

RENEWABLE ENERGY AND CLIMATE CHANGE: THE HUMAN GROWING LIMITS, DESTROYING OR ACCELERATING A NATURAL PROCESS?

Rodríguez Muñoz, Jenifer; Delgado Calín, Ginés
Universidad Politécnica de Cartagena

One of the motivations for a quick implementation of renewable technologies and energy efficiency projects is the climate change, indeed the global warming consequences that the greenhouse gases create. This paper show that the combination of anthropogenic climate change with natural processes (solar radiation, magnetic earth fields, volcanos, etc.) may deliver an acceleration and multiply the results even in a contradictory way (glaciation versus warming). To understand the interactions, this paper review among others, the effect of the glaciers melting in the Gulf Stream that is foreseen to produce a glacial period with dramatic effects.

It is important to broadcast all the current theories and the consequences forecasting related with climate change to encourage and spread the culture about energy efficiency and renewable energies in order to foster the urgency about implementing politics that allow the Research and quick development of renewables that must be not only measured and quantify in the short term profit-earning capacity but all projects should be asses considering the planet effects and the long and medium terms effects.

Keywords: renewable; energy; climate; glaciation

ENERGÍAS RENOVABLES Y CAMBIO CLIMÁTICO: LOS LÍMITES DEL CRECIMIENTO HUMANO, ¿DESTRUYENDO O ACELERANDO UN PROCESO NATURAL?

Una de las motivaciones para una rápida implementación de proyectos de energías renovables y de eficiencia energética es evitar el cambio climático, es decir, los efectos del calentamiento global del planeta provocado por los gases de efecto invernadero. Esta ponencia muestra que la combinación de los efectos humanos con otros factores naturales (radiación solar, magnetosfera terrestre, volcanes, etc.) puede hacer que los efectos previstos por efecto invernadero se multipliquen y aceleren incluso de una manera incluso inesperada (glaciación versus calentamiento). Para entender estas interacciones, hay que revisar entre otros, el efecto del deshielo en la corriente del golfo que produciría un ciclo de glaciación con graves consecuencias. Es por tanto muy importante difundir todas las teorías y predicciones con sus consecuencias relacionadas con el cambio climático para incentivar y extender la cultura de la eficiencia energética y así fundamentar la urgencia de la implementación de políticas energéticas sobre investigación y rápido desarrollo de energías renovables que no solo midan los efectos económicos a corto plazo sino los efectos a nivel planetario y a largo y medio plazo.

Palabras clave: energías; renovables; clima; glaciación

Correspondencia: Gines Delgado Calin - gines.delgado@upct.es

Agradecimientos: Jenifer Rodríguez Muñoz

1. Introducción

El efecto invernadero: Se habla del “efecto invernadero” como una consecuencia implícita de la contaminación humana. El efecto invernadero como proceso, consiste en un sobrecalentamiento de la temperatura de la tierra debido al “rebote” del calor producido por la superficie con los gases de efecto invernadero presentes en la atmósfera. Este efecto permite unas condiciones óptimas para la vida en la tierra debido a que consigue que exista una temperatura media de 15 °C, por encima de los -18°C, conocido este valor como temperatura efectiva de radiación terrestre.

Vemos que es un proceso resultado de la naturaleza intrínseca de los gases de efecto invernadero presentes naturalmente en la atmósfera por lo que se ha dado desde que el planeta la posee, hace aproximadamente 3000 millones de años, y no como resultado de la acción antropogénica.

En todo caso, el efecto invernadero es motivo del calentamiento global y el cambio climático ya que es el aumento de los gases invernadero lo que incrementa la absorción de calor y a su vez genera los cambios.

Los gases involucrados en el efecto invernadero: Los gases de efecto invernadero principales son el vapor de agua, presente en muy alta proporción y el dióxido de carbono (CO₂), liberado en procesos naturales como la respiración o en erupciones volcánicas aunque, actualmente, y mediante la acción industrial, hemos alcanzado un aumento de la concentración de CO₂ de un 43%. Además del dióxido de carbono y el vapor de agua está el metano (CH₄), más activo que el CO₂, y el óxido nitroso (NO₂), gas invernadero muy potente producido principalmente por el uso de fertilizantes, la quema de combustibles fósiles o la producción de ácido nítrico.

En la figura 1 aparece representada la relación de cada molécula de gas con la radiación que absorbe cada una de ellas. Vemos que, tanto el óxido nitroso como el metano, tienen significativos picos de absorción de radiación en el espectro infrarrojo, lo que implica importantes emisiones de calor, además, también se puede observar el efecto protector del ozono absorbiendo un amplio rango de radiación ultravioleta, UV.

El CO₂ tiene gran absorción en el rango infrarrojo incluso en longitudes de onda más largas donde alcanza casi el 90%, aunque, al ser la radiación incidente algo menos energética la emisión de radiación que tendrá no lo será tanto en proporción (17 μm) como puede serlo en el metano, CH₄ (2.5 μm); esta diferencia es mínima a nivel molecular pero a escala global se multiplica.

Por último, el vapor de agua; tiene picos de absorción a lo largo de todo el espectro infrarrojo por lo que el efecto de gas invernadero que tendrá será de mayor peso en la contribución total.

En la figura 2, se muestra la suma de los efectos de todos los gases observándose que sólo la radiación de longitud de onda de aproximadamente 7-9 μm y 10-12 μm, denominada “ventana atmosférica”, escapa al espacio.

El vapor de agua es el responsable de las dos terceras partes del efecto invernadero natural; las actividades humanas no añaden vapor de agua a la atmósfera en tanta cantidad como lo hacen con el dióxido de carbono, pero el aire calentado puede retener mucha más humedad, por lo que el aumento de las temperaturas intensifica aún más el cambio climático.

Y aunque el CO₂ esté estigmatizado, no siendo un gas tan influyente como el metano o el vapor de agua en el efecto invernadero, sí que es cierto que mediante numerosos estudios investigadores europeos han constatado que las concentraciones actuales en la atmósfera son mucho más altas ahora que en cualquier otro período de los últimos 650.000 años.

Figura 1. Espectro de absorción en gases de efecto invernadero.

