

El mayor cambio climático de la historia de la humanidad

Extracto de "En la espiral de la energía" de Ramón Fernández Durán y Luis González Reyes

La temperatura del planeta ya subido ya alrededor de 1°C desde la etapa preindustrial. Un incremento de 1°C puede parecer muy poco, considerando que entre el día y la noche o a lo largo de las estaciones las variaciones de temperatura son mucho mayores. Sin embargo, las implicaciones para el equilibrio climático de esta "pequeña" variación son muy grandes. Por lo tanto, el símil más apropiado sería lo que le ocurre al cuerpo humano cuando su temperatura se incrementa de 37°C a 38°C.

Los cambios climáticos son una constante en la historia de la Tierra. Desde hace un millón de años, los periodos glaciares pasaron a durar unos 100.000 años y los interglaciares unos 10.000-15.000 años, condicionados por la excentricidad, la inclinación axial y la precesión de la órbita terrestre. Estos cambios producen variaciones en la distribución geográfica y estacional de la radiación solar, que generan pequeños cambios en la temperatura. Después, el sistema-Tierra amplifica estas variaciones: mayores temperaturas deshuelan amplias capas, que liberan superficies más oscuras, que absorben más radiación y, con ello, incrementan el calentamiento planetario. Además, el suelo y el océano, con mayores temperaturas, liberan más CO₂ y CH₄ (metano), cuyas propiedades como GEI incrementan la temperatura global.

Sin embargo, hoy en día los cambios en la órbita terrestre no son los factores que rigen el cambio climático en curso, sino que son las emisiones humanas de gases de efecto invernadero (GEI)¹, que están disparando los dos bucles de realimentación positiva descritos anteriormente y varios más que explicaremos. Las concentraciones de CO₂, CH₄ y N₂O han subido hasta niveles sin precedentes en, por lo menos, los últimos 800.000 años.

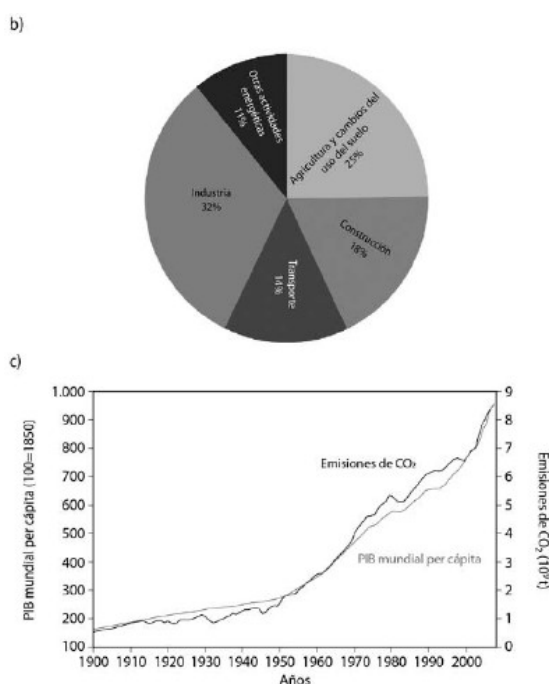


Figura 1: b) Emisiones de GEI por sectores en el mundo en 2010. c) Emisiones mundiales de CO₂ y evolución del PIB mundial per cápita.

1 Los GEI generados por la economía humana son: dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), ozono (O₃), clorofluorocarbonados (CFC) y otros (PFC, SF₆).

Entre los GEI destaca el CO_2 . Proviene de la quema de combustibles fósiles y de la desaparición de bosques fruto sobre todo de la extensión agraria. El incremento del CH_4 se origina fundamentalmente del fuerte aumento del ganado en los últimos cincuenta años, aunque también contribuyen la expansión de los arrozales, la degradación de la materia orgánica en los vertederos y el uso de gas natural. La emisión de N_2O corresponde principalmente a la utilización de abonos químicos en la agricultura industrializada. En resumen, detrás del cambio climático están la utilización masiva de los combustibles fósiles desde la Revolución Industrial, pero especialmente tras la II Guerra Mundial y, en menor medida, la agricultura industrial (figura 1b). Ambos son elementos centrales del crecimiento capitalista (figura 1c).

