

07/2014

14 enero de 2014

*Javier del Valle Melendo\**

EL CAMBIO CLIMÁTICO:  
REFLEXIONES TRAS LA CUMBRE DE  
VARSOVIA

[Visitar la WEB](#)

[Recibir BOLETÍN ELECTRÓNICO](#)

## EL CAMBIO CLIMÁTICO: REFLEXIONES TRAS LA CUMBRE DE VARSOVIA

### Resumen:

A partir de los conceptos de clima y cambio climático, se exponen las dos principales líneas de pensamiento sobre el origen de éste y las consecuencias que se esperan según los informes del IPCC, con especial atención a Europa. También se muestran las principales conclusiones e incertidumbres reconocidas en el cuarto informe. Se muestran los principales avances de la reciente cumbre de Varsovia como paso hacia el nuevo acuerdo de 2015.

### Abstract:

*From the concepts of climate and climate change, two main lines of thought about the origin of this and the consequences expected as the IPCC reports, with focus on Europe is exposed. The main conclusions and uncertainties recognized in the fourth report are also shown. Major advances in the recent summit in Warsaw are exposed as a step towards the new 2015 agreement.*

### Palabras clave:

Cambio climático, IPCC, clima, cumbre de Varsovia, calentamiento global, CO<sub>2</sub>.

### Keywords:

*Climatic change, IPCC, climate, global warming, CO<sub>2</sub>.*

**\*NOTA:** Las ideas contenidas en los **Documentos de Opinión** son de responsabilidad de sus autores, sin que reflejen, necesariamente, el pensamiento del IEEE o del Ministerio de Defensa.

## CONCEPTO DE CLIMA Y CAMBIO CLIMÁTICO

El Clima se define como el conjunto fluctuante de las condiciones atmosféricas, caracterizado por los estados y evoluciones del tiempo en un dominio espacial determinado<sup>1</sup>.

En el propio concepto de clima está la fluctuación y por lo tanto la negación de clima como algo estático e inamovible a lo largo del tiempo. La OMM recomienda para los estudios climáticos utilizar series de treinta años (en su defecto de quince) por lo que como consecuencia de esta fluctuación de las condiciones que permiten establecer las condiciones climáticas en un espacio, en función de la serie de treinta años que utilicemos, los resultados no van a ser idénticos.

En la Conferencia de Medio Ambiente y Desarrollo de Naciones Unidas de Río de Janeiro (1992) la propuesta aprobada en la Convención Marco sobre Cambio Climático define que el cambio climático es un “Cambio del clima atribuido directa o indirectamente a actividades humanas que alteran la composición de la atmósfera mundial, y que viene a añadirse a la variabilidad natural del clima observada durante periodos de tiempo comparables”. El concepto de “cambio climático”, va por lo tanto asociado a consecuencias de las actividades humanas y se suma a la variabilidad natural del clima.

Una de las consecuencias del mencionado cambio climático es el calentamiento global: el ascenso de la temperatura media en numerosos observatorios del planeta. El calentamiento global a lo largo del siglo XX (1901-2000) se estima en  $0.6^{\circ}\text{C}$ <sup>2</sup>, valor que se ha aumentado a  $0.74^{\circ}$  en el Cuarto Informe del IPCC<sup>3</sup> (1906 – 2005). Esta tendencia (figura 1) se ha observado tanto en la superficie terrestre, en la atmósfera y en los primeros metros de los océanos, pero ha sido más rápida en las zonas terrestres que en los mares.

Aunque según la citada definición del cambio climático, su relación con las actividades humanas es directa, se ha escrito y discutido mucho, y se sigue haciendo, sobre el verdadero peso que tienen éstas en la evolución del clima y sobre las dificultades de discernir qué parte de la variabilidad del clima corresponde con cuestiones naturales y qué parte con influencia antrópica.

