En esta nueva gráfica (fig. 5) se aprecia eso mismo.

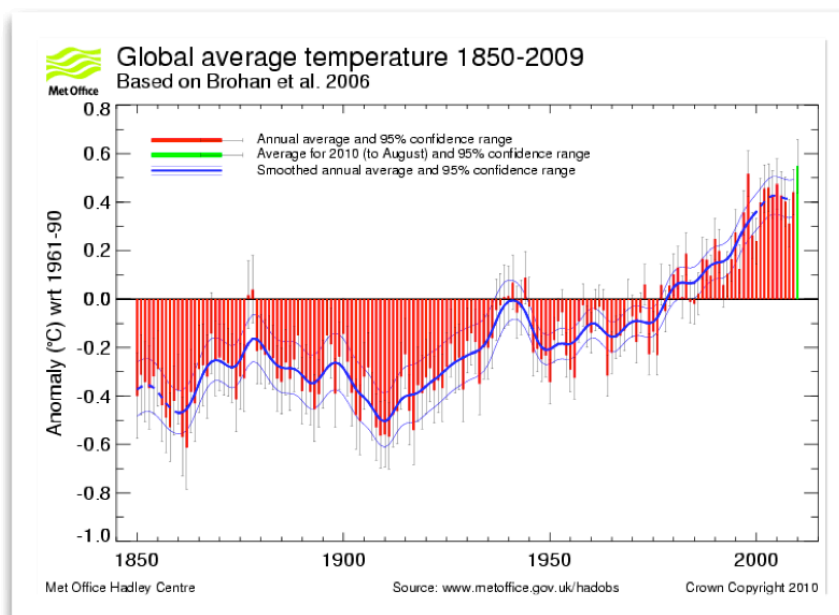


Fig 5.

El *tiempo* atmosférico es mucho más variable todavía, pero no muestra ninguna tendencia, al margen del cambio habitual de las estaciones. Si ampliamos el ámbito de estudio a todo un año, las

alteraciones de las temperaturas medias de unos años a otros son enormes, como ponen de manifiesto los estudios sobre la época contemporánea de la gráfica siguiente (fig. 6).

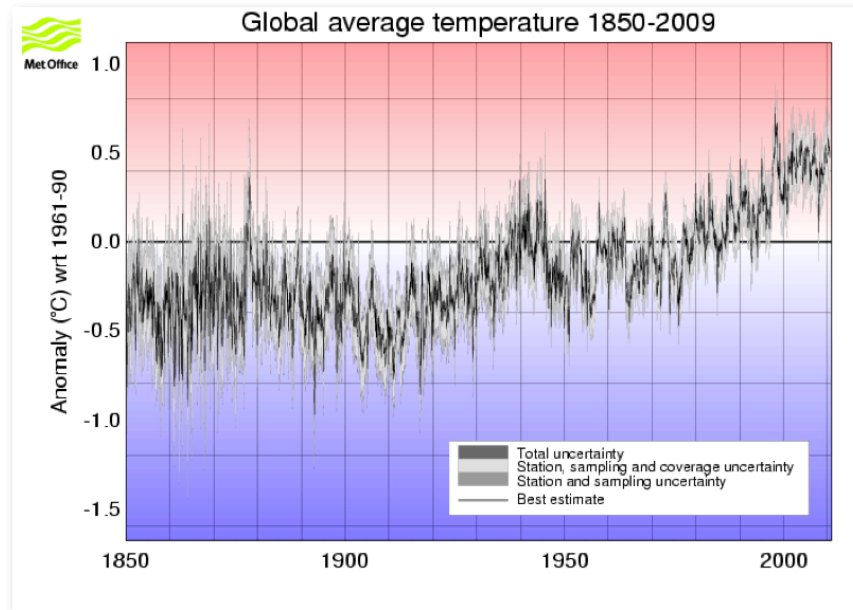


Fig. 6.

Esta serie de curvas indica que la oscilación de las temperaturas medias entre años sucesivos puede ser de hasta 1,5 °C, pero los ascensos de un año se convierten en descensos al año siguiente.