Un 70-80% del cambio climático es atribuible históricamente a los Estados más enriquecidos (EEUU, UE, Japón). Además, entre 2002 y 2008, un 48% de las emisiones chinas fueron por la producción de bienes para la exportación con destino fundamental a esos mismos países enriquecidos. Todo esto con fuertes diferencias en cuanto a la responsabilidad como causantes de este fenómeno dentro de cada sociedad, pues el consumo energético no es igual según las clases sociales.

Los bucles de realimentación positivos y sus implicaciones

Una de las claves fundamentales del sistema climático es su complejidad, que le hace comportarse de forma no lineal. Por una parte, predominan los procesos de realimentación positiva, en los que los efectos amplifican las causas una vez pasado un determinado umbral. Por ejemplo, los sumideros de carbono pasan a ser emisores netos. Por otra parte, el sistema climático contiene elementos que retardan las variaciones climáticas. Es el caso de los océanos o las regiones heladas, que absorben una parte sustancial del aumento de la energía en la Tierra como consecuencia del incremento del efecto invernadero. También que el CO_2 emitido tarda 25-35 años hasta que tiene su máximo potencial de efecto invernadero.

Acidificación de los océanos y pérdida de su potencial amortiguador

El océano ha disuelto alrededor del 30% del CO_2 emitido, lo que ha causado su acidificación. De este modo, el pH de la superficie oceánica ha bajado 0,1 desde el inicio de la Revolución Industrial (figura 2) y seguirá haciéndolo.

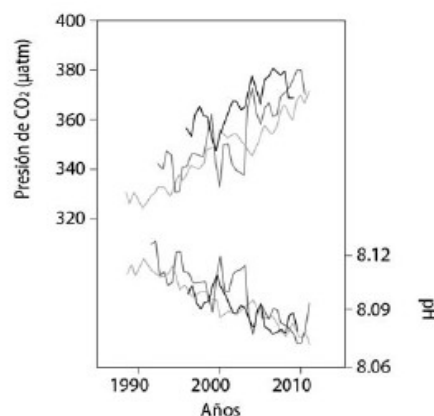


Figura 2: Concentración de CO_2 en la superficie oceánica y pH.

Los principales afectados por la acidificación son los arrecifes de coral y el fitoplancton, que está en la base de la cadena trófica marina. Pero las consecuencias van más allá de la vida marina: al reducirse la fijación de CO_2 que realizan el plancton y distintos seres vivos en forma

de conchas o corales se acelera el calentamiento global.

La absorción marina de parte del CO₂ atmosférico no será indefinida: conforme el océano se calienta disminuirá la solubilidad del CO₂ y podría empezar a liberarlo a la atmósfera activando un bucle de realimentación positivo.

Por otro lado, más del 60% del incremento de energía neta de la Tierra como consecuencia del aumento del efecto invernadero entre 1971 y 2010 ha sido absorbido por la capa superior de los océanos (hasta 700 m de profundidad) y un 30% en las capas profundas. De este modo, hasta ahora el océano ha servido como un amortiguador del cambio climático debido a su gran inercia térmica (cuesta mucho calentarlo): ha hecho que la temperatura de la atmósfera haya aumentado menos de lo que debería haberlo hecho atendiendo a la concentración de GEI existentes. Este potencial amortiguador se irá terminando.

Incremento del nivel del mar y de los fenómenos meteorológicos extremos

El aumento del nivel del mar desde mediados del siglo XIX ha sido mayor que la media durante los dos milenios anteriores. Este proceso es consecuencia sobre todo de la expansión térmica de los océanos por su calentamiento y, en segundo lugar, del deshielo de los glaciares (sobre todo de Groenlandia). En función de distintos escenarios proyectados, en 2081-2100 el mar habrá aumentado 0,26-0,98 m respecto al periodo 1986-2005. Pero, si se contempla la incidencia de la fusión de la mitad de los glaciares de Groenlandia y de la Antártida occidental, el nivel del mar subiría 6-7 m. Si las masas de hielo en tierra se fundiesen en su totalidad, el aumento del nivel del mar llegaría a superar los 75-80 m. Actualmente, más de 400 millones de personas viven en costas a menos de 5 m sobre el nivel del mar y más de 1.000 millones a menos de 25 m.