Fuente: <http://meteolab.fis.ucm.es>

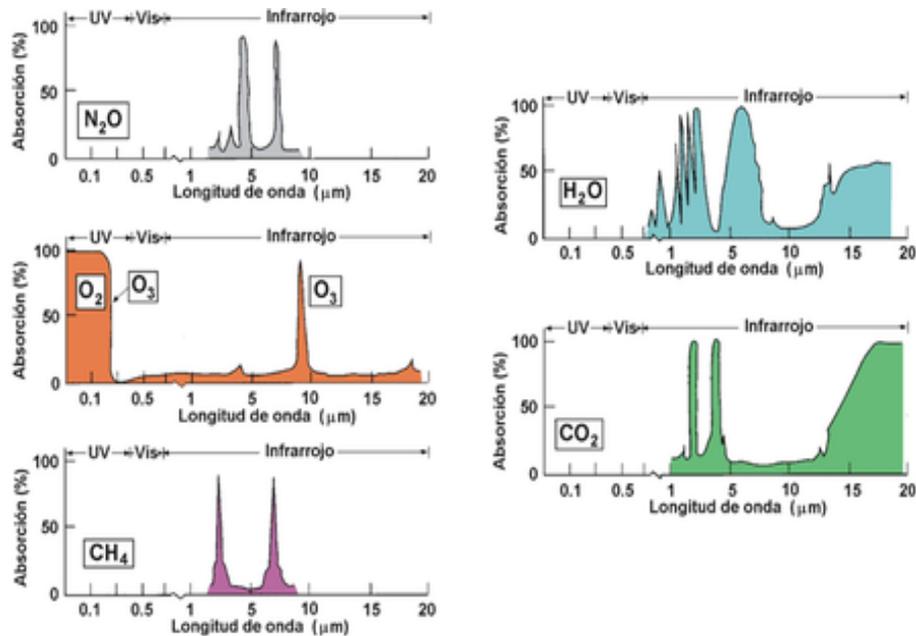
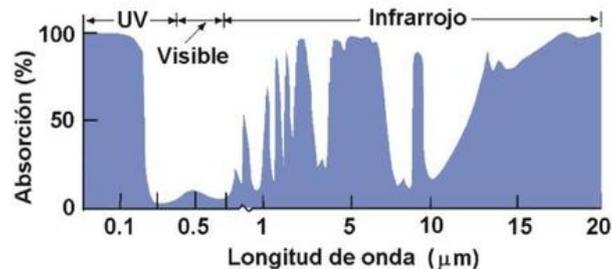


Figura 2. Espectro de absorción total de gases de efecto invernadero.

Fuente: <http://meteolab.fis.ucm.es>



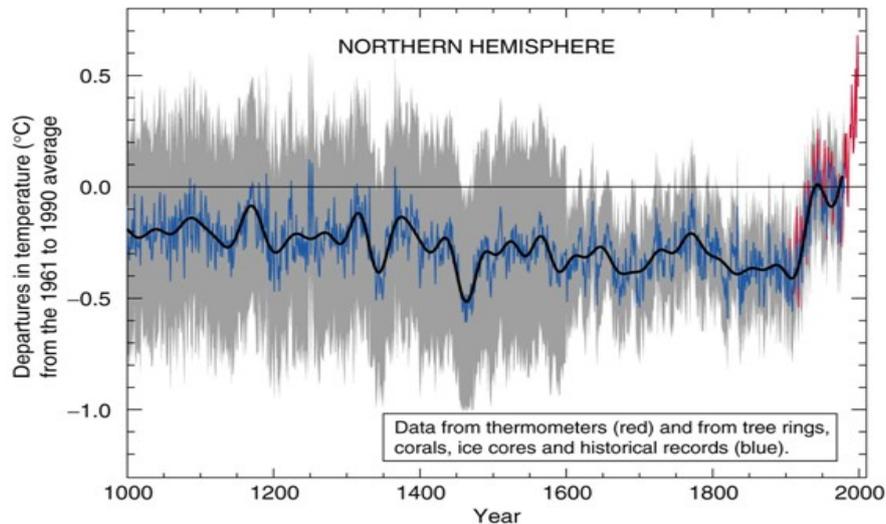
El efecto invernadero y el clima actual: Es un hecho que el efecto invernadero es un proceso natural con la diferencia de que se ha visto peligrosamente potenciado por las emisiones de contaminantes embebidas por los procesos industriales consiguiendo un desequilibrio en las concentraciones de gases de la atmósfera.

Además de estas evidencias, los cambios fuertes en el clima han sucedido en un periodo corto desde el punto de vista geológico, en cuestión de decenas de años, no millones ni miles de años, por lo que se está produciendo una aceleración del cambio climático de manera vertiginosa, así que sería acertado decir que la relación de los cambios que estamos viviendo a nivel climático está directamente influenciado por nuestra actividad.

Nuestro desarrollo es causante directo de la situación que estamos viviendo ahora, más allá de que sea un proceso natural, se está viendo amplificada a gran escala.

Figura 3. Aumento de la temperatura en el hemisferio norte y su relación directa con el aumento de emisiones de NO₂ en grandes núcleos de desarrollo industrial.

Fuente: <http://www.politicsweb.co.za>



Partiendo de dicho efecto invernadero y, producto del cambio climático, tenemos diferentes consecuencias a escala global como es el aumento de la temperatura, que supera cualquier registro hasta la fecha, o el deshielo de los polos a un ritmo desmedido como relación directa con esta subida de temperatura.

Esta última consecuencia de deshielo masivo, sus efectos a nivel climatológico y geográfico, sus repercusiones, así como en las posibles soluciones que estarán en nuestras manos para ponerlas en práctica en un futuro preferiblemente inmediato, son el objeto de esta ponencia.

2. Ártico y Antártico

Cuando hablamos de los casquetes polares o del hielo de los polos hacemos referencia tanto a las reservas de hielo del Ártico, Polo Norte, como del Antártico, Polo Sur. A simple vista son grandes masas de hielo que crecen en invierno y disminuyen en verano y que se acumulan en cada polo geográfico terrestre pero, que estemos hablando del norte o del sur, implica importantes diferencias.

