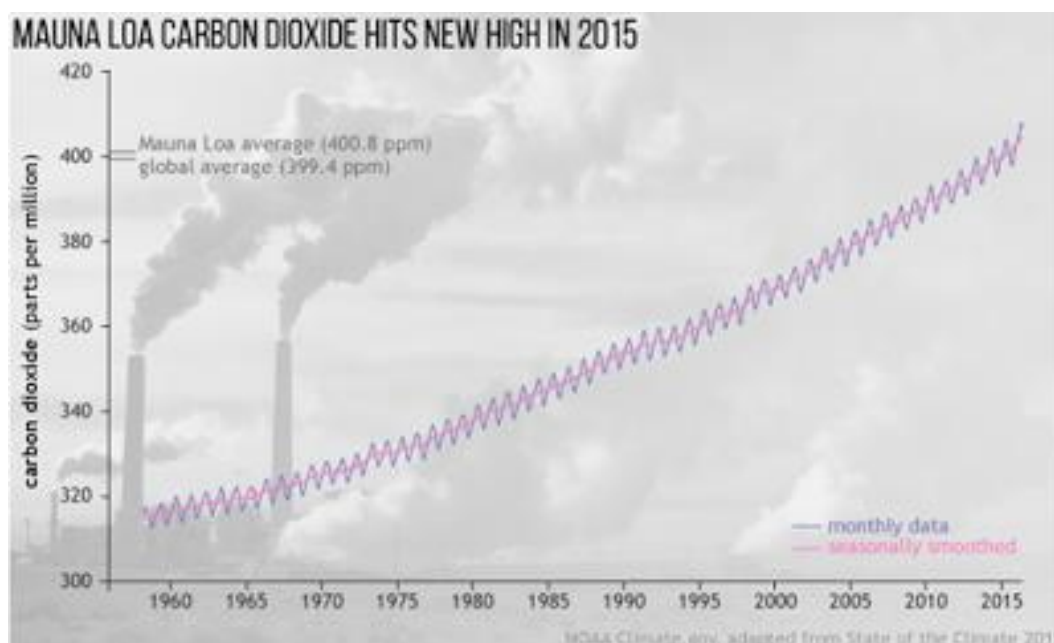


Las fuerzas inexorables de la civilización global en el siglo XXI

En los últimos meses diversas instituciones científicas han presentado informes con resultados que muestran los progresivos cambios que está experimentando la *troposfera* terrestre debido a los emisiones de gases de efecto invernadero principalmente de CO₂, con especial incidencia en la disminución de las masas heladas permanentes del planeta principalmente en el Ártico y los glaciares de montaña.

La institución científica National Oceanic & Atmospheric Administration / NOAA dependiente del Departamento de Comercio de los Estados Unidos, notificó que la tasa de crecimiento anual de CO₂ en el *aire atmosférico* medida en el Observatorio de Mauna Loa, en Hawai, subió en 2015 en tres **partes por millón** (ppm), siendo el mayor incremento anual en 56 años de registros, hasta situarse la concentración de CO₂ en el *aire atmosférico* en 400,8 ppm, un 43% superior a la concentración preindustrial de 280 ppm.



Nota. La gráfica muestra las concentraciones medias mensuales de CO₂ registradas en Mauna Loa desde 1958. Los altibajos de la línea azul oscura muestran la influencia de la vegetación en el hemisferio norte sobre el CO₂, mayor en invierno, y menor en verano, cuando el crecimiento de las plantas elimina el CO₂ del aire. La línea rosa brillante muestra la concentración media anual de CO₂. La tasa de aumento se ha acentuado con el paso del tiempo, habiéndose triplicado, de 0,6 ppm al

