

La dinámica temporal en el cambio climático

Por José Luis Moreno San Juan
Profesor Titular de la Cátedra de Energía
Escuela de IEM, FIA, UASD

Resumen: Dentro de un mundo lleno de intereses donde inducir el consumo mediante la obsolescencia prematura ya es habitual, debemos reflexionar un poco sobre todo lo que está envuelto detrás del tema del cambio climático. La realidad del cambio climático, debe ser verdaderamente dimensionada desde el punto de vista temporal, es decir, el tiempo en que ocurrirán y cuáles son las causas del efecto a corregir, contrastadas con otras posibles causas no estudiadas. Todo esto se aborda en el presente artículo.

Sobre el cambio climático y, en especial, el calentamiento global, un tema muy de moda en la actualidad, se habla en base a paradigmas inducidos por campañas mediáticas de todo tipo (lo cual significa el uso y costumbres de creencias establecidas basadas en verdades a medias) que condicionan la respuesta racional que damos al tema, una respuesta que sería muy diferente de otra forma.

En tal sentido, lo que debemos tratar de entender, rompiendo con los paradigmas, es que si el aumento de CO₂ en el pasado, cuando no existía la civilización humana, fue realmente la causa del aumento de temperatura de la atmósfera y no lo fueron otros fenómenos, o si, por el contrario, el aumento de temperatura fue lo que provocó un incremento del CO₂ en la atmósfera motivado por el desarrollo y evolución de la propia vida y otros fenómenos, generados por el propio aumento de la temperatura.

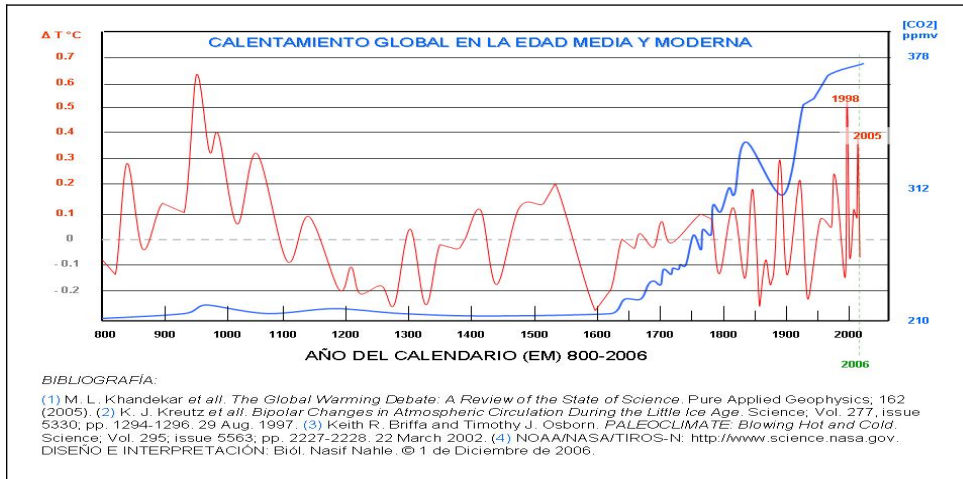
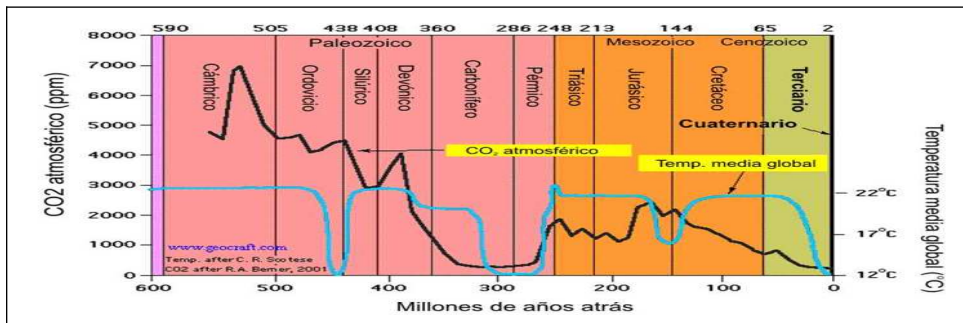
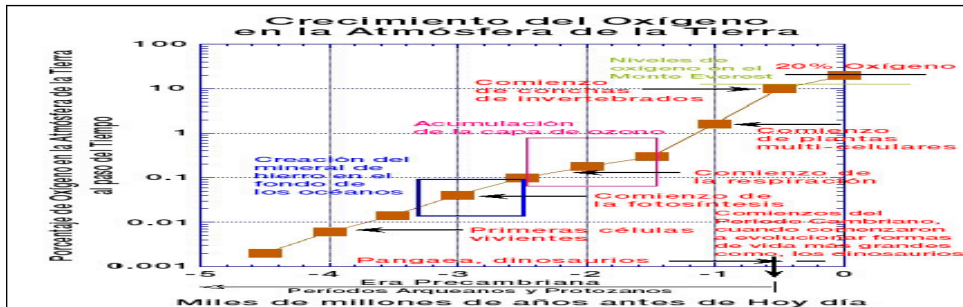
La evolución de los gases de la atmósfera de la Tierra da un indicio sobre esto. En el pasado todo era muy diferente a la actualidad, existía muy poco oxígeno y solo en los últimos 500 millones de años, pasó de un 10% al nivel de oxígeno actual, un 21% del volumen. El nivel del CO₂ en la atmósfera varió, aunque de manera cíclica y evolucionando al mismo tiempo que evolucionaba la vida sobre la Tierra.