---

<sup>1</sup>Ascaso A., Casals M. 1986

<sup>2</sup>Tercer informe de Evaluación del IPCC, 2001

<sup>3</sup>Cuarto informe de Evaluación del IPCC, 2007

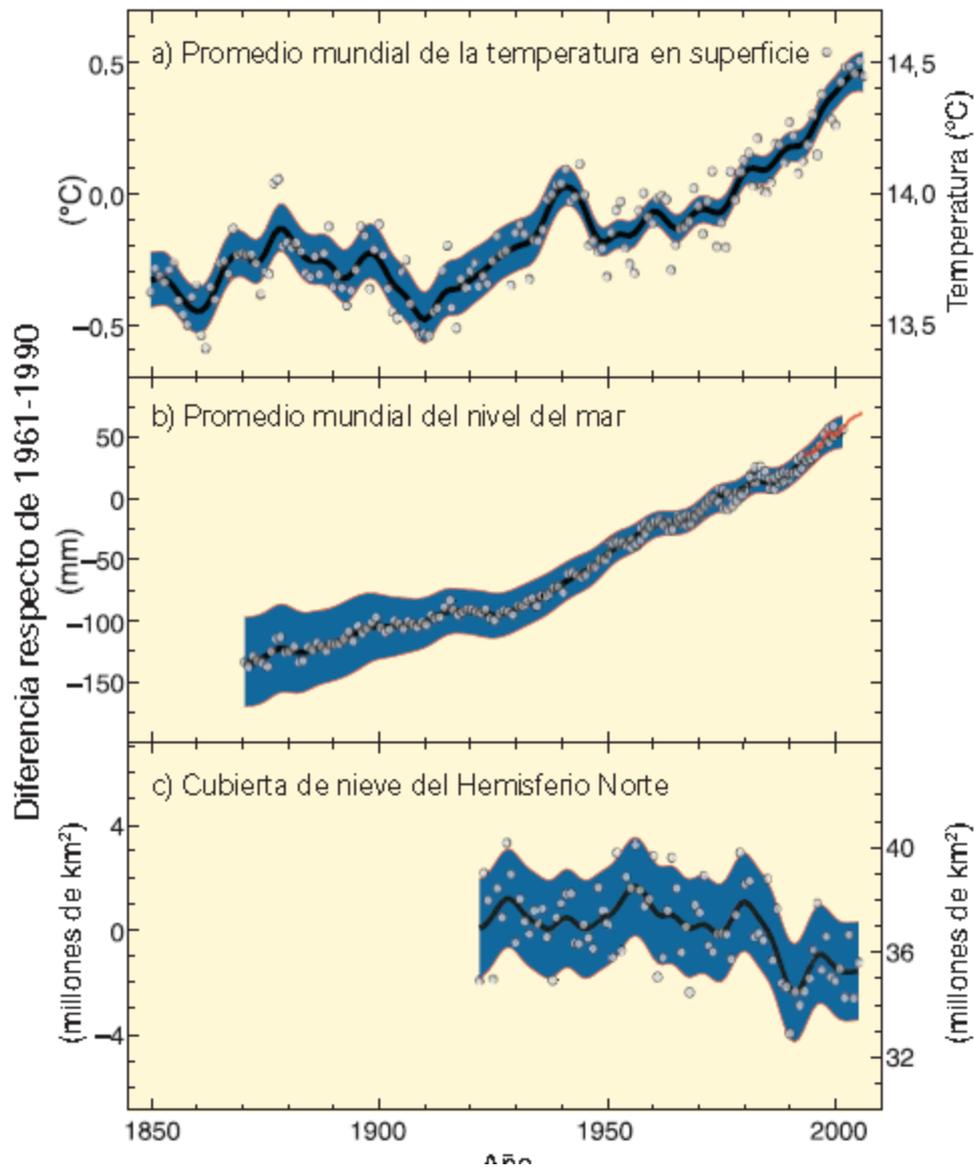


Figura 1: Evolución del promedio de la temperatura en la superficie de la tierra, del promedio del nivel del mar y de la cubierta de nieve en el Hemisferio N (entre marzo y abril). Todas las diferencias referidas al periodo 1961-90. Fuente: Informe de Síntesis del IV Informe sobre el Cambio Climático del IPCC (2007).

## PUNTOS DE VISTA SOBRE EL ORIGEN DEL CAMBIO CLIMÁTICO

Aunque en el mismo concepto de clima está implícito el cambio y la evolución de las condiciones que lo conforman, también queda claro que en el actual concepto de cambio climático que se definió en la cumbre de Río (1992) se considera un origen antrópico.

Sobre el origen de este cambio climático se ha escrito, y se sigue escribiendo, mucho. Podemos destacar principalmente dos corrientes de pensamiento:

**a) El CO<sub>2</sub> como principal causante del cambio climático**

La teoría que podemos considerar “oficialista”, aceptada por el International Panel Climatic Change (IPCC) señala a los gases de efecto invernadero, y especialmente a las altas emisiones de CO<sub>2</sub> como consecuencia de las actividades humanas. Efectivamente son numerosas las actividades humanas que generan CO<sub>2</sub>: desde la respiración (cada ser humano emite al día algo más de 1 kg de este gas sólo con esta actividad) hasta el transporte que utiliza combustibles fósiles o electricidad procedente de ellos, cualquier combustión, numerosas actividades industriales, etc. Desde la invención del fuego el ser humano ha ido aumentando la cantidad de CO<sub>2</sub> que emite, muy especialmente desde la revolución industrial y la generalización del uso de combustibles en transporte e industria. De hecho, desde el comienzo de las mediciones de la presencia de CO<sub>2</sub> en la atmósfera, hacia mediados del siglo XX, su concentración ha ido aumentando.

Los que defienden esta teoría sobre el origen del cambio climático establecen un claro paralelismo entre aumento del CO<sub>2</sub> presente en la troposfera (capa inferior de la atmósfera) y el aumento de la temperatura media, pues se trata de un gas de efecto invernadero, aunque no sea el único. Así habría una relación causa/efecto entre aumento de la presencia de CO<sub>2</sub> y aumento de la temperatura media.

**b) Quienes consideran que se exagera el papel del CO<sub>2</sub> en el cambio climático**

En ocasiones se intenta transmitir la idea de que hay consenso científico sobre este origen, pero no es así. Existe una corriente de pensamiento científico que considera que se está exagerando el papel del CO<sub>2</sub> en el cambio climático y que en ocasiones se transmiten mensajes equívocos. Su pensamiento se apoya fundamentalmente en:

-El CO<sub>2</sub> no es un gas tóxico ni venenoso. Si que es un gas de efecto invernadero, pero no es el único (también lo es el metano, los CFCs y el vapor de agua). Además es un gas esencial en el normal desarrollo de la vida vegetal en todo el planeta.

-Un aumento de la presencia de CO<sub>2</sub> en la atmósfera resulta beneficioso para el desarrollo de la actividad vegetal. El aumento observado del CO<sub>2</sub> en la troposfera se puede relacionar, por lo tanto, con el aumento de la biomasa en el planeta observado desde satélites. Gracias a la absorción mediante la fotosíntesis del CO<sub>2</sub> fósil que emitimos a la atmósfera, los modelos climáticos calculan un aumento de más de un 20% de la producción vegetal cuando se duplique la concentración de CO<sub>2</sub> en el aire<sup>4</sup>.

-Este aumento de la masa vegetal al incrementarse la presencia de CO<sub>2</sub> significará un enorme incremento de uno de los sumideros de CO<sub>2</sub> más importantes: la propia vegetación.

---

<sup>4</sup>Uriarte Cantolla A. El Alarmismo climático: en defensa del CO<sub>2</sub>, Lurralde 2008

-Es falsa la relación que se establece a menudo entre periodos fríos y mayor humedad y entre periodos cálidos y mayor aridez. Un análisis de la historia climática de la tierra demuestra lo contrario: los periodos cálidos son también húmedos, lo que favorece el aumento (explosión en algunos periodos) de la vida vegetal en la superficie de la tierra, pues condiciones de calor y humedad son muy adecuadas para su desarrollo.

Por el contrario los periodos fríos son también secos, observándose en ellos una reducción de los bosques y selvas tropicales, y un aumento de la extensión de los desiertos. La razón hay que encontrarla en que durante periodos cálidos se produce una aceleración de la dinámica del ciclo del agua y por lo tanto de los procesos de evaporación/precipitación, mientras en los fríos se produce una ralentización de los mismos.

