

# Cambio climático (Resumen)/ Climate change (Summary)

## 1. Ideas fundamentales/Main ideas

El clima de Tierra es un sistema físico complejo y complicado que es difícil de describir a largo plazo, pero que está en continuo cambio y evolución desde que la Tierra se formó. Así la atmósfera actual es muy diferente a la atmósfera de la Tierra hace unos 5000 millones de años. Está determinado, entre otros factores por: la cantidad de radiación solar que recibe la atmósfera, la presencia de “gases de efecto invernadero” (dióxido de carbono, metano, . . . ), vapor de agua, la inclinación del eje de la Tierra (que determina las estaciones en las latitudes medias), la actividad e intensidad biológica (metabolismo y fotosíntesis) y geológica, los movimientos de las corrientes marinas y oceánicas, los movimientos de las masas de aire, y otros factores adicionales según algunos científicos (tales como el campo magnético terrestre). El estudio del clima del pasado y el que puede producirse en el futuro se llama Paleoclimatología.

El efecto invernadero no es en sí mismo un problema para el calentamiento global o “global warming”, ya que, de hecho, el efecto invernadero es un fenómeno que permite la vida en la Tierra. Sin el efecto producido por los gases de efecto invernadero, la temperatura de la Tierra estaría en torno a los cero grados centígrados. El verdadero problema del “global warming” se debe a que el calentamiento derivado de la sobreproducción de gases como el dióxido de carbono se produce demasiado rápido como para que la Tierra pueda captarlo sin perjuicio para toda la Biosfera y el planeta entero. Así el mar se está acidificando, los patrones de emigración de ciertas especies está cambiando, el clima se está extremando en diversos puntos del planeta, y se está produciendo la liberación de metano atrapado desde hace cientos de miles de años en las profundidades de la tundra. Además, el hielo de los glaciares de ciertas regiones y en otros lugares el clima se está viendo modificado radicalmente. El clima siempre varía y no es ése el factor problemático

porque el clima de la Tierra ha cambiado ya en el pasado, el problema es que el cambio del clima provoque una nueva extinción masiva de especies y nos afecte a nosotros también colateralmente, como consecuencia de nuestra propia acción sobre los ecosistemas.

En el clima de la Tierra, ciertos sucesos pueden causar un cambio abrupto o repentino del clima. Una lista no exhaustiva incluye: la pérdida de hielo del Ártico, la fusión del hielo Groenlandia y de la parte Occidental de la Antártida, pérdida del “permafrost” (hielo permanente que hay en la superficie de Siberia, Canadá) y la tundra provocando la liberación del metano atrapado desde hace milenios (el metano genera en 3 y 4 veces más efecto invernadero que el dióxido de carbono), destrucción del bosque amazónico o de los bosques continentales, desplazamiento del monzón africano, cambios caóticos en la estabilidad de los monzones de la zona de la India, cambios de frecuencia o amplitud en el fenómeno de El Niño (que provoca la variación de los huracanes y tormentas tropicales en la costa Atlántica de Norteamérica), cambio en la formación y circulación de las corrientes oceánicas como la corriente del Golfo (Gulf Stream), cambios en la formación y circulación de agua en el continente antártico.

Existen evidencias científicas de que la actividad humana derivada de la Revolución Industrial está acelerando y cambiando los ritmos usuales con los que el clima cambia. Por ejemplo, algunos modelos predicen que la Corriente del Golfo (Gulf Stream) podría invertirse y generar una glaciación en el hemisferio norte si la temperatura media sube unos cuantos grados más en el próximo medio siglo o siglo. Ello también generaría un cambio en la circulación de las corrientes oceánicas, reguladas entre otros factores por la denominada circulación termohalina (es decir, los cambios en la salinidad del agua de mar afectan al flujo de las corrientes en el mar, y este factor puede cambiar debido a la acidificación del agua como consecuencia de que los océanos absorban más  $CO_2$  y metano-u otros gases- que los que deberían de forma natural). Sin embargo, esta hipótesis científica del calentamiento global es cuestionada y discutida también por otros científicos que señalan que no hay evidencias significativas aún. Ciertos científicos destacan que no hay registros climáticos precisos desde hace más de 120-150 años, que los factores que afectan al clima no están en absoluto comprendidos por completo y que las predicciones y modelos climáticos son altamente imprecisos debido a la intrínseca complejidad (no-linealidad) de las simulaciones computacionales. El clima se describe por una dinámica con ecuaciones que sufre del llamado “efecto mariposa” / “butterfly effect” (también llamado “caos determinista”): “El aleteo de una mariposa en Beijing(Pekín) genera un tornado en Texas”.