Muchos se asombran al conocer qué componente de la atmósfera actual ha sido fruto de una evolución que comenzó cuando al principio el oxígeno era casi inexistente, y que fue el resultado de la contaminación de la atmósfera en el planeta Tierra durante miles de millones de años. Esto se debió a la actividad de la vida microbiana y su nueva forma de extraer la energía del Sol mediante la fotosíntesis. Las especies que no se pudieron adaptar a los estragos de la oxidación creciente, perecieron. De las sobrevivientes descendemos casi todos los seres vivos de la Tierra, excepto los microorganismos, que no se adaptaron a la oxidación y que se refugiaron en los lodos acuáticos, donde aún viven sus descendientes, sin grandes cambios. Las evidencias indican que, en todas las épocas, para diferentes niveles de CO₂ se ha mantenido la misma temperatura de la atmósfera, como se puede observar en las dos figuras que mostramos a continuación (ref. 5,6 y7).

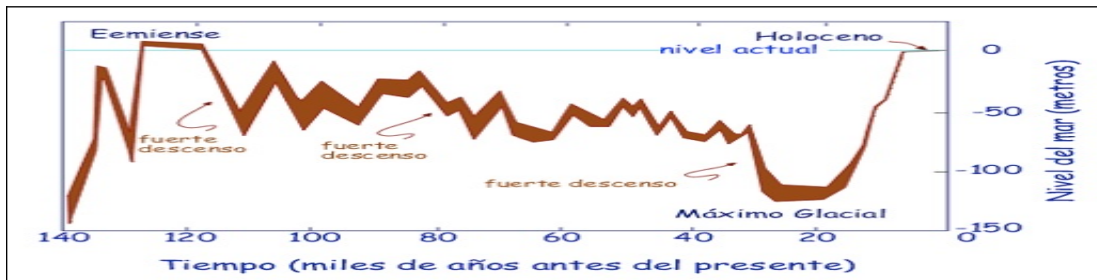
En la mitad del Jurásico la temperatura media de la atmósfera se mantuvo en unos 21.5°C, pero el nivel de CO₂ subió de 1500ppm a 2500ppm, es decir, sin que se registrara aumento de la temperatura media del aire. Descendió por un evento fortuito, el choque con la Tierra de un gran meteorito en la zona costera de la Península de

Yucatán, lo que provocó una enorme nube de polvo a nivel planetario, bloqueando la luz solar por años y ocasionando un prolongado invierno en todo el planeta.

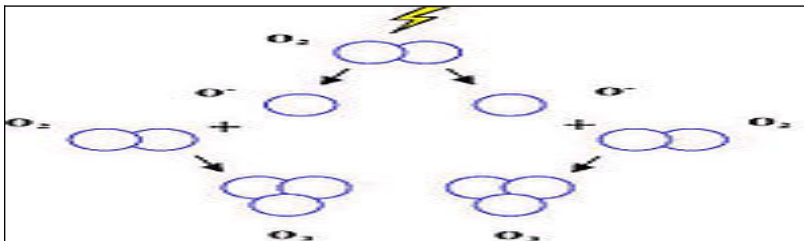
Las siguientes gráficas muestran la evolución del oxígeno y el CO2 en la atmósfera en el tiempo, así como los cambios en los niveles de CO2 y las temperaturas medias de la atmósfera, extraídas de las referencias 5 y 7.



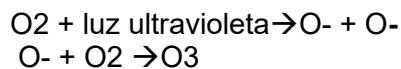
Otro tema son los pronósticos de las variaciones del nivel del mar de una magnitud de hasta 60 metros, que no guarda relación con ninguna evidencia del pasado, pues en el anterior interglaciar (Eemiense) el nivel del mar sólo subió unos 6 metros en relación a su nivel actual. Hoy ya se acepta que de llegar a 6 metros lo haría en mil años y no en décadas como se llegó a afirmar. En el tiempo transcurrido desde el último interglaciar (Eemiense) al actual, llamado Holoceno (para la mayoría de los paleoclimatólogos Antropoceno), las variaciones del nivel del mar se muestran en la figura siguiente (ref. 5).



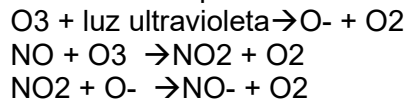
Un tema que se debe abordar es lo que ocurre con la capa de ozono. Sobre el tema de la capa de ozono existe cierta confusión, pues lo cierto es que no es la capa de ozono la que nos protege de los rayos ultravioleta, sino la formación del ozono, pues en este proceso formativo es que se capta energía de los UV en la disociación del oxígeno molecular para formar el oxígeno atómico, que reacciona con el molecular para formar el ozono. Es por eso que una buena parte de la radiación ultravioleta no llega a la superficie de la Tierra. La captura de energía en todos los casos se puede esquematizar así.