Los que consideran que se exagera el papel del CO<sub>2</sub> no niegan su papel como gas de efecto invernadero, pero defienden que al conocer la historia del clima de la tierra, se descubren periodos cálidos y fríos, algunos de ellos recientes, que no se pueden explicar por las variaciones de este gas. Consideramos conveniente realizar un breve repaso al comportamiento climático de la tierra durante la actual era geológica, centrándonos fundamentalmente en el periodo más reciente:

Durante el cuaternario el clima de la Tierra ha ido oscilando entre ciclos glaciares de larga duración (unos 100.000 años) entre los que se han producido periodos interglaciares cálidos mucho más breves (con una duración de entre 10.000 y 20.000 años). Si se compara la evolución de las temperaturas y la evolución de las concentraciones de CO<sub>2</sub> en los últimos ciclos glaciares, se observa que casi siempre los cambios térmicos precedieron a los cambios en el CO<sub>2</sub> (y no al revés)<sup>5</sup>, por lo que no habría relación causa/efecto entre aumento o disminución de este gas y la consiguiente respuesta de las temperaturas.

-Durante el anterior periodo interglaciar (Eemeriense), entre hace 127.000 y 115.000 años la concentración de CO<sub>2</sub> era inferior a la actual y las temperaturas eran posiblemente superiores. El nivel del mar era varios metros superior al actual y el volumen de hielo continental alcanzó un mínimo.

-Durante el Holoceno medio se alcanzó un óptimo térmico y de humedad (entre hace 9000 y 6000 años) que permitió que la actual zona del Sahara disfrutara de condiciones de precipitaciones abundantes. Se explica por razones de la órbita terrestre: había mayores diferencias de insolación entre las estaciones de las que hay ahora, lo que permitía que durante el verano se formasen importantes borrascas térmicas en el interior de África que atraían masas de aire oceánicas húmedas.

---

<sup>5</sup> Uriarte Cantolla A. opcit 5

-Durante la edad media se alcanzó otro nuevo periodo óptimo térmico, aproximadamente entre los años 1000 y 1300 d C. La población europea creció, se desarrollaron las ciudades, el comercio y la agricultura y se produjeron algunos hechos históricos de gran importancia, como la expansión de los pueblos vikingos de la Península escandinava hacia muchas otras tierras, entre otras Islandia y Groenlandia, aprovechando que el Atlántico Norte estaba libre de Hielo y que las condiciones permitían el asentamiento en estas islas. Estas condiciones, que entre otras cosas permitieron el desarrollo del cultivo de la vid en el sur de Inglaterra, cambiaron hacia principios del siglo XIV: la banquisa se extendió y rodeó Islandia, la navegación en el Atlántico Norte se hizo muy difícil, la conexión entre Islandia y Groenlandia con las poblaciones de origen en la Península Escandinava se hizo imposible hasta que a finales del mismo siglo las poblaciones vikingas de Groenlandia desaparecieron.

-Tras el óptimo medieval comenzó un periodo frío que se extendió desde el siglo XIV hasta el XIX, con especial virulencia durante el XVII. Los glaciares europeos se extendieron, hay noticias del Ebro congelado en desembocadura durante varios inviernos, se extienden por Europa las “ferias del hielo” (mercadillos sobre los ríos congelados). Algunos autores consideran que el calentamiento observado en las temperaturas durante el siglo XX no es más que un nuevo óptimo térmico, el “óptimo climático moderno” no explicado exclusivamente por el aumento de la concentración de CO<sub>2</sub>, sino por otras causas como el aumento de la actividad solar.

El calentamiento observado en las temperaturas medias a lo largo del siglo XX es de 0.7º, pero no se ha producido de forma constante, sino fundamentalmente en dos periodos: 1915-45 y 1975-98, separados por un leve enfriamiento. También dentro del segundo periodo de calentamiento se observa una bajada puntual de la temperatura media global como consecuencia de la erupción del volcán Pinatubo (Filipinas) en 1991. A lo largo de la primera década del siglo XXI no se han observado variaciones significativas.

Algunos autores destacan las inconsistencias existentes ente lo observado en la segunda mitad del siglo XX y lo que debería haber ocurrido según los modelos, y lo justifican por las grandes incertidumbres que todavía tenemos sobre el complejo funcionamiento del clima, afectado por múltiples factores, algunos de ellos extraterrestres, como la actividad del sol, astronómicos, como los cambios orbitales, o escasamente conocidos. Los modelos indican que el calentamiento provocado por la duplicación del CO<sub>2</sub> (si es que se alcanza en el futuro) explicaría un aumento de 1º solamente <sup>6</sup>.

---

<sup>6</sup> Uriarte Cantolla A, opcit 9

## EL PROTOCOLO DE KIOTO

En diciembre de 1997 representaciones de 39 gobiernos elaboraron y firmaron en esta ciudad japonesa del protocolo que pretendían llegar a una reducción total de sus emisiones de CO<sub>2</sub> de un 5% entre 2008 y 2012 respecto a las emisiones de 1990. Entró en vigor en febrero de 2005 al firmarlo Rusia, pues así alcanzó el 55% de las emisiones globales entre todos los firmantes.

El nivel de cumplimiento es muy diferente: el conjunto de la UE lo han logrado, aunque en el trasfondo está la política de abandono del carbón como fuente de energía para sustituirlo por otras fuentes, como la nuclear y el metano, que emite mucho menos por kWh producido que el carbón, política motivada porque el carbón europeo no puede competir con el de otros países, mucho más barato. USA no ha ratificado el protocolo, y ha aumentado sus emisiones fundamentalmente como consecuencia del sector transporte y del uso de su propio carbón para mantener una cierta independencia energética. El tratado no obliga a reducir las emisiones a países como China, India, Brasil y México, que son los que más las han aumentado durante los últimos años debido al desarrollo de sus industrias y transportes. La razón es muy simple: argumentaban que el aumento de los niveles de CO<sub>2</sub> atmosféricos se debe a la intensa industrialización del mundo desarrollado a partir de la revolución industrial del siglo XVIII, por lo que sería injusto penalizar a los países que están actualmente en procesos industrializadores obligándoles a limitar sus emisiones o a utilizar tecnologías con un coste extra. Su única obligación es enviar los datos de emisiones a la ONU.

El Protocolo acepta que se aumente la cuota de emisión a países que desarrollan un amplia política de reforestación, pues calcula (aunque es muy complejo hacerlo) la cantidad de CO<sub>2</sub> absorbida por los bosques. También permite que haya una compraventa nacional e internacional de créditos de emisiones a partir de las cuotas para cada país, por lo que un país que quiera sobrepasar su cuota puede comprar a otro que no las alcance, sus derechos de emisión. También permite algo como canjear las emisiones equivalentes de CO<sub>2</sub> por reducción de otros gases de efecto invernadero, como el metano, óxido nitroso, etc, aunque el cálculo de las equivalencias es de gran complejidad.