Ahora bien: los efectos de esos cambios anuales de 1,5 °C son extraordinariamente importantes. De hecho, son los causantes directos de las catástrofes atmosféricas como grandes huracanes, devastadoras sequías, inviernos demasiado fríos o veranos extra calurosos. Son efectos debidos al *tiempo*, y no al *clima*.

3.3 La intervención política

Detrás de los modelos científicos que intentan explicar la evolución del *clima* y predecir, después, la tendencia que éste seguirá, se encuentra la política. Con pocas o ninguna excepción, los abanderados del calentamiento destructivo son los grupos progresistas (demócratas, socialistas, comunistas, verdes, de izquierdas en general). Los abanderados del escepticismo climático son los grupos conservadores (populares, republicanos, de derechas en general). Es curioso que tanto las razones de unos como las de otros sean igualmente científicas, pero es evidente que la política no debería haber entrado a este nivel, y habría debido esperar a la fase de actuaciones concretas, guiadas por un sano consenso científico suficientemente mayoritario. En cambio, la politización de la ciencia ha impedido lograr ese consenso. ¿Cómo se ha llegado a esta situación?

La investigación con métodos científicos ha llegado al convencimiento prácticamente unánime de que la concentración atmosférica de CO₂ ha crecido desde la Revolución Industrial, y de que el mayor incremento ha ocurrido desde 1950 a causa de quemar combustibles fósiles que liberan de golpe el CO₂ fijado por la naturaleza durante siglos desde hace cientos de miles de años.

Otro punto de acuerdo es que la temperatura global ha subido a partir de 1850, ya que desde entonces hay medidas “ciertas” que dejan poco margen de duda. Y también es claro que el mayor incremento ha ocurrido a partir de 1970. Pero hasta aquí.

Después hay una corriente dominante, en medios e influencia, hegemonizada por el IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change* - grupo intergubernamental sobre cambio climático) que depende del Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente, y de su Organización Meteorológica Mundial. Esta corriente es la que defiende, con pruebas científicas muy abundantes y de una calidad excelente, que el calentamiento climático es causado por el Hombre, que nos conduce a la catástrofe a infinitud de niveles, y que debemos reducir el efecto invernadero evitando las

emisiones de CO₂ a la atmósfera.

El respaldo de Naciones Unidas no es el único que este grupo mayoritario ha recibido. En 2007, el ex vicepresidente de los Estados Unidos, Al Gore, y el presidente del IPCC, Rajendra Pachauri, obtuvieron el Premio Nobel de la Paz por su trabajo de concienciar sobre el calentamiento global. Y además cuenta con el apoyo unánime de la política de izquierdas.

Como ocurre casi siempre, hay una corriente de escépticos que se opone a las conclusiones de los anteriores. Llama la atención que se hallan organizados a la contra, es decir, como grupo reaccionario que trabaja a posteriori, criticando hasta negar los resultados tan ampliamente respaldados por el IPCC. Han llegado al extremo de formar el NIPCC (*Nongovernmental International Panel on Climate Change*- grupo no gubernamental sobre el cambio climático), cuyo nombre, copiado del grupo oficial, denota bien su carácter de “grupo protesta”. Defienden que el origen antropogénico del calentamiento no está probado hasta el extremo de asegurar que reduciendo el CO₂ emitido se pueda lograr bajar la temperatura del planeta a voluntad.

El apoyo recibido por este grupo es también curioso: en contra de lo que una primera impresión pueda indicar, sí disponen de estudios científicos tan rigurosos como los que sostienen la reducción de emisiones, y provienen de científicos de tanta categoría como los del primer grupo. La diferencia está en que los estudios de estos segundos científicos no son tenidos en cuenta por la corriente oficial del IPCC.

El IPCC, que trabaja desde 1988, nunca elabora sus estudios, sino que resume los resultados de otros. Ha publicado cuatro informes sobre el estado de la ciencia del cambio climático, que han dado lugar a importantes acuerdos políticos. El primero, de 1990, sirvió para que la Asamblea General de las Naciones Unidas preparase la Convención Marco sobre el Cambio Climático (CMCC) en vigor desde marzo de 1994. El segundo, de 1995, proporcionó material para las negociaciones del Protocolo de Kioto derivado de la Convención. El tercero, de 2001, definió las orientaciones políticas para las reducciones de emisiones. Y el cuarto hasta la fecha, de 2007, resume las conclusiones a las que llegan unos 2 500 expertos en sus publicaciones científicas por todo el mundo, y afirma que el calentamiento climático es inequívoco y se debe, *muy probablemente*, a crecientes concentraciones de gases de efecto invernadero generadas por la actividad humana. “Muy probablemente” se define como más del 90% de probabilidad estadística.