El Ártico es un océano semi-cerrado, por lo que el hielo que se forma ahí no es tan móvil como el antártico, el cual está en mar abierto alrededor del continente, esta poca movilidad provoca que el hielo tenga un ciclo de vida más largo.

El hielo antártico tiende a flotar en dirección norte, donde el agua es menos fría y derrite los grandes bloques formados durante el invierno así, esta región pierde prácticamente toda su extensión de hielo en el periodo cálido, el hielo que bordea al continente, pues la Antártida en sí misma es una vasta superficie terrestre.

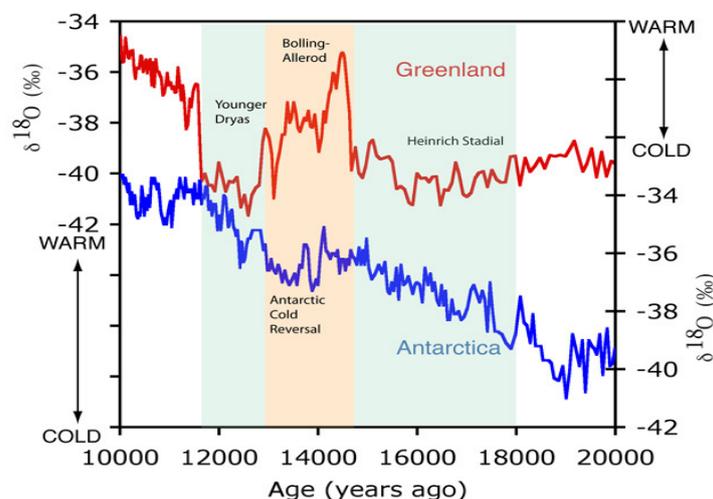
Además, el hecho de que los glaciares se separen, hace que el hielo en la Antártida no tenga la oportunidad de engrosarse tanto como en el Ártico sino que alcanza un nivel que va de 1 a 2 metros, gran diferencia con el ártico que normalmente está cubierto por hielo marino de entre 2 y 3 metros incluso llegando a 4 y 5 metros en algunas regiones.

En los inviernos, el hielo marino antártico no alcanza nunca el Polo Sur debido a la presencia de la Antártida como continente terrestre, por lo que este hielo se extiende solo hasta unos 75° de latitud sur. Sin embargo, el hielo marino ártico puede llegar en extensión hasta el polo Norte donde la energía solar en la superficie es muy baja al incidir en un ángulo más oblicuo, conservándose por mucho más tiempo. (De la Nuez, 2015)

El profesor Thomas Blunier et al. (2013) ideó un método para el estudio científico de los núcleos de hielo de Groenlandia y la Antártida mediante el análisis de los cambios en la cantidad de metano en las burbujas de aire en el hielo con el llamado proyecto NEEM (North Greenland Eemian Ice Drilling). Los cambios en el metano se registran en ambos polos observando una clara relación inversa entre ambas regiones. En la figura 4 se puede observar esta relación de crecimiento inversa entre ártico y antártico.

Figura 4. Relación de temperatura y concentración de isótopos de oxígeno $\delta^{18}O$ analizados en Ártico y Antártico a partir de los cilindros de hielo obtenidos en las perforaciones.

Fuente: <http://www.nature.com>



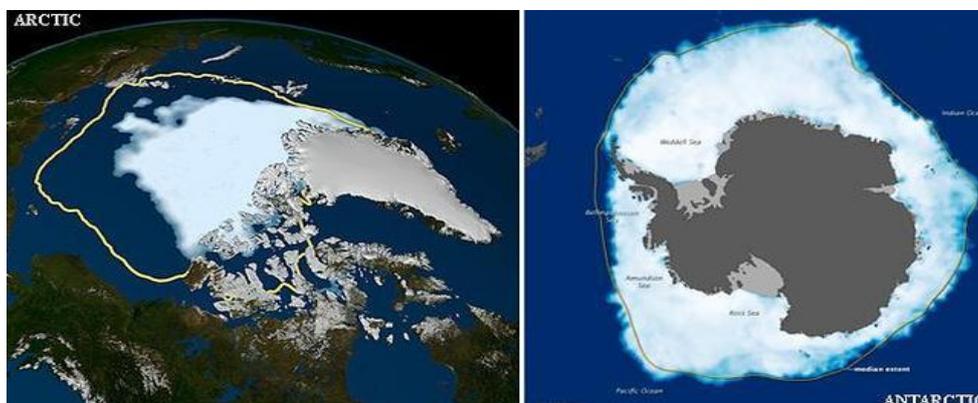
3. Aumento de temperatura y fusión glacial

Si estamos inmersos en un proceso de calentamiento global cabría pensar que las capas de hielo en los polos se están derritiendo pero esta afirmación no es del todo cierta; mientras que sí es correcto que el hielo ártico se derrita a un ritmo vertiginoso, el antártico está en aumento. Y, ¿a qué se debe este hecho?

La NASA demostraba (figura 5) que la extensión de la capa helada en el océano Ártico había alcanzado su mínimo, sin embargo, en la Antártida está ocurriendo algo diferente; la extensión total de hielo alrededor de la misma se ha expandido alrededor de 17.000 kilómetros cuadrados cada año, en contraposición a los 3,40 millones de kilómetros cuadrados por debajo de la media en el Ártico. (Phillips, 2014)

Éste es el efecto de 0,85 °C de calentamiento terrestre promedio por efecto invernadero aunque se estima que este sobrecalentamiento debería alcanzar los 2 °C debido a la enorme inercia térmica del planeta y a que, además, seguimos emitiendo gases de efecto invernadero de manera indiscriminada ya que, habiendo estimado el IPCC (Intergovernmental Panel of Climate Change) y el resto de la comunidad científica que el límite para no superar los 2 °C es de 450ppm, ya se han superado las 400 ppm de concentración de CO₂ en la atmósfera aumentándola 3ppm por año. (De las Heras, 2015)

Figura.5. Imagen por satélite de la NASA de la disminución y aumento respectivos de las extensiones de hielo actuales en el Ártico y el Antártico. Fuente: www.nasa.gov



Subida del nivel del mar: Desde hace unas décadas, y en relación directa a estas elevadas concentraciones de gases de efecto invernadero, numerosos estudios del IPCC predicen que el nivel del mar subirá por encima de la media unos 3 metros, suficientes para afectar a grandes núcleos urbanos como Nueva York, Los Ángeles, Tokio, Buenos Aires, Houston, Londres, El Cairo, o Hong Kong.