La ejecución del protocolo de Kioto es difícil, pues no se ha establecido ninguna forma de control internacional de las emisiones nacionales. Además se trata de un acuerdo muy complejo en el que pocos países salen perjudicados, aunque en ocasiones se presenta como un gran esfuerzo común por ralentizar el cambio climático. En cualquier caso, consideramos que su ejecución tendría unos efectos muy modestos, pues si se aplicara la reducción pactada, los modelos climáticos estiman que sólo se evitaría una subida de menos de 0.1º respecto a la prevista si no se tomara ninguna medida.

## CONSECUENCIAS DEL CAMBIO CLIMÁTICO

Aunque insistimos en que el clima es algo dinámico y por lo tanto, en permanente evolución, los estudios realizados por el IPCC señalan una serie de consecuencias que no afectarían de forma igual a todas las zonas del planeta y cuya intensidad varía según los diferentes escenarios (descripciones plausibles y simplificadas de cómo se va desarrollar el futuro basadas en suposiciones coherentes). Serían fundamentalmente las siguientes:

- Subida del nivel del mar. El rango de subida previsto para fin del siglo XXI oscila entre 18 y 59 cm respecto del nivel medio 1980-99. Debido fundamentalmente a la fusión del hielo de Groenlandia (figura 2) y al aumento del volumen de los océanos por la dilatación consecuencia del calentamiento.



Figura 2: Glaciar Koroc, Groenlandia en 2009. Aproximadamente 20 años antes su lengua llegaba a desembocar directamente en el océano. Foto: J. del Valle.

- Cambios en los ecosistemas como consecuencia del aumento de la temperatura media. Supondría una migración latitudinal hacia posiciones más lejanas al ecuador con una ampliación de los ecosistemas ecuatoriales y tropicales. También significaría una migración altitudinal en las zonas de montaña con posible desaparición de algunos ecosistemas de alta montaña.

Podemos señalar como ecosistema en peligro los glaciares españoles: en el Pirineo aragonés se localizan 10 pequeños glaciares (masas de hielo permanente que conservan movilidad), únicos en las montañas españolas y los más meridionales de Europa. A lo largo del siglo XX han tenido un comportamiento claramente recesivo (figura 3), aunque sabemos que en la citada pequeña edad del hielo sufrieron importantes aumentos de extensión, perfectamente constatables por las morrenas conservadas de este reciente periodo frío, por

lo que según algunos autores el retroceso actual se explica como la recuperación de la situación anterior a la mencionada pequeña edad del hielo.



Figura 3: glaciar de Monte Perdido (Huesca) a la izda en 1900 (foto: archivo CHE) y a la derecha en 2013 (foto: Javier del Valle).

Esta distribución lógicamente tendría su correspondiente repercusión en la distribución territorial de especies de plantas y animales. Aumentos de la temperatura media de 1.5 a 2.5º supondrían riesgo de extinción para un 20 a 30% de las especies. Esta posible extinción se considera una de las consecuencias más graves debido a que sería un impacto irreversible.<sup>7</sup>

·Aumento del estrés hídrico. El aumento de las temperaturas medias provocaría un aumento de la evapotranspiración y por lo tanto una intensificación del déficit hídrico en algunas zonas del planeta: aquellas sometidas a un régimen de precipitación más irregular o a una disminución de las precipitaciones medias como consecuencia de las posibles alteraciones en la circulación general atmosférica.

Grandes zonas del planeta, especialmente del hemisferio N, el más continental y poblado, se verían afectadas por una disminución de la disponibilidad de agua. La mayoría ya sufrían en 2000 situaciones de estrés hídrico de moderado a alto<sup>8</sup> pero la situación empeoraría como consecuencia del cambio climático en el O de Norteamérica (Estados Unidos y México), zona costera de Perú y Chile, Caribe, NE de Brasil, Sudáfrica, O de Australia y muy especialmente, debido a la extensión de la zona, en la cuenca Mediterránea, Europa central y Oriental, Próximo Oriente y zona del Caspio y Asia Central.

En zonas de ríos alimentados por mantos de nieve o glaciares, la disminución de este cubrimiento y de los recursos almacenados en los glaciares en forma de hielo podría suponer

<sup>7</sup> El Clima en Peligro. Guía del Cuarto Informe del IPCC. Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino. Madrid 2009.

<sup>8</sup> Cuarto informe del IPCC, 2007

una reducción de la alimentación de algunos ríos como el Indo, el Ganges, Amu Daria y Sir Daria o algunos ríos nacidos en los Andes tropicales. Su caudal se vería disminuido o sería más irregular al disminuir la influencia de los glaciares como reguladores naturales de sus aguas y de las de sus afluentes. Este hecho tendría repercusiones sobre grandes superficies de regadío que alimentan a millones de personas y disminuiría el potencial generador de energía hidroeléctrica.

Como contrapartida a la situación descrita, en algunas zonas de latitudes altas la escorrentía aumentaría, pues las precipitaciones serían más abundantes, y el periodo de retención nival menor. Esta situación aumentaría el riesgo de inundaciones y riadas, poniendo en peligro poblaciones instaladas en llanuras fluviales próximas a algunos ríos.

·Acidificación del océano. Los mares son uno de los principales sumideros de CO<sub>2</sub>, por lo que un aumento de su porcentaje en la atmósfera, repercutiría en una subida de su presencia en los océanos, pues es soluble en el agua. Actualmente el ph medio de la superficie del océano es 8.1, y las proyecciones apuntan a una reducción de entre 0.14 y 0.35 unidades a finales de siglo<sup>9</sup>

·Aumento de la frecuencia e intensidad de los fenómenos climáticos extremos. Eventos como situaciones de sequía, lluvias intensas, olas de calor o de frío podrían ser más severos, lo que tendría consecuencias sobre numerosos aspectos como:

-Cambios en las productividades de zonas agrarias. En general las zonas de características cálidas, áridas o semiáridas perderían productividad y serían más vulnerables a efectos de plagas o enfermedades, mientras las zonas frías serían más productivas, pues el periodo de actividad vegetal se alargaría.