El otro comité, el NIPCC, trabaja desde 2004 y, como el primero, tampoco elabora estudios sino que resume resultados. Ahora bien: la diferencia está en que considera aquellos trabajos científicos que no son incluidos en el informe oficial del IPCC. En especial, a raíz del último de 2007, su actividad se centra en rebatir sistemáticamente las conclusiones mayoritarias, y en 2009 publicó el documento *Climate Change Reconsidered* (fig. 7), donde se analizan las opiniones de aquellos científicos cuyos trabajos les impiden apoyar la tesis del calentamiento antropogénico. Sus críticas al trabajo del IPCC son muy duras, pues le achacan, por ejemplo, ignorar basándose en argumentos espúreos los artículos que fundamentan opiniones contrarias, en especial a partir de 2007. Denuncian el uso de modelos climáticos imperfectos que, sin embargo, sirven para extraer conclusiones muy probablemente ciertas.

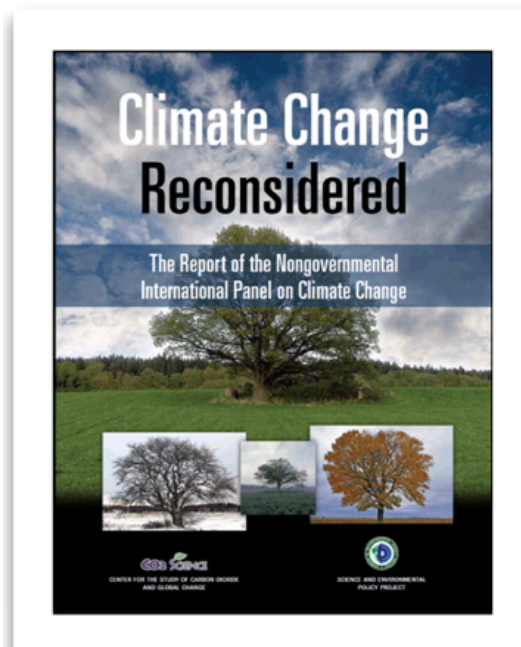


Fig. 7.

En fin, el documento del NIPCC de 2009 concede la mayor importancia a las reglas naturales, que se imponen al Hombre.

La polémica entre científicos es razonable, sana y perfectamente asumible, pero solo hasta cierto punto. Es normal que la ciencia avance a través de teorías basadas en experimentos y refutaciones, las cuales se apoyan en otros experimentos distintos. Es parte del método científico. Pero no es asumible que los científicos del NIPCC tengan que rogar públicamente a sus compañeros que no los excluyan del ámbito de influencia política por haber llegado a conclusiones distintas.

Y es lo que, justamente, hicieron en una carta publicada en agosto de 2010, dirigida al comité designado por el IPCC para revisar el procedimiento de selección de los artículos que merecen ser considerados. En ella el presidente del Centro para el estudio del CO₂ y el Cambio global de la Universidad de Princeton (EEUU), pide al presidente del comité IPCC lo siguiente (traducido):

...Espero que mientras ojee nuestro *Climate Change Reconsidered* pueda llegar a comprender que realmente existe un vasto cuerpo de literatura científica de calidad que ha sido ignorada por el IPCC porque no apoya el discurso oficial escogido por los líderes de su organización ni por sus autores más destacados. Su informe dice [se refiere al de 2007], tan diplomáticamente como es posible hacerlo, que el IPCC ha ignorado convenientemente, si no suprimido, dichos hallazgos científicos para llegar a lo que parece ser una conclusión pre-establecida respecto al clima futuro y su impacto en la biosfera. Me temo que no tiene usted idea de cuánta investigación hubo de ser ignorada y suprimida por el IPCC para llegar a esa conclusión. Si el IPCC pretende reformarse, debe conseguir llegar hasta esa llamada comunidad científica de escépticos y apreciar la profunda valía de sus miembros...