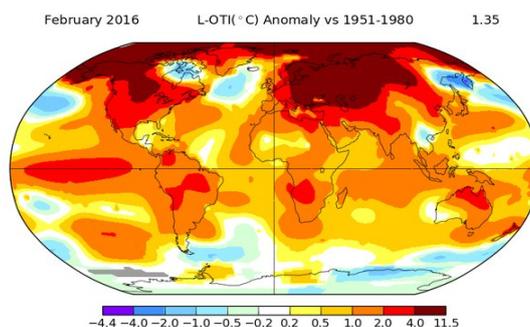
Esta predicción se basa en el periodo Eemiense, un periodo interglaciario, sucedido tras la conocida glaciación de Saale, también conocido como Riss-Würm que data de unos 100.000 años donde, con una temperatura media apenas 1°C más que la prevista actualmente, el nivel del mar subió entre 5 y 9 metros según un estudio de Robinson et al.(2011). Numerosos estudios se basan en las características similares de este periodo y a las condiciones que avocaron a que se produjera para crear modelos de significativa base real de cara a futuras predicciones del comportamiento del clima actual.

Que se estime que la subida del nivel del mar será de unos 3 metros supondrá un tremendo impacto ya que los grandes núcleos urbanos son los principales propulsores de la economía, además habrá un fuerte impacto demográfico ya que gran cantidad de poblaciones deberían emigrar a zonas no afectadas por el ascenso del nivel de los océanos.

Viendo la variación de temperatura (figura 6) y observando cómo reaccionan las masas de hielo polares cabe pensar que el planeta se mantendrá en la tendencia de una temperatura global cada vez más cálida pero puede que no sea así.

Figura 6. Aumento de las temperaturas a nivel global observadas en Febrero de 2016.

Fuente: <http://data.giss.nasa.gov>



Ciclo de glaciación : En paleoclimatología, se conoce como “eventos de Heinrich” a las manifestaciones cíclicas de periodos gélidos que anteceden a los cálidos que ocurren en el planeta en intervalos de entre 10, 15 y 20 000 años con una duración rápida de alrededor de 750 años, éstos provocaban la destrucción y desgranado de grandes extensiones de hielo en el hemisferio norte dando lugar a la formación de numerosos icebergs los cuales depositarían en el fondo del Atlántico grandes cantidades de detritos rocosos. Estudios científicos tienen constancia de 6 de estos eventos, H, es decir, 6 ciclos de Heinrich precedidos normalmente por periodos fríos conocidos como “eventos Dansgaard-Oeschger”, DO. (Uriarte, 2003)

Existen diversos métodos para explicar la causa de estos eventos, la mayoría de las cuales se centran en la actividad de la capa de hielo Laurentino, capa de hielo de hasta 2 km de espesor que existió en el Pleistoceno, más conocido como Edad de Hielo, y que cubría la mayor parte de Canadá y gran parte del norte de Estados Unidos.

La fusión de la misma sería la causante directa de perturbaciones decisivas en el ciclo climático global debidas ellas a la ingente cantidad de agua de baja salinidad vertida al Océano Ártico.

Uno de los experimentos científicos más esclarecedores respecto a la climatología y respuesta del globo y, más concretamente, del hielo ártico, fue el conocido Proyecto de Cilindros de Hielo del Norte de Groenlandia (NGRIP, North Greenland Ice Core Project).

La perforación comenzó en el año 1996 acabando en 2003 al llegar a la base del glaciar. Se encuentra localizada a 75.10 ° N y 42.32 ° W, a una altura de 2.957 m sobre el nivel del mar donde el espesor del hielo es de 3.085 m. (Steffensen et al., 2008)

Con la perforación NGRIP se confirmó una estabilidad en el clima durante el periodo Eemiense. Teniendo en cuenta que el Eemiense fue ligeramente más caliente que el período interglaciar actual se puede hacer cálculas acerca de cómo será la reacción climática en función de la acción de los gases de efecto invernadero en la actualidad.

A partir de los cilindros de hielo extraídos en las perforaciones, se analizaron las muestras de los detritos arrastrados por los icebergs y se obtuvieron los datos del isótopo 18 del oxígeno en valores medios de 50 años.

Durante el período glacial, las capas de hielo del hemisferio norte fueron aumentando pero en los eventos de Heinrich estas capas de hielo liberaron grandes cantidades de agua dulce en el Atlántico Norte. Se supone que estos depósitos de agua dulce redujeron suficientemente la salinidad del océano como para frenar la formación de aguas profundas debido a la alta densidad y, por consiguiente, la circulación termohalina.

4. La corriente del golfo

Si tanto los eventos de Heinrich como los eventos de Dansgaard-Oeschger, el deshielo y aumento masivo del nivel del mar así como disminución drástica de la salinidad como resultado del mismo están bilateralmente relacionados con la corriente termohalina, la amenaza sin precedentes procede entonces de las profundidades oceánicas, en la corriente más influyente del globo; la corriente del Golfo.

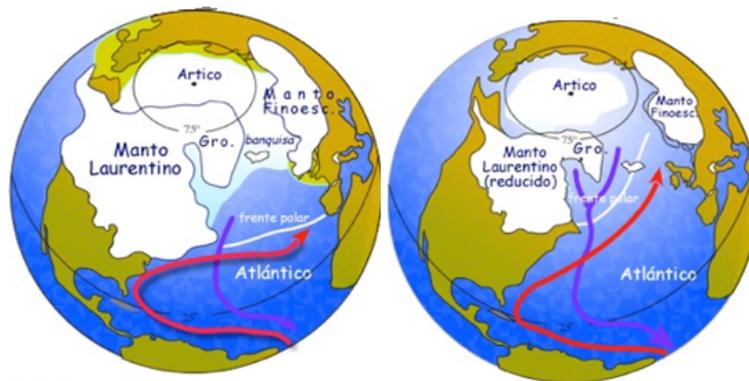
La corriente del Golfo arrastra las aguas cálidas del estrecho de Florida, dirigiéndose a través de la costa este de Norteamérica, hacia zonas del norte comportándose como una gran “cinta transportadora” llevando el calor del trópico hacia los límites del Atlántico Norte suavizando los inviernos europeos.