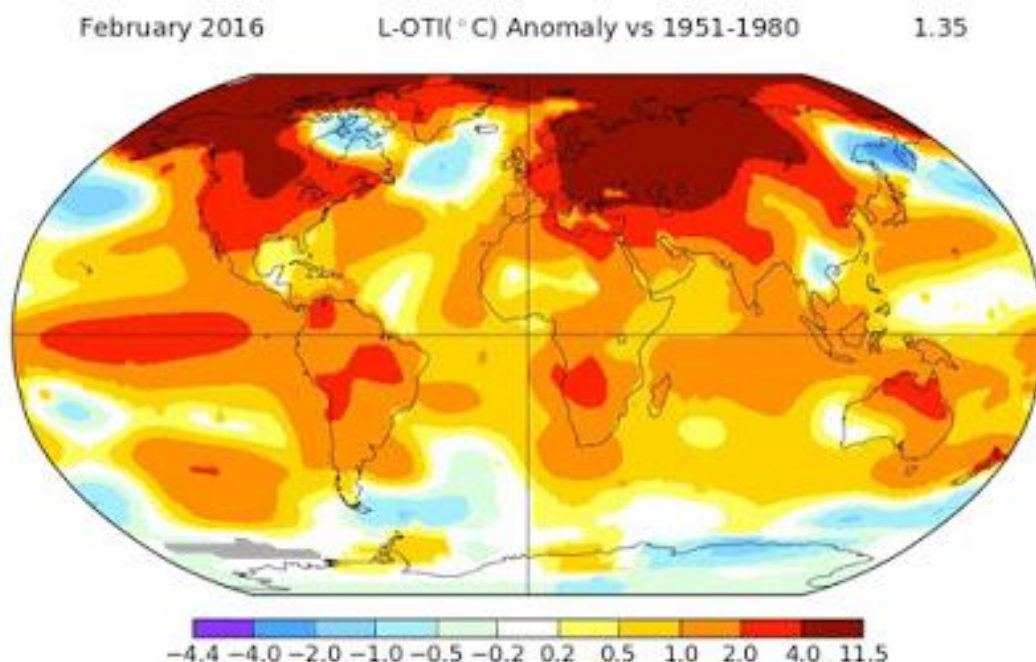
año a principios de los años 60 a un promedio de 2,1 ppm durante los últimos 10 años. Fuente. NOAA.

La concentración de CO₂ y otros gases de efecto invernadero en el *aire atmosférico* tienen una repercusión directa en el aumento de temperaturas debido a la alteración histórica del balance energético de la radiación *entrante* y *saliente* terrestre por el aumento del *efecto invernadero* que impide que la radiación de *onda larga* que emite la Tierra salga al espacio exterior; una radiación que en etapas previas de una menor concentración de CO₂ era *transparente* en el *aire atmosférico*. Esta radiación que queda atrapada en la *troposfera*, según el informe del Estado del Clima 2015 de la WMO, suponía *forzar* un aumento radiativo de 1,94 vatios de energía por metro², siendo el CO₂ en un 60% responsable del *forzamiento radiativo* de todos los gases de efecto invernadero.

Debido a la correspondencia existente entre *menor* temperatura y *mayor* longitud de onda radiativa terrestre, los ambientes más fríos son los que experimentan un mayor incremento relativo del *forzamiento radiativo*, pues al actuar los gases de efecto invernadero en la *troposfera* como una red que estrecha sus ventanas en la medida que la concentración de estos gases aumenta, las longitudes de onda radiativa más *largas* son las primeras en dejar de ser *transparentes* en el *aire atmosférico*.