[El original puede encontrarse en
<http://www.nipccreport.org/articles/2010/sep/HaroldShapiroOpenLetter.pdf>]

¿Qué puede estar ocurriendo para que la comunidad científica “escéptica” reclame su lugar de forma tan dramática? ¿Tiene esto algo que ver con una “caza de brujas” moderna? ¿Qué hemos de pensar los demás de todo esto?

We urge the United States government to reject the global warming agreement that was written in Kyoto, Japan in December, 1997, and any other similar proposals. The proposed limits on greenhouse gases would harm the environment, hinder the advance of science and technology, and damage the health and welfare of mankind.

There is no convincing scientific evidence that human release of carbon dioxide, methane, or other greenhouse gases is causing or will, in the foreseeable future, cause catastrophic heating of the Earth's atmosphere and disruption of the Earth's climate. Moreover, there is substantial scientific evidence that increases in atmospheric carbon dioxide produce many beneficial effects upon the natural plant and animal environments of the Earth.

En mi opinión las conclusiones científicas pueden no estar demasiado claras, pero sí lo está un hecho alarmante: los gobiernos han puesto sus recursos al servicio de un IPCC que excluye a parte de la comunidad de investigadores en función de los resultados de su investigación. Esta exclusión no es científica sino política, luego no es de extrañar que el proceso del conocimiento se estanque. Las injerencias políticas en la Ciencia no han beneficiado hasta ahora el consenso científico sobre las causas y consecuencias del cambio climático y mucho menos van a hacerlo ahora, cuando el ambiente se está enrareciendo demasiado. Las noticias de la reunión de gobiernos en Cancún que está teniendo lugar mientras acabo de redactar estas líneas, parecen indicar que el mundo camina hacia un compromiso insustancial, en lugar de hacia un juego equilibrado donde se respeten las reglas de la limitación de CO₂.

Fig. 8.

Pesan, en contra de las manifestaciones de los partidarios de la postura del IPCC, las rotundas declaraciones del comité NIPCC y las que aparecen en una carta abierta a la firma de cualquier científico con inquietudes sobre el clima (el *Petition Project*) (fig. 8).

En dicha carta se apremia al gobierno de EEUU a rechazar el acuerdo de Kyoto sobre calentamiento global y cualquier otra propuesta similar, porque limitar la emisión de gases con efecto invernadero, dice, puede dañar el medio ambiente, obstaculizar el avance de la ciencia y la tecnología, y dañar la salud y el bienestar de la humanidad. Los argumentos de esa afirmación consisten en que no hay pruebas científicas convincentes que afirmen la relación causal entre la emisión antropogénica de CO₂, metano u otros gases de efecto invernadero, y el calentamiento catastrófico de la atmósfera o la alteración del clima terrestre en el previsible futuro. Además, concluye, hay pruebas científicas consistentes que indican cómo incrementos en la concentración de CO₂ atmosférico producen muchos efectos beneficiosos en el entorno vegetal y animal de la Tierra.

Al parecer esta declaración ha sido expresamente firmada, a día de hoy, por más de 9 000 académicos con título de doctor, de entre un total de más de 31 500 firmantes con menor grado de estudios.

3.4 Sentido común

La Ciencia está para averiguar la mejor verdad que se pueda conocer sobre el cambio climático, y ello exige un diálogo libre entre todos los científicos, sin injerencias políticas. Hasta el momento la situación ha sido la contraria, y los investigadores se han visto favorecidos o no por el poder según el rumbo que tomaban sus experimentos, de donde el diálogo está viciado y el resultado del proceso es inseguro.