El punto crítico se encuentra donde la corriente tropical del Golfo se sumerge hacia zonas abisales en el Ártico; cuando entra en contacto con la baja temperatura de las aguas del norte,

pierde parte de su calor latente y como consecuencia se produce la evaporación que lleva consigo un aumento de la salinidad que, a su vez, produce un aumento implícito de la densidad del agua, es esto lo que hace a la corriente más pesada hundiéndola en el océano. (Ulanski, 2012).

Así que, si se desestabiliza este equilibrio, todo el sistema se derrumba.

Figura 7. Diferencia de la circulación termohalina en diferentes periodos; a la izquierda, en periodos fríos y a la derecha en los cálidos (Dansgaard-Oeschger). El trazo rojo se corresponde con la circulación superficial, el morado con la abisal y el blanco con el frente polar. Fuente: <http://www.cambioclimaticoenergia.blogspot.com.es>



La fusión masiva de los icebergs del entorno ártico, que aporta unos 1000 millones de metros cúbicos al océano, produce un aumento del flujo de agua dulce que diluye la concentración del grado de idoneidad de salinidad para el buen funcionamiento de la “cinta transportadora oceánica”. Como consecuencia directa, la densidad del agua se reduce por lo que la corriente no se convertiría en corriente abisal descendiendo hacia el fondo y dejaría al norte de Europa carente del calor que suaviza los gélidos inviernos; la distribución del calor en el globo cambiaría por completo (figura 7), habría ocurrido una paralización severa de la corriente termohalina con consecuencias catastróficas.

Es obvio que para el derretimiento del hielo es necesaria la subida de la temperatura. El efecto invernadero está total y completamente relacionado con este hecho pero, ¿qué más factores estarían causando este aumento en la temperatura o causarían una bajada drástica de la misma en un futuro cercano?

5. Ciclo solar y magnetosfera terrestre

5.1. Cambios en el ciclo solar y temperatura terrestre

El Sol, fuente de calor primigenia, es una estrella mediana de estabilidad normalizada pero mínimos cambios en su intensidad, cambios del 0'1%, manifestados en la actividad magnética, afectarían al clima global.

Los registros indican que la baja actividad solar coincide con épocas de grandes fríos en la Tierra en siglos pasados, los llamados mínimos de Maunder (siglo XVII) y de Dalton (en torno a 1800), conocidos como la Pequeña Edad de hielo que durarían unos 70 años.

Actualmente la actividad solar es muy alta. En el siglo XIX los científicos descubrieron que las manchas solares van y vienen de forma regular en ciclos que duran aproximadamente 11 años, tiempo que tarda la estrella en la inversión de sus polos magnéticos, donde el Sol

alcanzaría su máximo y su mínimo cíclicamente y en el que una abundancia de manchas solares se correspondería con la antesala de su máximo.

En la actualidad nos encontramos en el ciclo solar 24 el cual ya pasó su máximo de actividad solar sobre al año 2000 (figura 8).

Figura 8. Número de manchas solares relacionadas con máximos y mínimos cíclicos.

Fuente: <https://francisthemulenews.wordpress.com/>

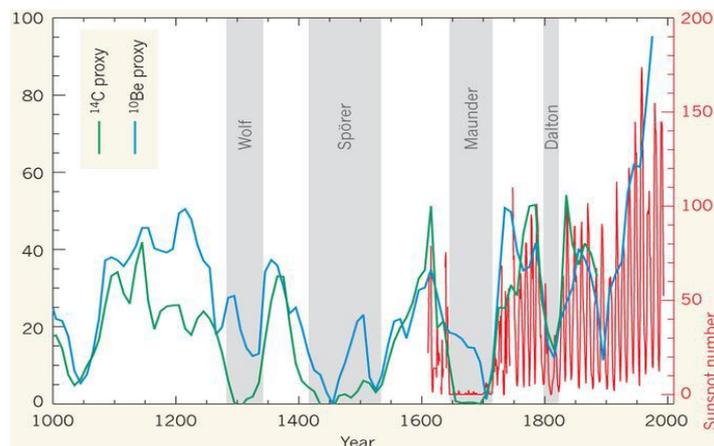
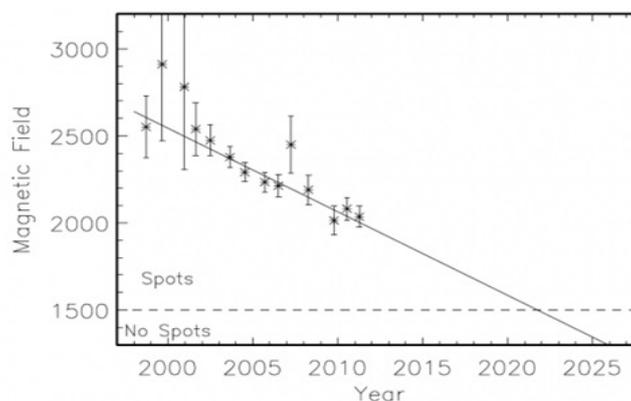


Figura 9. Números de manchas solares observadas en los últimos 12 años que convergen en un descenso de la actividad solar. Fuente: <https://www.nasa.gov>



Cuando llega a este valor crítico, gracias a la acumulación de actividad energética alrededor de las manchas solares, se producen violentas llamaradas vertiendo al espacio cantidades ingentes de energía de valores que van de 10 a 100 keV conocidas como tormentas solares alcanzando a la Tierra al impactar contra su escudo magnético. (Phillips, 2003)

Pues bien, el óxido nítrico creado por dichas partículas solares y rayos cósmicos en la estratosfera y la consiguiente ionización de los gases que la componen puede reducir los niveles de ozono en varios puntos debido a que, como se ha visto anteriormente, el ozono absorbe la radiación UV, por lo que, consecuentemente, implicaría que más rayos UV del Sol pueden llegar a la superficie de la Tierra. (Gerald et al. 2009)