-Al aumentar la inseguridad sobre la disponibilidad de recursos hídricos debido a la duración e intensidad de las sequías, aumentaría la presión sobre éstos, tanto superficiales como subterráneos, se incrementaría la intervención sobre los ríos mediante obras de regulación, fundamentalmente grandes embalses, pudiendo aumentar la conflictividad sobre el uso de ríos o acuíferos compartidos entre varias naciones.

-Sequías intensas y prolongadas provocarían degradación de suelos, de zonas húmedas, pérdida de cosechas, muerte de ganado y las consiguientes hambrunas o movimientos migratorios masivos y descontrolados.

-Un aumento de los periodos de lluvias intensas pondría en situación de vulnerabilidad a millones de personas, especialmente en aquellas zonas del planeta ya expuestas a inundaciones (S y SE de Asia principalmente) en las que las lluvias asociadas a tifones, lluvias monzónicas, etc podrían ser más intensas y producirse en periodos más

---

<sup>9</sup> El Clima en peligro. Op. Cit 30.

largos. También supondrían más daños en infraestructuras necesarias como vías de comunicación, canalizaciones, etc.

Como vamos definiendo, estas consecuencias no afectarían de forma homogénea ni al planeta ni a la población. Vamos a describir las zonas más vulnerables:

-Las zonas costeras en general se verían afectadas por la subida del nivel del mar, pero afectaría muy especialmente a aquellos tramos costeros más bajos, situados a escasa altitud sobre el mar debido a la existencia de llanuras costeras amplias o deltas fluviales. En algunos deltas fluviales (Ganges/Bramaputra, Mekong, Nilo, Níger, Huang.Ho, Yantze-Kiang, Mississipi, etc) viven millones de personas, muchas dependientes de una agricultura de regadío que se vería muy afectada por una posible subida del nivel del mar o incluso por periodos ocasionales de inundación que salinizarían los acuíferos o directamente los suelos. También los manglares, que proporcionan protección frente a temporales y ecosistemas de gran singularidad y biodiversidad se verían afectados, al igual que las marismas o marjales, que se verían salinizados o profundamente transformados.

-Las islas pequeñas de escasa altitud y topografía muy llana son muy vulnerables, lo que explica la preocupación de algunos gobiernos, especialmente de microestados insulares o archipiélagos de estas características debido al riesgo de afecciones o incluso posible desaparición.

-África debido a que buena parte del continente está en latitudes intertropicales o ya cuenta con condiciones climáticas áridas o semiáridas. Además las características socioeconómicas (niveles de pobreza y alta dependencia de la agricultura y ganadería) y políticas del continente le proporciona escasa capacidad de respuesta y adaptación.

-La zona ártica sufriría un calentamiento superior al de otras zonas del planeta, lo que redundaría en una fuerte disminución de la cubierta de hielo en las islas, disminución (incluso posible desaparición estival) de la banquisa con las consiguientes afecciones a la fauna ártica y a los modos de vida de las poblaciones allí asentadas.

-En los océanos los arrecifes de coral de las zonas tropicales podrían sufrir decoloraciones generalizadas por aumento de la temperatura de la superficie mientras en el resto de los océanos se producirían redistribuciones de ciertas especies animales y vegetales, al verse reducidas las propias de aguas frías y favorecida la expansión de las compatibles con aguas más templadas.

Es interesante analizar con cierto detenimiento los principales efectos que, según el cuarto informe del IPCC, el cambio climático tendría sobre Europa, y concretamente sobre España. Quedan reflejados en la figura 4.



Figura 4 Principales efectos del Cambio climático sobre el continente Europeo. Fuente: El Clima en Peligro.<sup>10</sup>

Los principales efectos en Europa se concentrarían en los extremos meridional y septentrional por razones diferentes:

El N de Europa vería como la superficie del permafrost disminuye, desapareciendo en la Península Escandinava y quedando reducido en 2050 al extremo NE del continente, donde los Urales se aproximan al océano Glaciar Ártico. Todo el N de Europa, incluyendo Rusia, países nórdicos, repúblicas Bálticas, Polonia, Bielorrusia, Chequia, Eslovaquia y N de Ucrania recibiría mayores precipitaciones que las medias actuales, produciéndose cambios en los ecosistemas de estas zonas, incluidos los de montaña de los Alpes Escandinavos.

<sup>10</sup> El Clima en Peligro. Op. Cit 36.

Por el contrario, todo el S de Europa (cuenca mediterránea, mar Negro y Cáucaso) recibiría menores precipitaciones medias, especialmente toda la Península Ibérica, la Balcánica y el sur de la Itálica, con aumento del riesgo de incendios forestales, cambios en los ecosistemas, incluidos los de las montañas mediterráneas, y afecciones negativas en la agricultura. Tanto la cuenca mediterránea como los Alpes, en parte también incluidos en esta cuenca, son considerados “puntos calientes” debido a la posible intensidad y efectos negativos del cambio climático, que en las montañas se materializaría en disminución del espesor y duración de la cubierta nival, reducción de los glaciares (incluso posible desaparición de aquellos de pequeño tamaño como los de los Pirineos españoles y franceses) y menor aportación de caudal de los ríos que tienen su origen en estas zonas, de gran importancia, pues son los más caudalosos de la cuenca mediterránea (Ródano, Po, Ebro...). Hemos de señalar también la posible aparición de malaria en algunas zonas del SE del Continente.

También es destacable la afección de la posible subida del nivel del mar a grandes ciudades situadas en la costa o estuarios de ríos importantes, prácticamente al nivel del mar o ligeramente por encima (por debajo en el caso de las holandesas) que se verían afectadas por esta subida y quedarían en una situación de mayor vulnerabilidad ante episodios de temporal, mareas vivas o mareas asociadas al paso de borrascas profundas. Serían los ejemplos de Londres, Hamburgo, Venecia, Estambul, y el caso especial de Rotterdam o Amsterdam.

#### **EL CUARTO INFORME DEL IPCC**

Publicado en 2007, a la espera de que se publique de forma completa el quinto informe, es el más reciente de los concluidos, Consta de cuatro volúmenes, tres correspondientes a los tres grupos de trabajo:

- 1.(GT.1): valora los aspectos físico – científicos del sistema climático y del cambio climático
- 2.(GT. 2): estudia la vulnerabilidad de los sistemas socioeconómicos y naturales al cambio climático, los impactos positivos y negativos y las opciones de adaptación.
3. (GT.3): incluye opciones de mitigación mediante la disminución de las emisiones de gases de efecto invernadero así como de iniciativas para reducir su presencia en la atmósfera.
4. Síntesis: resume las conclusiones de los anteriores y recoge temas que conciernen a responsables políticos.