Este fenómeno no es nuevo, pero aquí ha adquirido una envergadura enorme pues la presión, ejercida a nivel gubernamental, ha trascendido a la opinión pública. Por el momento siguen sin ser muchas las voces que reclaman respeto para el trabajo de los científicos frente a una avalancha mediática y de intereses muy poderosa, pero se van abriendo paso progresivamente. Ahora bien, este camino tampoco parece que vaya a ser muy productivo, al menos a corto-medio plazo, porque el daño ya está hecho. La credibilidad de la ciencia del cambio climático está en entredicho, y su posibilidad de influir en las decisiones políticas aparece ya seriamente dañada. No es una situación de la que uno pueda alegrarse, pero sí constituye un alivio en cierta medida, pues las repercusiones de una decisión mal tomada serían gravísimas. Es decir, si erróneamente se estableciera una prohibición mundial de emitir CO₂ libremente, los países en vías de desarrollo no podrían usar las fuentes energéticas hoy disponibles como las hemos utilizado las demás potencias, que no tuvimos esa abrumadora restricción durante nuestro desarrollo. Y las diferencias entre países ricos y pobres se acentuarían injustamente. Si, por el contrario, la prohibición no fuera errónea sino acertada, parece que los perjuicios evitados compensarían con creces esa injusticia. Ahora bien: como la repercusión de dicha prohibición no está científicamente consensuada, la decisión entre causar una injusticia evidente buscando un beneficio probable, o dejar de momento las cosas como están, se deberá decantar por la opción más prudente, que es la segunda. Parece que esta es la línea que van siguiendo los acontecimientos, aunque no desaparece el compromiso de limitación de emisiones a largo plazo.

Afortunadamente han surgido, no hace mucho, una serie de iniciativas encaminadas en otra dirección. Son las que, aceptando la situación actual y reconociendo que las investigaciones sobre el cambio climático están viciadas por los conflictos de intereses presentes, han decidido apostar por los esfuerzos para adaptarse al cambio climático, que es lo único que se constata como evidente. Siguiendo un razonamiento lógico sencillo, si no está claro que las medidas contra el efecto invernadero sean eficaces para enfriar el clima, lo más práctico es asegurar que su calentamiento no cause efectos catastróficos. Dado que el registro histórico muestra que el Planeta se ajustará aunque los cambios impliquen variaciones de muchos grados, no hay que temer en principio por él. Por quien hay que velar es por la civilización. Pues bien: los esfuerzos de la Humanidad deben dirigirse hacia la búsqueda de soluciones a los efectos adversos. Hay que proteger las costas, ajustar la agricultura, mejorar las construcciones, garantizar el suministro de agua, asegurar el suministro de energía... Esta línea de acción está ya en marcha, y no requiere de un ingente cuerpo de investigaciones nuevas, como sí lo precisa la limitación del CO₂, sino de aplicar la tecnología existente y buscar recursos para poder hacerlo.

Esta tendencia ha recibido ya el calificativo de *adaptacionista* por parte de los grupos progresistas abanderados del catastrofismo por calentamiento antropogénico. No ha sido bien recibida por ellos, pues parecen ver en ella un serio adversario frente a la idea preconcebida de que hay que acabar con el modelo actual de emisión libre de CO₂. Realmente es un serio adversario, y en eso tienen razón. Pero lo es porque va a distraer la atención mediática y política del catastrofismo, y va a restar influencia a sus partidarios. Eso es, ya de por sí, un buen efecto, pues contribuirá a liberar de tensiones la sana dialéctica entre investigadores de uno y otro lado, que es la única manera de avanzar en el conocimiento de la mejor verdad. Mientras tanto se deberán buscar recursos para limitar efectos indeseados, y desarrollar la tecnología necesaria para hacerlo de la manera más eficiente posible.

Finalmente queda la cuestión de si la iniciativa de Naciones Unidas de crear un comité gubernamental para filtrar la investigación es acertada o no. En mi opinión es absolutamente contraproducente, porque ha conducido al descrédito y pérdida de influencia de la Ciencia en la Sociedad. Es a la intervención política de los gobiernos a la que debe achacarse el desconcierto en que se mueven ahora los propios gobiernos, y creo que no debe repetirse una situación así nunca más. En el fondo se trata de la idea de dejar o no que instituciones globales tomen decisiones que nos corresponden a los individuos. Mi posición particular es que todo lo que la Administración regula acaba por funcionar, sí, pero de la forma más ineficiente. Luego es mejor que el poder político se limite a corregir los fallos de la iniciativa privada, sin intervenir directamente en el rumbo de los acontecimientos. Así, si el clima se calienta y se esperan perjuicios evidentes, que los gobiernos movilicen los recursos para prevenirlos y, si llegan tarde, mitigarlos una vez producidos. No se les pide que hagan de adivinos, pues ya sufrimos grandes sequías, grandes inundaciones, grandes huracanes... De hecho, están ocurriendo desde siempre, y lo que los políticos han de hacer es trabajar para que nos podamos adaptar, primero a las catástrofes conocidas, y después a las que se prevea puedan surgir. Entre tanto, que la Ciencia progrese libremente, para que los ciudadanos podamos conocer qué está ocurriendo, qué puede suceder en el futuro, y así decidir, con fundamento, ante qué conviene reaccionar y cómo hacerlo.