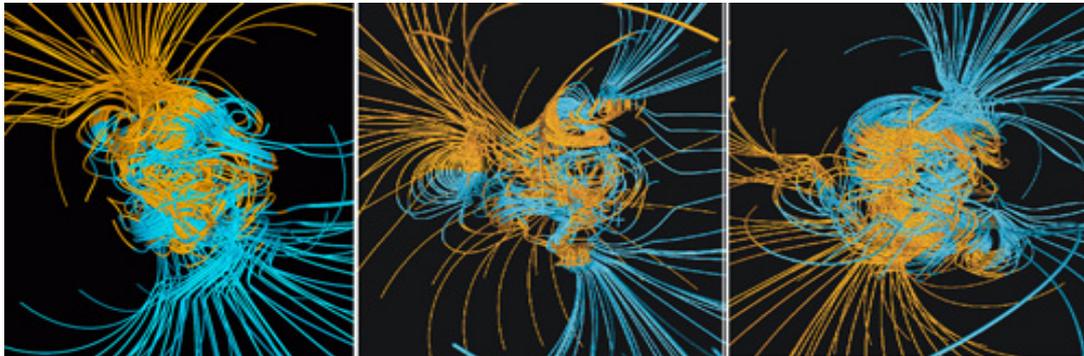
Los niveles de radiación a nivel de la superficie terrestre se incrementarían, aumentando el efecto de rebote de radiación por el efecto invernadero ya existente pero ¿inclusive si la actividad solar desciende para acercarse a un mínimo?

5.2.- Inversión de polos del escudo magnético de la Tierra

El campo magnético de la Tierra es el escudo que nos protege de estas radiaciones y mantiene el hábitat global aislado del espacio manteniéndolo óptimo para la vida.

Se atribuye a un efecto dinamo de circulación de corriente eléctrica debido a la rotación misma del planeta pero su dirección no es constante. Las líneas de fuerza del campo entran en la Tierra por el hemisferio norte desviados unos 11° del eje geométrico y su magnitud varía de 0,3 a 0,6 Gauss. Pero lo interesante relacionado con el campo magnético es que muestras de rocas de diferentes edades en zonas cercanas presentan diferentes direcciones de magnetización permanente y se han llegado a estimar hasta 171 reversiones del campo magnético durante los últimos 71 millones años por lo que se ha calculado que aproximadamente cada 450.000 años los polos magnéticos se invierten (figura 10). (Bassinot et al., 1994). Se ha constatado que el polo norte magnético se está desplazando a gran velocidad. Desde su descubrimiento y primera medición se desplazaba a 15 Km anuales de forma constante pero desde 1989 hasta la actualidad se ha verificado que su velocidad alcanza hasta 65 Km cada año.

Figura 10. Representación de la inversión magnética con las líneas de campo de los polos terrestres. Fuente: <http://www.nature.com/>



Este cambio tiene repercusiones muy importantes a nivel climático dado que produce alteraciones en nuestro planeta con el mismo e incluso mayor nivel de impacto que las producidas por el efecto invernadero.

La preocupación es que si, durante el proceso de inversión de los polos, el campo magnético se debilitara excesivamente perderíamos una grandísima parte de nuestra protección contra la radiación del Sol actuando como una especie de embudo para que la energía alcanzara la superficie. Así que, los hechos son; acabamos de pasar una época de abundancia de manchas solares es decir, un máximo de actividad solar y, por consiguiente, mayor cantidad de irradiancia y radiación ha sido enviada a la Tierra. Además, coincide con que estamos en mitad del proceso de inversión de polos magnéticos que implica un debilitamiento natural de la magnetosfera.

Partiendo de estas premisas, se llega a la conclusión de que estamos ante las condiciones idóneas para que la Tierra se caliente de manera natural por encima de la media y por ciclos naturales ajenos al control humano. Todo esto si nos referenciamos a este mismo momento porque, teniendo en cuenta que el hielo polar se derrite, la circulación termohalina se está ralentizando y el Sol está mermando su actividad para alcanzar su mínimo en el ciclo, ¿es posible que, paradójicamente, el incremento de la temperatura converja en un próximo enfriamiento masivo?

6. La circulación termohalina. Latitudes árticas

El máximo solar, el efecto invernadero y el cambio de polaridad terrestre afectan directamente al hecho de que la temperatura aumente por lo que, por silogismo disyuntivo, afecta también directamente a los casquetes polares y de manera, como ya hemos visto, negativa.

A grosso modo, el proceso pasa de la fusión masiva de hielo polar a la parada de la corriente del Golfo, sumiendo al planeta en un periodo glacial.

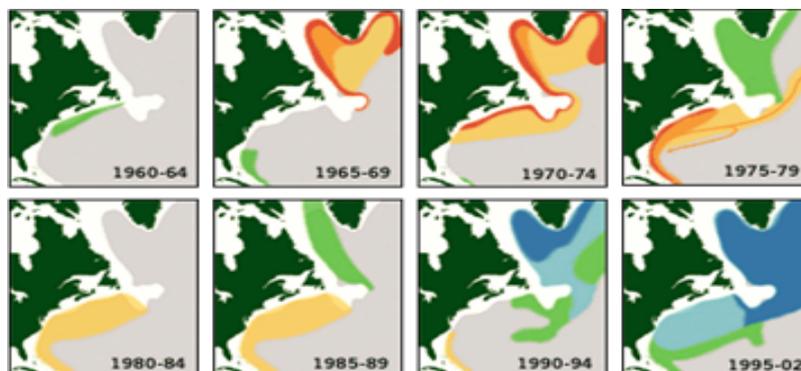
Esta “parada” supone una ralentización de la corriente termohalina porque las concentraciones de agua dulce aumentan o, lo que es lo mismo, la concentración de la salinidad disminuye ya que la corriente es producida por diferencias de densidad; las masas más densas se hunden mientras que las de baja densidad se vuelven corrientes superficiales. Se estima que, a este ritmo, esta parada podría producirse para el año 2030.