En él se recogen una serie de resultados que se consideran concluyentes, pero también se reconoce que hay una serie de incertidumbres que vienen a poner de manifiesto lo mucho que todavía se desconoce de la complejísima maquinaria climática y sus interrelaciones con

otros componentes del planeta, tanto naturales como antrópicos (corrientes marinas, dinamismo de los ecosistemas, producción vegetal, sistemas agrarios, transformación de bosques, extensión del regadío, actividades industriales, etc.)

Sobre los cambios observados en el clima y sus causas se recoge:

-Las principales **conclusiones** son:

·El calentamiento es inequívoco en las temperaturas medias del aire y del mar y se refleja en mayor fusión de nieve y hielo.

·Los cambios observados en ecosistemas de los cinco continentes son coherentes con el calentamiento señalado.

·Entre 1970 y 2004 las emisiones de gases de efecto invernadero han aumentado un 70% su potencial de calentamiento global.

·Las concentraciones de gases de efecto invernadero como el metano (CH<sub>4</sub>), óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) y dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) son más elevadas de lo que eran antes de la industrialización.

-Las principales **incertidumbres** son:

·Existen muchas regiones del planeta con escasos datos climáticos, por lo que los estudios evolutivos son difíciles o imposibles.

·Analizar tendencias de fenómenos extremos es difícil, pues es necesario disponer de datos y observaciones detalladas durante periodos largos.

·Es difícil prever las consecuencias del cambio climático sobre las personas y los sistemas naturales, porque siempre hay una adaptabilidad a los cambios (en ocasiones difícil de valorar y predecir) y existe influencia de muchos otros factores interconectados.

·Es difícil identificar con seguridad los factores que están influyendo en la variabilidad térmica, pues factores como la contaminación, cambios en los usos de la tierra, urbanización, etc, pueden influir en las tendencias.

·Existen incertidumbres sobre la proporción de emisiones de CO<sub>2</sub> por cambios en los usos de la tierra y de emisiones de metano.

Sobre las causas y proyecciones de los futuros cambios climáticos y sus efectos se recoge:

Las principales **conclusiones** son:

·Las emisiones de gases de efecto invernadero seguirán creciendo, a menos que se pongan en marcha políticas de reducción y de desarrollo sostenible.

- Se prevé un calentamiento de 0.2 por década durante los próximos 20 años, aunque hay diferentes escenarios considerados por el IPCC.

- Se esperan cambios mayores en el siglo XXI que los observados en el XX.

- El calentamiento será mayor en la tierra que en el mar, y especialmente en las latitudes altas del hemisferio norte.

- Cuanto más se calienta el planeta menos CO<sub>2</sub> puede absorber de forma natural.

- El calentamiento y la elevación del nivel del mar seguirían durante siglos incluso si se estabilizan los niveles de gases de efecto invernadero en la atmósfera, debido al retardo entre causa y efecto.

- Si las concentraciones de gases de efecto invernadero se doblan respecto a los niveles preindustriales es probable que el aumento de las temperaturas medias sea superior a 1.5.

Las principales **incertidumbres** son:

- Sobre el grado de calentamiento a largo plazo según el nivel de gases de efecto invernadero

- Sobre el grado y ritmo de emisiones que será necesario para asegurar un nivel específico de concentración de gases de efecto invernadero.

- Sobre el impacto de los aerosoles y la importancia de ciertas retroalimentaciones como la generación de nubes (mayor nubosidad ayuda a mantener el calor en la superficie de la tierra pero también refleja más radiación solar al espacio), la absorción de calor de los océanos y su influencia en las corrientes, etc.

- Sobre la intensidad y rapidez de la fusión del hielo de Groenlandia y su influencia en la elevación del nivel del mar.

- Las proyecciones de los impactos más allá de 2050 son muy diferentes según los escenarios y modelos utilizados.

Sobre las respuestas al cambio climático

Las principales **conclusiones** son:

- Se está produciendo ya una cierta adaptación planificada, pero es necesario hacer más para reducir la vulnerabilidad.

- Un cambio climático no mitigado a largo plazo probablemente excederá la capacidad de adaptación de las personas y de los sistemas naturales.

- Ya hay tecnologías disponibles para disminuir el impacto del cambio climático, o lo estarán en breve, pero se necesita más inversión para mejorar su efectividad y reducir su coste.

- El potencial económico de la mitigación es suficiente para compensar el crecimiento previsto de emisiones.

- Una mitigación temprana permite reducir o evitar sus impactos, mientras una reducción tardía aumenta los impactos de rango más intenso. Es importante implementar el desarrollo sostenible incluso en sectores aparentemente no ligados al cambio climático.

Las principales **incertidumbres** son:

- Limitada comprensión sobre cómo los planificadores del desarrollo deben incorporar el factor clima en sus decisiones.

- Los pasos para una adaptación efectiva son muy específicos dependiendo de circunstancias políticas, geográficas o financieras, por lo que es muy difícil valorar sus limitaciones.

- La estimación de los costes y del potencial de mitigación dependen de lo que se asuma para el futuro sobre el crecimiento socioeconómico, cambios tecnológicos, patrones de consumo, etc.

- Se desconoce en buena medida la influencia sobre las emisiones de políticas no relacionadas directamente con el clima.

## LA NECESIDAD DE ADAPTACIÓN

Independientemente de la discusión científica sobre el origen del cambio climático, cada vez va tomando más fuerza la necesidad de desarrollar e implementar medidas destinadas a la mitigación del calentamiento y a una adaptación que aminore sus efectos sobre la sociedad.

El concepto *adaptación* hace referencia a la reducción de los impactos potenciales a través de medidas que minimicen los daños. También se utiliza en ocasiones el concepto *mitigación*, que no es exactamente sinónimo, pues se refiere a la reducción de los impactos potenciales mediante la ralentización del propio proceso de cambio climático. Ambos conceptos suelen ir alineados con la consideración de que el principal causante del cambio climático son los gases de efecto invernadero de origen antrópico, algo que no concita el acuerdo de la comunidad científica.