Fuentes de las ilustraciones:

- Fig.1: elaboración propia
 Fig. 2: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/f8/Ice_Age_Temperature.png
 Fig. 3: <http://www.globalwarmingart.com>
 Fig. 4: <http://www.globalwarmingart.com>
 Fig. 5: <http://hadobs.metoffice.com/hadcrut3/diagnostics/global/nh+sh/>
 Fig. 6: <http://hadobs.metoffice.com/hadcrut3/diagnostics/global/nh+sh/>
 Fig. 7: <http://www.nipccreport.org/reports/2009/2009report.html>
 Fig. 8: <http://www.petitionproject.org/>

Derechos de autor:

- Todas las gráficas y fotografías reproducidas permiten su libre distribución porque:
- Son de fuente libre (carecen de derechos de autor), o
 - Son de elaboración propia, o
 - Sus autores han otorgado licencia para su reproducción, citando la fuente, como se ha hecho.

Fuentes citadas en el texto o en las gráficas:

- Petit J.R., y otros (1999) *Climate and Atmospheric History of the Past 420,000 years from the Vostok Ice Core*, Nature, 399, 429-436.
- EPICA community members (2004) *Eight glacial cycles from an Antarctic ice core*, Nature 429 (6992), 623-628.
- Lisiecki, L. E., and M. E. Raymo (2005), *A Pliocene-Pleistocene stack of 57 globally distributed benthic $\delta^{18}O$ records*, Paleoceanography, 20, PA1003.
- M. Zhao, N.A.S. Beveridge, N.J. Shackleton, M. Sarinthein, and G. Eglinton (1995), *Sediment core ODP 658, interpreted sea surface temperature*, Paleoceanography, 10(3): 661-675.
- Alley, R.B. (2000), *GISP2 ice core, interpreted paleotemperature*, Quaternary Science Reviews, 19: 213-226.
- Thompson, L.G., y otros, (2002), *Kilimanjaro ice core, $\delta^{18}O$* , Science, 298(5593): 589-593. doi:10.1126/science.1073198
- Lea, D.W., D.K. Pak, L.C. Peterson, y K.A. Hughen (2003), *Sediment core PL07-39PC, interpreted sea surface*

temperature, Science, 301(5638): 1361-1364.

B.A.S. Davis, S. Brewer, A.C. Stevenson, J. Guiot (2003), *Pollen distributions, interpreted temperature*, Quaternary Science Reviews, 22: 1701-1716.

L.D. Stott, y otros (2004), *Composite sediment cores, interpreted sea surface temperature*, Nature, 431, 56-59.

S. Fred Singer (ed.) y Craig Idso, *Climate Change Reconsidered: The Report of the Nongovernmental International Panel on Climate Change (NIPCC)*, The Heartland Institute (Chicago- ILL - EEUU, 2009), ISBN-13: 978-1934791288.

EJERCICIO PROPUESTO (OPCIONAL)

Calentamientos y enfriamientos de la Tierra ha habido desde siempre. El trabajo opcional que se sugiere al Alumno consiste en investigar acerca de los últimos calentamientos y enfriamientos que ha sufrido el planeta en época reciente, es decir, en la era de la cristiandad aproximadamente. Los datos disponibles pueden ser indicativos, no necesariamente medidas acordes con las recientes escalas termométricas, pero dan igualmente una proporción de las temperaturas medias a lo largo de dicho período. El resultado de la investigación debe plasmarse en un informe conteniendo todas las referencias bibliográficas y de cualquier otra índole que hayan servido como origen de esos datos. Las conclusiones podrían plasmarse en un histograma que refleje las temperaturas medias estimadas en el estudio.