Para controlar las emisiones de gases de efecto invernadero se han establecido tratados internacionales como el protocolo de Kyoto. La importancia de dicho tratado es la siguiente. Se estableció que el compromiso sería de obligatorio cumplimiento cuando lo ratificasen los países industrializados responsables de, al menos, un 55 % de las emisiones de  $CO_2$ . Con la ratificación de Rusia en noviembre de 2004, después de conseguir que la UE pague la reconversión industrial, así como la modernización de sus instalaciones, en especial las petroleras, el protocolo ha entrado en vigor. Aunque más allá de su vigencia, todavía no hay un sustituto de este tratado aunque se ha discutido cómo seguir en la conferencia de Bali (2012). Además del cumplimiento que estos países (Rusia, UE,...) han hecho en cuanto a la emisión de gases de efecto invernadero se promovió también la generación de un desarrollo sostenible, de tal forma que se utilice energías no convencionales y así disminuya el calentamiento global. Es preciso señalar que esto no significa que cada país deba reducir sus emisiones de gases regulados en un 5 % como mínimo, sino que éste es un porcentaje a nivel global y, por el contrario, cada país obligado por Kioto tiene sus propios porcentajes de emisión que debe disminuir para reducir la contaminación global. Caso de no cumplirlos, debemos pagar y “comprar” derechos de emisión a otros países. España es un país miembro de la UE y por tanto ha firmado el protocolo de Kioto. Sin embargo, el modelo energético español no es eficiente ni sostenible. Todavía gran parte de nuestra energía es de origen fósil (centrales térmicas y combustión de hidrocarburos). Aproximadamente, entre un 20 y 25 (el último informe energético la cifra en un 21 %) por ciento de la energía producida en España es de origen nuclear (hay 8 reactores nucleares operativos en la actualidad) y un 33 % es energía procedente de fuentes renovables.

El cambio climático está provocando y provocará cambios en las principales economías del planeta. El clima es algo global y su cambio afecta globalmente, también en los ecosistemas, en las sociedades y a nivel de la vida diaria. Para reducir las emisiones de gases es necesario cambiar el modelo energético actual basado esencialmente en los hidrocarburos o combustibles fósiles. Sin embargo, a pesar de lo que generalmente escuchamos de organizaciones ecologistas, no hay alternativas energéticas actuales abundantes a la industria del petróleo. De hecho, la única alternativa viable cuya tecnología es conocida es la energía nuclear (tanto de fisión como la de fusión que se pondrá a prueba comercialmente en el experimento ITER, International Thermonuclear Experimental Reactor). Por supuesto, el problema de la energía nuclear son el almacenamiento de los residuos radioactivos y el riesgo de accidentes nucleares como el de Chernóbil o Fukushima. La energía

solar y otras alternativas renovables como la eólica, geotérmica, biomasa, hidroeléctrica... no permiten en la actualidad sostener la actividad industrial planetaria totalmente. No son tan eficientes como la energía nuclear. Además, si se hace la transición al coche eléctrico o incluso al híbrido, será necesario sacar la energía de alguna parte. Sólo con energías renovables (cuya eficiencia y captación no son aún perfeccionadas) no puede mantenerse el modelo de consumo actual.

Ha habido en el pasado 5 grandes extinciones masivas en este planeta, la cuestión es ¿está el Ser Humano poniendo las bases para su propia extinción? ¿Podemos evitar las devastadoras consecuencias de un cambio climático y un calentamiento global acelerado debida a la acción humana? ¿Es real el propio calentamiento global/cambio climático o es realmente un periodo transitorio de calentamiento deducido de una mala extrapolación de los datos y no considerar los datos climáticos que no tenemos registrados precisamente en el pasado? ¿Qué se puede hacer para evitar las consecuencias dramáticas derivadas del calentamiento global? ¿Se hace ya todo lo posible? Estas preguntas son muy complicadas de responder por la gran cantidad de factores que intervienen en las soluciones de dichas cuestiones. Para contener las emisiones se propone cambiar el modelo energético y de consumo, construir sistemas para captar los gases de efecto invernadero y almacenarlos en el subsuelo, y otras soluciones más o menos “difíciles” según el momento económico e histórico y científico que vivimos en la actualidad.

## 2. Palabras clave/Keywords

Calentamiento global/Global warming, cambio climático / Climate Change, efecto invernadero, efecto mariposa, clima, energías renovables, energía nuclear, extinciones masivas, protocolo de Kioto, Corriente del Golfo (Gulf Stream), fluctuaciones/variaciones de la temperatura media del planeta, permafrost, metano,  $CO_2$ , fotosíntesis, metabolismo, actividad biológica, Revolución Industrial, hidrocarburos, combustibles fósiles, hipótesis científica, método científico, El Niño, Biosfera, ecosistema, desarrollo sostenible, ITER, modelos energéticos y económicos alternativos, variaciones en los patrones de migración de las especies, glaciares, Paleoclimatología, corriente termohalina, producción y consumo de energía en España.