Además de la expansión térmica del océano, el calentamiento puede conllevar el colapso de los ecosistemas marinos: por encima de cierto nivel de temperatura oceánica habría una extinción masiva de algas. Las algas son claves también para el clima, pues fijan importantes cantidades de CO₂ y crean nubes blancas que reflejan la luz del sol, por lo que con su extinción se activaría otro bucle de realimentación positivo.

En las últimas décadas, los fenómenos meteorológicos extremos han pasado a producirse cada 20 años en lugar de cada 100. Cuando hablamos de fenómenos meteorológicos extremos nos referimos a:

- i) Episodios de temperaturas muy cálidas.
- ii) Ciclones, tifones y huracanes tropicales más intensos. Las consecuencias de los huracanes exceden las capacidades incluso de países como EEUU, como mostró el Katrina y son devastadores en las Periferias, como ejemplificó el tifón Haiyan en Filipinas (2013).
- iii) Cambio en el patrón de precipitaciones. Al haber más evaporación del agua como consecuencia del incremento en las temperaturas, lloverá más en algunas zonas. En general, en las regiones más húmedas están creciendo las precipitaciones y en las más secas, disminuyendo. También aumentan las diferencias entre las estaciones secas y húmedas. Se están expandiendo las regiones secas y cálidas subtropicales, lo que afecta especialmente al sur de EEUU, el Mediterráneo, Sudamérica (sobre todo el altiplano), el norte de China, el sur de África y el sur de Australia.

La subida del nivel del mar y el cambio de patrones de precipitación son los dos fenómenos climáticos que están incidiendo más en el aumento de las migraciones por causas ambientales² y de la conflictividad intra e interestatal.

2 El éxodo de migrantes ambientales es de 25-50 millones, más que el de refugiadas/os de guerra desde 1999.

Deshielo de glaciares y de aguas marinas

Los glaciares se están fundiendo cada vez más rápido. Una de las causas fundamentales de esta aceleración es que en Groenlandia y la Antártida el agua que se descongela en superficie cae por grietas a la base del glaciar formando una película sobre la que flota el hielo, con lo que se acelera su migración hacia el mar y hacia zonas de menor altura. Otra es que las aguas marinas más cálidas y el mayor nivel del mar aceleran la fusión de los glaciares costeros. El hielo antártico ha podido iniciar ya su colapso irreversible.

La pérdida de hielo también se está produciendo en la gran superficie marina helada ártica (figura 3) empujado, entre otros factores, por el hecho de que en el polo norte la temperatura está aumentando a mayor velocidad. Probablemente, el deshielo de esta extensión ya ha pasado el umbral de no retorno.

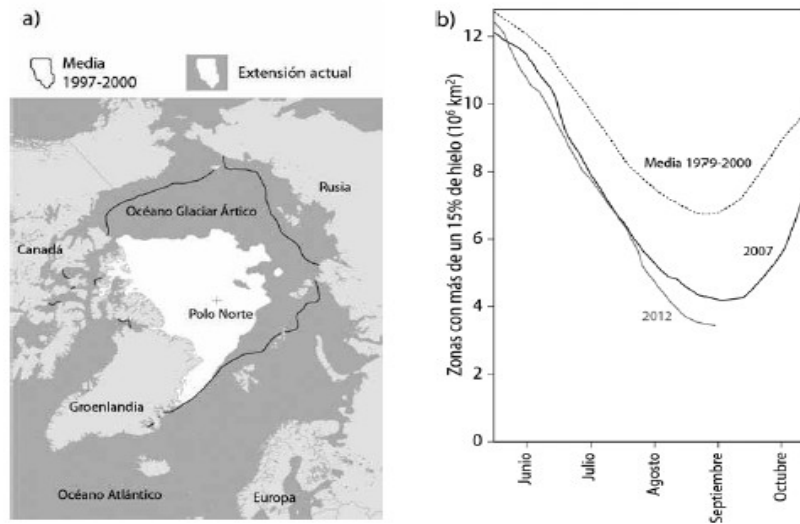


Figura 3: Extensión del hielo ártico en 2012 respecto a la media del periodo 1977-2000.