Si atendemos a esta línea de pensamiento, estabilizar la concentración de gases de efecto invernadero en la atmósfera necesita un punto de inflexión a partir del cual las emisiones han de disminuir. La Unión Europea se ha fijado como límite un calentamiento global de 2º pues considera que dentro de este límite sería posible la adaptación con esfuerzos y costes asumibles. Eso significa que habría que estabilizar la presencia de CO<sub>2</sub> en niveles inferiores a 550 ppm, para lo que el punto de inflexión debería ser inmediato (anterior a 2015), lo que no parece que esté ocurriendo, aunque el IPCC afirma que niveles de estabilización aceptables se podrían alcanzar en fechas no muy lejanas con las tecnologías existentes o con otras que podrían estar dentro de pocos años.

Las medidas encaminadas a la reducción de las emisiones de gases de invernadero tendrían, además de consecuencias positivas sobre el clima, efectos favorables sobre la salud humana al disminuir la contaminación, y sinergias positivas para el desarrollo sostenible, especialmente en los países menos avanzados.

La vinculación entre cambio climático y emisiones de CO<sub>2</sub>, en buena medida procedentes del sector energético y de transporte, hace que en las medidas de adaptación vayan encaminadas principalmente a estos sectores:

La demanda energética en el mundo no cesa de aumentar, aunque el porcentaje que representan los combustibles fósiles sobre la energía consumida va disminuyendo progresivamente, mientras aumentan otras procedencias como la nuclear, biomasa, hidroeléctrica o eólica. De forma paralela, muchos países quieren incrementar la garantía en el abastecimiento energético diversificando fuentes energéticas, orígenes del petróleo y gas importado (algo relacionado con la inestabilidad política de muchos de los principales productores de estos recursos). Los países avanzados no están dispuestos a perder calidad de vida, en buena medida apoyada en una energía asequible, y los países en desarrollo aspiran a alcanzar niveles similares de bienestar, por lo que incidir en este sector se considera clave. Hay todavía bastante margen en la racionalización del consumo energético, como: iluminación pública y privada de bajo consumo, adecuados aislamientos en hogares y centros de trabajo, electrodomésticos ahorradores, procesos industriales eficientes energéticamente, niveles de climatización razonables y con tecnologías de bajo consumo, etc. Muchos de ellos se relacionan con otros sectores como el diseño, la ingeniería o la construcción.

De forma similar, el sector de transportes no deja de crecer tanto por vía terrestre como aérea y marítima y también aquí son muchos los países en vías de desarrollo que están incrementando de forma acelerada su parque automovilístico privado. Buena parte del consumo de combustibles fósiles del sector energético va encaminado a satisfacer la demanda del sector del transporte, y también aquí hay un cierto margen de racionalización del consumo con medidas como motores más eficientes, que pueden ser híbridos, uso de

biocombustibles, mejora de la oferta de transporte público o cambios en los hábitos de uso del transporte privado. También su eficiencia se relaciona con otros sectores como la ingeniería o el urbanismo.

Lo que parece que será una realidad a corto y medio plazo es la creciente demanda de energía por los países emergentes y el progresivo desplazamiento en la utilización de fuentes de energía fósiles por otras más limpias, lo que puede provocar tensiones aumentando las posibilidades tanto de cooperación como de confrontación<sup>11</sup>

## LA CUMBRE SOBRE EL CLIMA DE VARSOVIA

En noviembre de 2013 se reunieron en la capital polaca delegaciones de casi 200 países en una nueva ronda de conversaciones para forjar un nuevo acuerdo mundial sobre el cambio climático con la mirada puesta en el futuro acuerdo de París de 2015 (que entrará en vigor en 2020).

Poco antes de la cumbre Japón anunció que renunciaba a sus anteriores planes de reducción de emisiones un 25% respecto a las de 1990, sustituyéndolos por un objetivo de aumento del 3%. La razón es que el terremoto y tsunami que afectaron a Fukushima le obliga a cambiar su política energética haciéndola más dependiente del carbón y gas natural.

La UE mantiene su compromiso de reducción de las emisiones un 20% para 2020 (respecto a 1990) pero dado que ya las ha reducido un 18% por la crisis, algunas delegaciones han hablado de “ambición cero”. Otros países han hecho público su escepticismo ante el cambio climático, como Australia, mientras Canadá y Rusia se han desmarcado de la hoja de ruta de Kyoto II.

Con estas circunstancias tampoco se puede olvidar que Polonia, el país anfitrión tiene y defiende un modelo energético basado en el carbón, del que es un gran productor y cuenta con importantes reservas. Produce el 90% de la electricidad polaca y el país se alinea en Europa con los que más se resisten a reducir las emisiones de gases.

Por su parte los países en vías de desarrollo quieren compromisos más claros para favorecer economías bajas en carbono y algunos quieren resucitar el fondo de “daños y perjuicios” que algunos interpretan como una compensación por la intensidad de fenómenos climáticos relacionados con el calentamiento.

El resultado de la cumbre muchos lo calificaron de tibio o incluso de escaso. Se sustituyó el término “compromiso” de reducción de las emisiones por el de “contribuciones”, algo que

---

<sup>11</sup> García Sánchez I.J. El Cambio climático: implicaciones para la seguridad y la defensa. Cuadernos de Estrategia N 150. IEEE, Ministerio de Defensa, 2011.

no cubre las expectativas de la UE pero contenta a los países emergentes (especialmente India y China), mientras otros países menos desarrollados como Bangladesh y Bolivia mostraron su decepción. La comisaria europea de Acción por el Clima, Connie Hedegaard, reconoció que ha sido muy difícil llegar a un acuerdo durante la cumbre, pero destacó la importancia de haber consensuado un calendario para que los países presenten sus objetivos de reducción de emisiones antes de la Conferencia de París, en 2015.

Como era de esperar, la organización habló de éxito, pero los acuerdos peligraron por la tensión de algunos momentos, aunque se llegó a última hora a algunos compromisos, entre los que destacan:

- Los gobiernos se comprometen a presentar de forma clara y transparente sus contribuciones.

- Se comprometen a cerrar la brecha entre lo que se habían comprometido hasta la fecha y lo que se requiere para mantener el aumento de la temperatura media por debajo de 2º antes de que entre en vigor en 2020 el nuevo acuerdo.

- Los gobiernos acelerarán la implementación de políticas y tecnologías racionales.