6.1. Repercusión del efecto invernadero en los parámetros limitantes

Esta densidad depende de dos variables: la temperatura y la salinidad. La densidad decrece cuando aumenta la temperatura y crece con la salinidad. Cuando la corriente llega al Atlántico Norte, comienza a enfriarse y, a su vez, empieza el aumento de la concentración en la salinidad (figura 11). Además, la formación de hielo congela agua pura, dejando un agua saturada de alta salinidad que se mezcla con el agua oceánica aumentando aún más la concentración lo que produce que estas masas enfriadas descendan a niveles abisales. (Ortiz, 2015)

Se consideran, por tanto, como factores limitantes del equilibrio de la corriente a la temperatura y la salinidad.

Figura. 11. Disminución de salinidad (rojo) y aumento del agua dulce (azul) en costas de latitudes árticas. Fuente: <http://www.whoi.edu/>



Partiendo de que las corrientes marinas actúan como reguladores térmicos, un incremento de agua dulce en la superficie del Atlántico Norte conllevaría a un significativo desequilibrio en la circulación termohalina portadora de gran carga calorífica de valores que rondan miles de gigavatios de energía.

Este hecho ya está sucediendo. Si entramos en este círculo es posible que no seamos capaces de revertirlo o, al menos, ralentizarlo.

Con el efecto del efecto invernadero como interruptor de este proceso, tendremos como resultado un panorama de cambio climático mundial en los próximos siglos; la interrupción de la circulación termohalina provocaría un enfriamiento directo en el norte de Europa y, aunque la inercia calorífica del planeta compensaría inicialmente la pérdida de estos grados, alcanzaríamos el límite de agotamiento de las reservas de gas natural y combustibles fósiles

lo que supondría la reducción de emisiones de efecto invernadero y, por tanto, una disminución del efecto invernadero que, de hecho, no sería conveniente, debido a que haría que el Atlántico Norte se enfriara definitivamente comenzando un periodo de glaciación.

6.2.- Estudios oceanográficos e inminente parada de la circulación termohalina

Para observar todo este proceso se mantienen controladas a tiempo real, mediante varias investigaciones, las variables indicadoras del movimiento de la corriente termohalina citadas anteriormente: la temperatura y la salinidad.

Según un estudio llevado a cabo por Irina Marinov y Raffaele Bernardello (2014), se confirma que actualmente se forman menos corrientes profundas cerca de la Antártida, estudio en el que coinciden Bryden H. L. et al.(2005) cuya investigación demostraba cuantitativamente un descenso abrupto del orden del 30% desde hace medio siglo del caudal de la deriva del Atlántico Norte, la parte de la corriente termohalina que no retoma su camino hacia latitudes ecuatoriales sino que sigue la trayectoria hacia el norte; el caudal de la NAD, corriente de Deriva del Atlántico Norte, pasó de 20 millones de m³ por segundo en 1957 a 14 millones de m³ en 2004. Teniendo en cuenta que el océano Antártico absorbe casi el 60 % del calor producido en la Tierra y alrededor del 40 al 50 % del dióxido de carbono producto de la actividad humana, este proceso es preocupante ya que va a reducir la captación de dicho calor y dióxido de carbono, creando un circuito de retroalimentación que potenciará el cambio climático.

Además, Sirpa Hakkinen (2004) publicó un artículo en la revista Science basado en datos de satélites los cuales afirmaban que existía un descenso del 20% de la circulación en la parte subpolar del Océano Atlántico y, por su parte, el proyecto europeo MOEN (Meridional Overturning Exchange with the Nordic Seas), anunció que los valores obtenidos de las investigaciones de Svein Østerhus (2008) confirmaban una bajada de las masas de agua derivadas de la NAD que circulan a ciertos niveles de profundidad por las costas de Dinamarca.

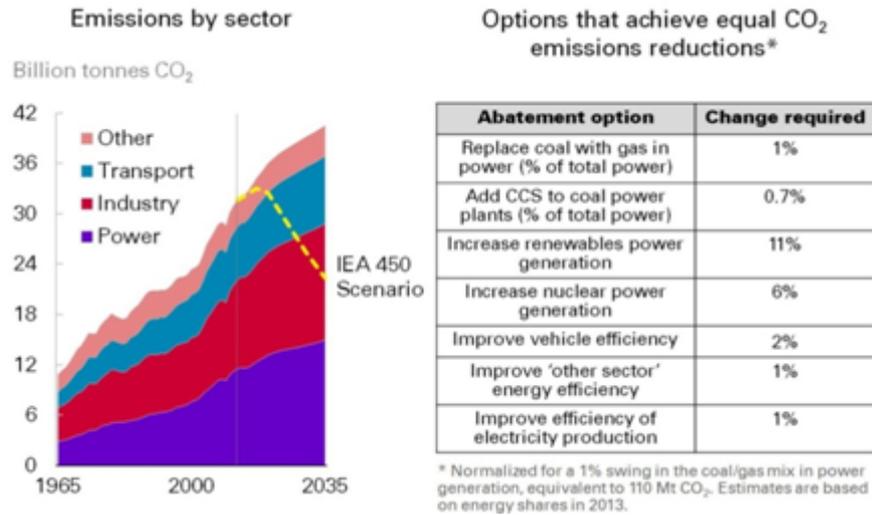
7. La importancia de las energías renovables y la eficiencia para evitar el cambio climático

La importancia de entender bien el cambio climático, los factores que lo gobiernan y sus consecuencias, permiten a los gobiernos, basándose en los informes del IPPC (Intergovernmental Panel on Climate Change) de la ONU y de la comunidad científica sobre cambio climático desarrollar políticas más restrictivas respecto a las emisiones de CO₂. Esto conllevaría una serie de cambios en las medidas financieras, legislativas y tecnológicas, como se muestra en la Figura 12 qué efecto tendrían en las emisiones de CO₂ la implementación de este tipo de medidas en el sector industrial, el transporte y la producción de electricidad. El cambio climático es un factor socio-cultural y político y por tanto es muy volátil, pues conlleva cambios que afectarían la economía, el desarrollo, los hábitos y desarrollo de tecnologías y es difícil de consensuar, pues obliga a que internacionalmente se alineen y prioricen los intereses mundiales sobre los intereses locales. Es lo que se conoce como el riesgo o factor geopolítico, ya que los países productores de los combustibles o de la tecnología pueden influir en estas decisiones influyendo en los precios, en la legislación, haciendo variar así la velocidad de implementación de estas medidas.