Este proceso también afecta a la ralentización de la circulación termohalina³. Esto alteraría el clima (*grosso modo*, enfriaría el hemisferio norte y aumentaría más la temperatura del sur respecto a las previsiones de calentamiento general) y reduciría el secuestro oceánico de CO₂ en estas regiones, desencadenando una realimentación positiva del cambio climático.

De este fenómeno podría derivarse la desaparición algunos años del verano en el hemisferio norte. Los impactos serían muy altos, pues la maduración de las cosechas de cereal depende de las altas temperaturas estivales. Este proceso podría ocurrir como consecuencia de que la diferencia de temperaturas entre el ecuador y el polo norte ha disminuido, fruto del más rápido calentamiento de este último. Como consecuencia de la bajada del gradiente, es más frecuente que vientos fríos procedentes del norte penetren más hacia el sur en épocas estivales y produzcan veranos frescos.

El efecto más importante de la desaparición de estas grandes superficies blancas y su sustitución por otras más oscuras (rocas, mar) es la disminución del efecto albedo⁴. Por ello, la fundición de todo este hielo activa un bucle de realimentación positivo fundamental del calentamiento global. Además, desprotegerá parte de la costa de Groenlandia, acelerando el deshielo de sus glaciares. A esto se suma que ya no habrá hielo para absorber parte de la energía solar, lo que redundará en un mayor calentamiento del agua marina. Y, por si esto fuera poco, también permitirá la liberación de grandes cantidades de CH₄ contenido en el lecho

3 La circulación termohalina es fundamental en el clima terrestre. Es un flujo de agua marina relativamente superficial que se calienta en el Pacífico, el Índico y el Atlántico tropical y se enfría en el Atlántico norte.

4 La nieve y las superficies de hielo reflejan el 90% de la radiación solar incidente, mientras que los océanos abiertos o tierras con vegetación reflejan solo aproximadamente el 10%.

marino y en los suelos helados, sobre lo que entramos a continuación.

Deshielo del permafrost y liberación del metano oceánico

El permafrost es el suelo congelado que se encuentra a 0-6 m de profundidad. En el hemisferio norte, el permafrost ocupa el 22-24% de la superficie, más la plataforma continental submarina circumpolar. Estos suelos contienen una cantidad de carbono similar a todo el presente actualmente en la atmósfera en forma de CO₂ y de CH₄, por lo que su liberación supondría otro bucle de realimentación positivo del calentamiento global.

La temperatura del permafrost ha ascendido desde la década de los ochenta, lo que ha producido una reducción en su grosor y extensión. A finales del siglo XXI, el permafrost cercano a la superficie (hasta 3,5 m de profundidad) podrá haber disminuido un 37-81%. Esto está produciendo ya la liberación de CH₄.

También hay ingentes cantidades de CH₄ retenido en los lechos oceánicos. Estas formaciones son estables solo a grandes presiones y bajas temperaturas. Si la temperatura del agua aumenta lo suficiente, el equilibrio puede romperse liberando una gran cantidad de CH₄ en un breve periodo de tiempo.

El sistema suelo-vegetación como emisor neto de CO₂

El suelo ha absorbido cerca del 30% del CO₂ emitido por el ser humano. Sin embargo, al igual que ocurre con el océano, puede llegar un momento en que los suelos se conviertan en emisores netos de GEI y, por lo tanto, aumenten el calentamiento global.

Con un aumento de la temperatura de 2°C, ya habrá disminución en la productividad de las cosechas, un descenso que sería mayor en las regiones tropicales. La figura 4 muestra la conservadora predicción del IPCC (el Panel de científicos/as de Naciones Unidas sobre cambio climático) al respecto. Y todo esto sin incluir el menor acceso a agua potable pues, como hemos visto, aumentará la intensidad y la frecuencia de las sequías, así como la intrusión salina en los acuíferos costeros. Ni el incremento de la erosión fruto de más temporadas secas seguidas de inundaciones. Ni el mayor número de incendios. Ni que el cambio climático está siendo muy rápido, lo que impide que las cosechas se adapten a las nuevas condiciones.