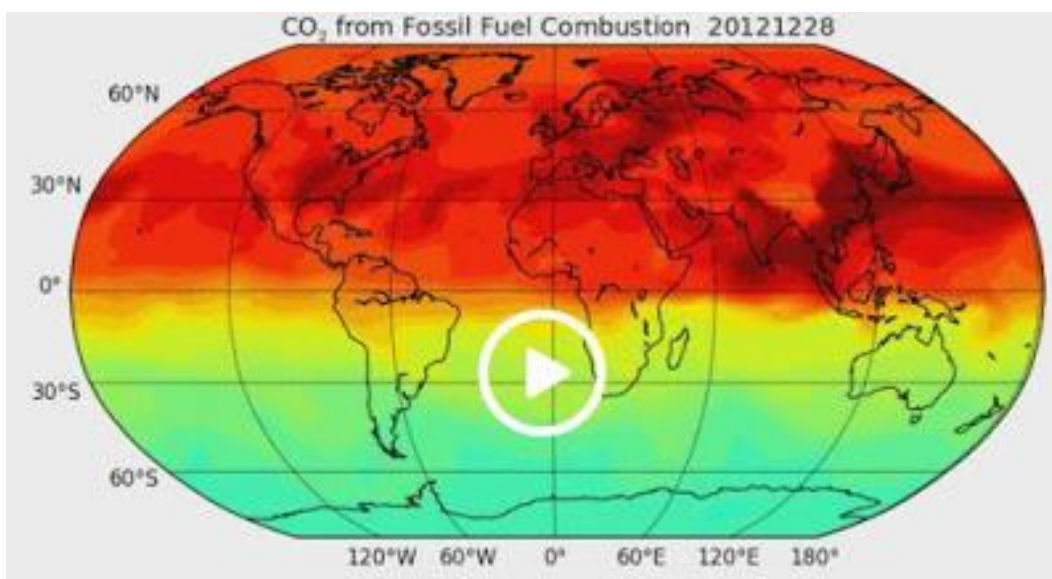
El mapa elaborado por la NASA sobre el incremento térmico de la superficie terrestre es ilustrativo al respecto, siendo los ambientes más fríos del *hemisferio boreal* donde más se acusa el incremento térmico.

Incremento térmico (NASA)



El incremento térmico en el hemisferio boreal se debe a que las mayores emisiones de gases de efecto invernadero se producen en el mismo. El siguiente mapa elaborado por NOAA muestra la distribución mundial de las mismas.

Emisiones de gases de efecto invernadero (NOAA; año 2012)

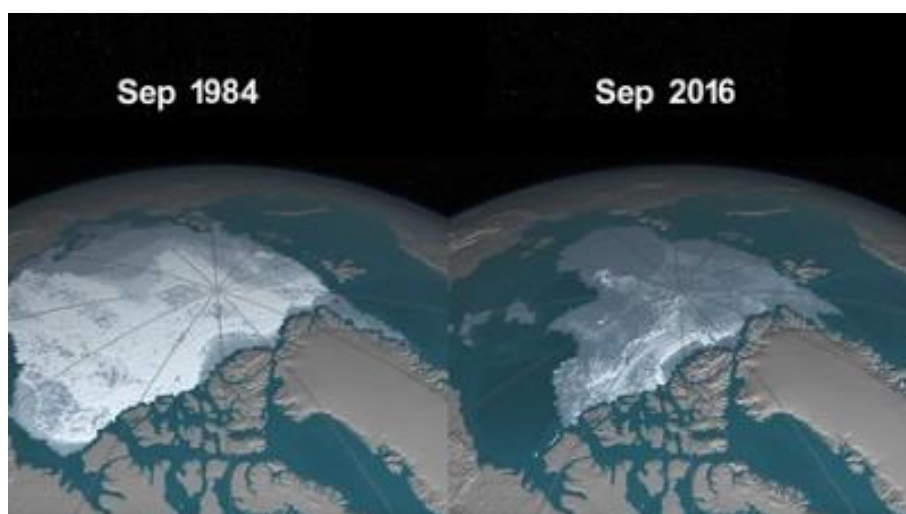


Las emisiones tienen una estrecha relación con el consumo energético, tal y como se puede apreciar en la siguiente imagen nocturna de la Tierra realizada por la superposición de imágenes satelitales.



Esta concentración de gases de efecto invernadero en el *hemisferio boreal*, con una mayor repercusión relativa en el incremento térmico en los ambientes más fríos, es lo que está ocasionando un retroceso de las masas heladas permanentes desde la última desglaciación hace 20.000 años, tal y como se puede apreciar en las imágenes satelitales publicadas recientemente por la NASA sobre los cambios acontecidos en la masa de hielo del Ártico, en las que se puede apreciar una significativa disminución entre los años 1984 y 2016.