Los últimos informes del IPPC sobre cambio climático predicen que a este ritmo en 2040 el planeta se habrá calentado 3,6°C y pone como objetivo que se frene la emisión de CO₂ para

conseguir que solo alcance los 2°C de calentamiento global. Esto significa un límite de 1.000 gigatonnes de CO₂ por año.

Figura 12. Opciones tecnológicas para reducir emisiones de CO₂. Fuente: BP (2015)



8. Conclusiones

Llegados hasta aquí, nos encontramos en un punto en el que, a ciencia cierta, no sabemos qué rumbo tomará el futuro. Infinidad de estudios completamente diferentes convergen en teorías similares y otros, basados en el mismo objeto de estudio, divergen en los resultados.

La cuestión es que tenemos, por un lado, el efecto invernadero como factor interno, la radiación remanente del máximo solar como efecto externo y el proceso de inversión de polos magnéticos terrestres como catalizador de dicha radiación, entre otros muchísimos efectos.

Estos puntos analizados anteriormente coinciden en una repercusión común, que es la corriente termohalina, regulador de la temperatura global de la Tierra.

La idea que queda expresada y que, con estudios científicos, queda avalada es que, ante la controversia actual, nos encontramos, después de todo, con un proceso natural que no es la primera vez que acontece en el planeta. De hecho podemos remitirnos, como hemos visto, a datos de hace miles de millones de años para intentar crear un modelo de estudio que pueda predecir el comportamiento futuro a partir de patrones similares.

Estamos, por tanto, situados en un punto de inflexión donde desconocemos qué límites hemos sobrepasado ya para que nuestra influencia en el planeta sea irreversible o de si la Tierra ha alcanzado ya tal inercia por nuestro ritmo de desarrollo que hayamos conseguido desequilibrar por completo el ciclo natural.

Lo que queda claro es que, si bien el planeta es capaz de autorregularse y hacer frente a unas condiciones no beneficiosas para su ecosfera, la mano humana no ha hecho más que mermar esta capacidad con procesos tan sumamente destructivos como la quema de combustibles fósiles, extracciones tan invasivas como el fracking, la tala indiscriminada, los vertidos químicos a ríos y océanos o la minería industrial y todo ello a gran escala.

La causa raíz de todo este proceso de desarrollo y consumo de recursos naturales es el beneficio económico. La economía está casi total y completamente mantenida por bases de generación de beneficios y desvinculada de la preservación del planeta, además de tener consecuencias directas a otros niveles, como la cada vez mayor incidencia de conflictos políticos, el incremento de enfermedades relacionadas directamente con el índice de contaminantes químicos producidos por nosotros mismos.

COP21. Nuevas expectativas

El reflejo de todo este cambio se materializó recientemente con la cumbre de París 2015, la COP21. A pesar de la conocida presencia de lobbies y representantes de las grandes empresas, los países firmantes se comprometen a hacer esfuerzos por limitar el calentamiento global a 1,5 °C y no a alcanzar el máximo de 2 como se estipuló en Copenhague.

El objetivo principal para alcanzar esta meta es trabajar para conseguir limitar las emisiones de CO₂, incluso compensar estas emisiones con su equitativa absorción de manera que el balance neto sea positivo, mientras que los países mantienen su nivel de crecimiento.

Así, el acuerdo de París se centra en encontrar un balance entre la necesidad de limitar la emisión de gases con el derecho a usar estas fuentes de energía contaminantes de manera que nos encaminemos a una reducción de la intensidad del impacto del cambio climático.

Darnos cuenta de la sinergia entre la acción humana y la naturaleza es vital para el desarrollo global; sustituir los combustibles fósiles por otras fuentes apenas contaminantes o realizar cambios que tengan repercusiones positivas en un futuro, podrían ser medidas, a primera vista, utópicas pero viables para un desarrollo sostenible.

En definitiva, un “desarrollo con conciencia ecológica” donde vayamos de la mano con el ciclo natural, al fin y al cabo, no somos ajenos a él sino que estamos en simbiosis con el mismo, dependemos en nuestra totalidad del soporte en el que vivimos, el planeta, razón para que la máxima de nuestras acciones sea conservarlo.

9. Referencias

Bassinot F. C., Labeyrie L. D., Vincent E., Quidelleur X., Shackleton N. J., Lancelot Y. The astronomical theory of climate and the age of the Brunhes-Matuyama magnetic reversal (1994). *Earth and planetary Science letters*, 126, 91-108.

BP (2015). Energy Outlook 2035 Booklet. <http://bp.com/energyoutlook>

De la Nuez, D. (2015, Febrero 3). 5 grandes diferencias entre el Ártico y el Antártico. *El ciudadano*. Obtenido de <http://www.elciudadano.cl/2015/02/03/143865/5-grandes-diferencias-entre-el-artico-y-el-antartico/>

De las Heras E. (2015, Julio 22). 3 Metros de Subida del Nivel del Mar. *Diario Expansión*. Obtenido de <http://www.expansion.com/blogs/cambioclimatico/2015/07/22/3-metros-de-subida-del-nivel-del-mar.html>

Gerald A. , Arblaster J. M., Matthes K., Sassi F., van Loon H. (2009). Amplifying the Pacific Climate System Response to a Small 11-Year Solar Cycle Forcing. *Science*, 325, 1114-1118.

Ortiz J. C.. (2015). *Introducción a la Oceanografía física*. Colombia: Universidad del Norte.

Phillips Dr.T. Science@NASA (2003, December 29). *Earth's Inconstant Magnetic Field. Our planet's magnetic field is in a constant state of change, say researchers who are beginning to understand how it behaves and why.* http://science.nasa.gov/science-news/science-at-nasa/2003/29dec_magneticfield/.

Phillips Dr. T. (2014, October 28). *El hielo del mar Antártico alcanza un nuevo máximo récord.* http://ciencia.nasa.gov/ciencias-especiales/07oct_antarcticseaice/

Uriarte Cantolla A. (2003). *Historia del clima de la Tierra*. Vitoria-Gasteiz: Gobierno Vasco.