- Se reconoce la urgencia de apoyar a los pueblos afectados por los impactos del cambio climático. Se establece el "Mecanismo de Varsovia" que se ocupará de las pérdidas y daños producidos.

- Se toman decisiones para reducir las emisiones procedentes de la deforestación.

## CONCLUSIONES Y OPINIÓN

El concepto de cambio climático sigue siendo polémico, pues se vincula directamente con un calentamiento climático de origen antrópico. Además, y debido a la propia naturaleza dinámica y evolutiva del concepto clima, nos parece más adecuado hablar de calentamiento global como un hecho real producido a lo largo del siglo XX y cuyo origen puede ser natural, antrópico o una combinación de ambos. El concepto calentamiento global es indiscutible desde el punto de vista científico, mientras que la ambigüedad del concepto de cambio climático, discusión sobre sus orígenes e incertidumbres sobre sus consecuencias explica que en ocasiones se utilice sin suficiente rigor.

Aunque se intenta transmitir a la opinión pública la relación directa entre emisiones de gases de efecto invernadero de origen antrópico y calentamiento global, no hay acuerdo en la comunidad científica sobre ella, pues hay corrientes de pensamiento discrepantes de la opinión del IPCC e incluso directamente contrarias a la demonización del CO<sub>2</sub> como causante de alteraciones y catástrofes climáticas. A nuestro juicio, sin negar la influencia del ser

humano en el comportamiento climático, creemos que en los últimos años se ha tendido a exagerar en detrimento de los poderosos mecanismos naturales (actividad solar, cambios orbitales, emisiones y sumideros de gases de invernadero naturales e incluso una posible aleatoriedad).

Continúa habiendo muchas incertidumbres sobre el comportamiento del clima a lo largo del siglo XXI. Los informes del IPCC hablan de una elevación de las temperaturas medias que dependerá de los niveles de gases de efecto invernadero existentes en la atmósfera. No obstante, la amplitud de las incertidumbres hace que muchos científicos y técnicos se muestren escépticos sobre la capacidad de calcular el calentamiento del clima de una forma realista. Estos cálculos se basan en los valores medios de un determinado periodo de tiempo (normalmente 30 años), por lo que un cambio en el propio periodo elegido para ser tomado como referencia ya hace que estos valores de referencia varíen.

El protocolo de Kyoto muestra un aparente compromiso por parte de muchos países para reducir las emisiones de gases de invernadero, pero no es un instrumento eficaz para lograrlo, pues no dispone de herramientas coercitivas o punitivas y los acuerdos se hicieron de forma que no fueran muy exigentes para casi nadie. En ese momento los países en vías de desarrollo, algunos aumentando notablemente sus emisiones de gases de invernadero, se negaron a ser los más afectados por las reducciones argumentando que según la teoría del IPCC son los países desarrollados los principales causantes del efecto invernadero, y por lo tanto ellos no deberían ser los perjudicados por sobrecostes en la energía o en las tecnologías. Se trata de un argumento sólido si se acepta dicha teoría, por lo que la situación es de difícil solución: países desarrollados que no van a disminuir su nivel de vida, realizando en todo caso, adaptaciones, y países en desarrollo que aspiran a disfrutar de niveles de vida elevados con modelos energéticos y de transporte similares.

Independientemente de la discusión sobre el origen del calentamiento global, a los países desarrollados y en vías de desarrollo les interesa disminuir su dependencia de los combustibles fósiles, muchos de ellos importados de zonas de gran inestabilidad política, de países de escaso o nulo nivel democrático y frecuentemente poco respetuosos con los Derechos Humanos. Para ello es necesario ir reduciendo la participación de éstos en el "mix" energético. La "demonización" del CO<sub>2</sub> y la asociación de sus emisiones con el consumo de estos combustibles puede ser útil para ir reeducando ciertos comportamientos sociales hacia este objetivo, aunque no haya acuerdo científico sobre esta relación. En ocasiones la disminución de esta dependencia se realiza aumentando el uso de carbón, bastante abundante en muchas regiones del mundo, pero también combustible fósil con emisiones importantes no sólo de CO<sub>2</sub> sino de elementos contaminantes.

Se ha observado que la temperatura media del planeta ha aumentado (y puede seguir haciéndolo a lo largo del siglo XXI) pues el clima es y seguirá siendo un fenómeno dinámico.

Por lo tanto implementar políticas de mitigación y adaptación, parece adecuado, siempre que cuenten con una cierta flexibilidad. Esta flexibilidad se justifica por las grandes incertidumbres que se tienen sobre muchos elementos como fenómenos extremos, nivel del mar, corrientes marinas, cantidad y régimen de precipitaciones, especialmente en algunas regiones del mundo.

Es difícil llegar a acuerdos internacionales vinculantes sobre reducciones efectivas de emisiones de gases de efecto invernadero. Hay intereses muy contrapuestos entre países desarrollados y en vías de desarrollo, otros que se muestran claramente escépticos ante el cambio climático, otros que, de seguir el calentamiento global, saldrían beneficiados, y otros muchos que oficialmente reconocen la necesidad de limitar las emisiones, pero que a la hora de desarrollar políticas efectivas de reducción se muestran reticentes, por diferentes motivos. Entre ellos podemos destacar aquellos que cuentan con importantes reservas de carbón y que no quieren desvincular su desarrollo con la utilización de ésta fuente de energía.

i

*Javier del Valle Melendo\***Doctor en Geografía**Máster en Educación Ambiental**Profesor Ingeniería del Medio Ambiente*

**BIBLIOGRAFÍA CITADA**

- ASCASO A., CASALS M. Vocabulario de términos meteorológicos y ciencias afines. Instituto Nacional de Meteorología. Madrid. 1986
- El Clima en Peligro. Guía del Cuarto Informe del IPCC. Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino. Madrid 2009.
- GARCÍA SÁNCHEZ I.J. El Cambio climático: implicaciones para la seguridad y la defensa. Cuadernos de Estrategia N 150. Instituto de Estudios Estratégicos. Ministerio de Defensa, 2011.
- URIARTE CANTOLLA A. El Alarmismo climático: en defensa del CO<sub>2</sub>, Lurralde 2008.

---

**\*NOTA:** Las ideas contenidas en los *Documentos de Opinión* son de responsabilidad de sus autores, sin que reflejen, necesariamente, el pensamiento del IEEE o del Ministerio de Defensa.