Masa helada del Ártico (NASA)



Otros estudios realizados sobre los glaciares de montaña revelan también una disminución continúa de los mismos. En un estudio presentado al Foro Internacional de Glaciares y Ecosistemas de Montaña que se llevó a cabo del 10 al 13/08/2016 en la ciudad andina de Huaraz, mostró que Perú había registrado la pérdida del 40% de sus glaciares en los últimos cuarenta años, habiendo pasado la superficie cubierta por glaciares milenarios de 2.042 kilómetros² en los años setenta del siglo pasado a 1.290 kilómetros² actualmente, siendo la más afectada la denominada Cordillera Blanca, ubicada en la zona central de Perú, y que es considerada la cadena tropical más alta del mundo donde se encuentran el 70% de los glaciares tropicales del mundo. En el año 2014, el Instituto de Investigación de Medio Ambiente e Ingeniería de Regiones Frías y Áridas de la Academia de Ciencias de China publicó su segundo Inventario de Glaciares de China que incluye 46.377 glaciares que ocupaban en la década de los cincuenta del siglo XX una superficie total de 59.425 kilómetros². Según el estudio, los glaciares de China se han reducido durante los últimos 60 años 9.000 kilómetros². Los glaciares más afectados son los ubicados en el macizo de Altái y la cordillera Gangdise, donde el 37,2 y el 32,7% de los glaciares respectivamente han desaparecido, y los glaciares de los montes Himalayas, Tangula, Tianshan, Pamir, Hengduan, Nyenchen Tanglha y Filian que han disminuido entre un 21 y un 27%.

La importancia de las repercusiones climáticas por el incremento de los gases de efecto invernadero hay que considerarlas por las perturbaciones que las mismas puedan ocasionar sobre la civilización humana. Quienes argumentan que la vida en la Tierra ha existido con concentraciones de CO₂ superiores a las actuales y por lo tanto restan

importancia a las mismas, lo hacen sin tener en cuenta un patrón de referencia, en este caso su incidencia en la especie humana y la civilización alcanzada, por lo que sus afirmaciones carecen de valor, más si se tiene en cuenta que las variaciones del CO₂ en la historia geológica de la Tierra obviamente siempre han sido por causas naturales y solamente con el surgimiento de la civilización industrial hace 250 años sustentada en la transformación de la energía en trabajo productivo en base al uso masivo de combustibles fósiles es cuando la causa de esta alteración se produce por causas no naturales, es decir, por una de las especies que habita la Tierra, el ser humano, y se están manifestando en: 1. un progresivo deshielo de las masas de hielo milenarias, y 2. en alteraciones en la *circulación atmosférica* que están repercutiendo en un incremento de los *fenómenos meteorológicos extremos*.

El grado de impacto que estos cambios están produciendo en la vigente civilización se puede considerar, hasta ahora, menor, incluso existen zonas del planeta que parecen beneficiarse del mismo, como el deshielo del Ártico que puede permitir abrir una vía marítima comercial entre Europa y la costa oriental de Asia a través del estrecho de Bering, o el avance de la taiga en detrimento de la tundra en Siberia. Los deshielos de los glaciares de montaña se pueden considerar beneficiosos desde el punto de vista de un incremento de las reservas de agua subterránea y el incremento de los lagos de montaña que pudieran ser aprovechados como reservas de agua dulce.

Sin embargo, en el medio y largo plazo los cambios climáticos derivados del *incremento térmico* y de las alteraciones en la *circulación atmosférica* pueden ser catastróficos para la actual civilización. Se aprecia una tendencia a una mayor repetición y fortaleza de los *fenómenos meteorológicos extremos* que tienen su expresión en *ciclones* de fuerza desconocida y en un reforzamiento de la sequedad de las zonas *anticiclónicas* a la vez que éstos expanden sus límites ampliándose la desertización, sustituyendo climas *semiáridos* por climas *áridos*. Los cambios térmicos que provocan el deshielo de las plataformas heladas tendrán su punto dramático si afectan notoriamente al continente antártico pues el nivel de los mares podría crecer varios metros, lo que supondría que los asentamientos humanos costeros donde habita casi el 50% de la humanidad y entre las que se encuentran varias de las ciudades más pobladas del mundo podrían quedar anegadas por las aguas del mar.