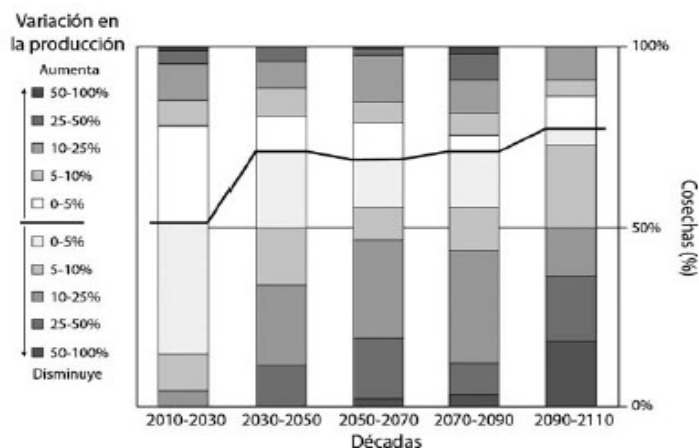


Figura 4: Previsión del porcentaje de las cosechas que modifican su productividad conforme avanza el calentamiento global.

¿Cuáles pueden ser los nuevos equilibrios climáticos?

El CO₂ debe ser reducido a, como mucho, 350 ppm⁵, pero probablemente incluso menos. Esto permitiría que no se activen (o lo hagan de forma mínima) muchos de los bucles de realimentación positivos que hemos descrito⁶ y situaría el incremento de temperatura por debajo de 1,5°C respecto a los valores preindustriales. Además, así los impactos del cambio climático serían más fácilmente asumibles. Para conseguir esta concentración de CO₂ en la atmósfera, una opción hubiera sido que en 2013 las emisiones mundiales de GEI hubiesen empezado a reducirse un 6% al año⁷ (que es mucho), junto a un fuerte plan de reforestación. Esto permitiría que la concentración de CO₂ bajara hasta 350 ppm a final de siglo (actualmente están alrededor de las 400 ppm). Pero si la reducción empezase en 2020, la vuelta a 350 ppm no tendría lugar antes de 2300 (*sic*) por las inercias climáticas.

En el caso de que se activen los bucles de realimentación positiva, el planeta podría deslizarse hacia otra nueva situación de equilibrio climático unos grados por encima de la actual. ¿Cuál podría ser esta situación? Una posibilidad sería semejante al Plioceno (hace 3-5 millones de años). Entonces la concentración de CO₂ osciló entre 365 y 415 ppm, la temperatura media era entre 2-4°C superior a la actual. Esto hizo que, a pesar de que la intensidad de la radiación solar era menor que en el presente, el nivel del mar fuese 5-40 m más alto. Otro posible nuevo punto de equilibrio sería el Máximo Térmico del Paleoceno-Eoceno de hace 55,9-55,0 millones de años. En él el planeta no tenía hielo, el nivel del mar era 75 m más alto que ahora y la temperatura subió unos 6°C. El 50% de las especies se extinguieron por el calentamiento y la acidificación de los océanos.

No es posible afirmar categóricamente que se haya superado, ni que no se haya hecho, el umbral de estabilidad del sistema climático de la Tierra, pasado el cual evolucionaría inevitablemente hacia un nuevo punto de equilibrio en el que amplios territorios no serían habitables por el ser humano.

5 ppm es el acrónimo de partes por millón, una forma de medir la concentración.

6 Algunos de los límites de seguridad para no disparar varios de los bucles de realimentación: deshielo ártico, 1,11°C; liberación de los hidratos de metano árticos, 1,33°C; deshielo de los glaciares de Groenlandia y la Antártida, 1,43°C; deshielo del permafrost, 1,54°C; acidificación del océano, 455 ppm de CO₂.

7 En el periodo 1980-2000 las emisiones provenientes de combustibles fósiles aumentaron un 1,5%/año, pero en 2000-2012 el ritmo fue del 3%.