El progresivo aumento anual de ppm de los gases de efecto invernadero en el aire atmosférico que han tenido su mayor incremento en los últimos diez años (periodo en el que estuvo en vigor el Protocolo de Kioto), con una media anual de 2,1 ppm de CO₂, induce a pensar que, hasta ahora, los intentos por detener las emisiones de este gas por causas

antropogénicas han tenido poca incidencia, sin que tampoco los acuerdos adoptados en la Cumbre del Clima en París en diciembre de 2015, permitan asegurar que la tendencia pueda ser revertida, más si se tiene en cuenta, que ya se ha alcanzado un nivel de concentración de 400 ppm de CO₂ que por ser éste un gas muy longevo perdurará durante cientos de años en el *aire atmosférico*.

El cambio climático ha pasado a formar parte de la civilización global, y se ha convertido en una fuerza inexorable que puede cuestionar la habitabilidad en grandes espacios terrestres bien sea por sequías o por inundaciones. Sin embargo, las fuerzas inexorables que subyacen en la que parece inevitable acción del ser humano sobre la naturaleza tienen raíz económica y energética. El crecimiento económico es el fundamento incuestionable de la vigente civilización. El crecimiento económico sirve al desarrollo de las naciones para mejorar la vida de las sociedades que la componen, y el crecimiento demográfico estimula aun más el mismo. Sin crecimiento económico la mayoría de la humanidad que vive en los países en desarrollo estaría abocada a vivir en la pobreza sin esperanza de alcanzar el bienestar que les asegure alimentación, techo, atención en la enfermedad y educación.

Unido a lo anterior, el propio funcionamiento de la economía de mercado precisa de un constante crecimiento económico para compensar las mejoras de la productividad que el sistema competencial impone (producir más o con mejor calidad con menos coste). El empresario debido a la competencia está obligado a introducir mejoras en su productividad, pero cuando produce el mismo número de productos con menor coste ve disminuido su volumen total de ingresos de los cuales obtiene la ganancia, y para mantener el mismo volumen de ingresos precisa vender más productos, es decir, precisa del crecimiento económico.

El crecimiento económico conlleva un aumento de la utilización de energía para su conversión en trabajo productivo, y la utilización de los combustibles fósiles en un 70 a 80% para la conversión de la energía en trabajo productivo es una dependencia que difícilmente puede ser reemplazada, debido a que esta conversión en el actual paradigma tecnológico es dependiente del motor de combustión interna con el que funcionan los grandes, medios de transporte y maquinarias pesadas. Por otra parte, el sistema económico competencial induce a obtener la energía de los combustibles fósiles a través de la externalización de costes en forma de gases de efecto invernadero.

La combinación, pues, de las fuerzas que impulsan el crecimiento económico con la dependencia de los combustibles fósiles para la obtención de energía en un sistema competencial que conlleva la externalización de costes medioambientales han predominado hasta ahora sobre los intentos de controlar las emisiones de CO₂ y, es muy

posible, que continúe esta tendencia hasta el final de los combustibles fósiles sino se llega a un acuerdo global sobre la captura y almacenaje del CO₂ a través de una masiva implementación de sumideros artificiales y naturales, o se consiga su sustitución por un avance tecnológico que permita obtener energía ilimitada de la fusión nuclear, y la sustitución del motor de combustión interna.

El género humano se enfrenta en el siglo XXI a fuerzas inexorables contradictorias; las mejoras en la productividad pueden conseguir que las máquinas realicen el trabajo más improbable y se alcance el bienestar social en todas las naciones del mundo pero, a su vez, las fuerzas económicas de un mercado global desregulado en conjunción con la externalización de gases de efecto invernadero, amenazan esa prosperidad anhelada.

Los acuerdos globales sobre el cambio climático como el alcanzado en París en diciembre de 2015 son necesarios pero insuficientes, pues no abordan integralmente la regulación del conjunto de las fuerzas económicas, energéticas y políticas globales que influyen negativamente en el medio ambiente. Solamente alcanzando una gobernanza global consensuada entre todas las naciones del mundo será posible conjugar estas fuerzas contradictorias.

El mundo se ha convertido en un barco en el que solamente es posible evitar el naufragio económico y medioambiental con el empeño de una única tripulación, el género humano.

Javier Colomo Ugarte

Doctor en Geografía e Historia