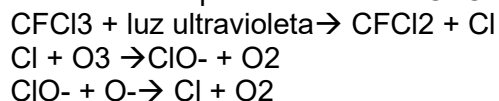
Formación del ozono



Disminución del ozono por formación de NO₂ y NO-



Disminución del ozono por liberación de CFCs y formación de ClO y Cl



Como se aprecia, se absorbe energía de la zona del espectro correspondiente al ultravioleta (UV) para la disociación molecular, aunque no se forme ozono, como con los óxidos de nitrógeno. Sin embargo un factor decisivo se pasó por alto, la variación de temperatura de la estratosfera, que tiene un efecto comparable al de las emisiones de CFCs, por lo que la recuperación de la capa de ozono no ha sido la esperada y eso nos debe llevar al estudio de otras posibles causas.

El agujero de la capa de ozono llegó en la Antártida a un máximo histórico en octubre del año 2015, esto contradice el paradigma de la capa de ozono. Un invierno estratosférico muy frío y persistente, no solo en las zonas polares, conduce a una destrucción de ozono "importante", más significativo que el producido por los HCFCs.

Confundir la causa con el efecto ocurre muchas veces en la formulación de una hipótesis en el razonamiento científico. Los modelos para simular el efecto invernadero asumen como constantes algunos elementos que inciden en este fenómeno natural pero que, en realidad, son variables a largo plazo, como la cantidad de vapor de agua presente en la atmósfera, el propio oxígeno, los niveles de radiación solar, la energía interna de la Tierra y la opacidad de la atmósfera. Al centrar la hipótesis en el nivel de CO₂, el modelo no es efectivo. Por eso no son capaces de predecir la atmósfera terrestre en los próximos miles de años, ni tampoco cuándo entraríamos en otra glaciación, algo que tal vez de manera natural debería ocurrir antes de terminar este milenio, de no haberse inducido un calentamiento global.

El balance de energía en la atmósfera actual (relativo a los 342 W/m² de entrada extraterrestre media y otras constantes), se resume en lo siguiente:

$$\begin{array}{rccccccc} \text{Eabs, sol} + & \text{Eabs, atm} & = & \text{E Conv} & + & \text{E evap} & + & \text{E emitida} \\ 50\% & + & 83\% & = & 7\% & + & 23\% & + & 103\% \end{array}$$

Sin embargo, el efecto invernadero no es debido a que la atmósfera refleja la radiación solar que llega a la superficie terrestre, ni a que la atmósfera refleja la radiación infrarroja terrestre, sino a que la atmósfera está caliente y emite energía (hacia abajo y hacia arriba) con efectos de radiación desde la superficie. La atmósfera es equivalente a un cuerpo negro a unos 260 °K, que nos aísla del frío interestelar con un nivel térmico de 2.7 °K. En tal sentido el efecto invernadero es beneficioso.

Desde la época de Arrhenius (principios de siglo XX), para cerrar el balance, se requería una emisión infrarroja neta de 68 W/m² al espacio exterior, todo esto supone valores constantes.

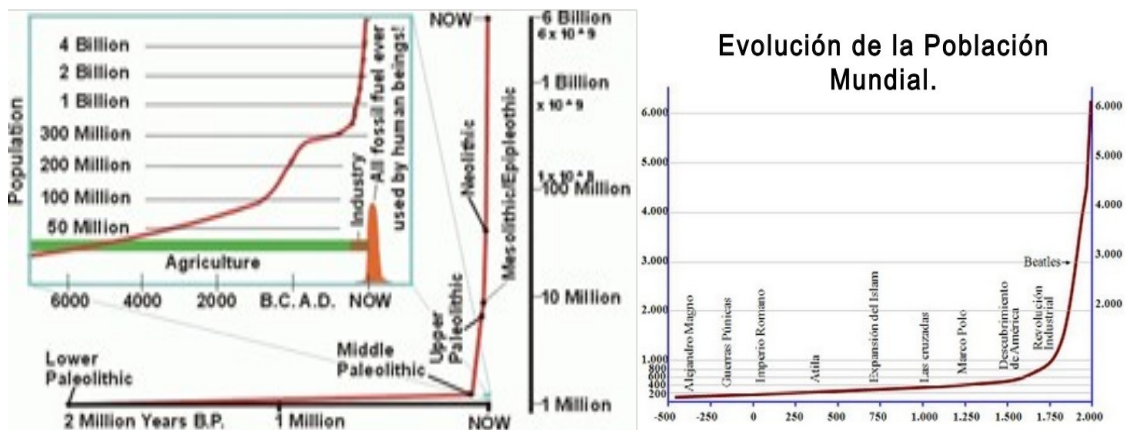
El calentamiento por efecto invernadero (llamado en inglés Greenhouse Warming, GW) se define como la diferencia entre la temperatura media de la superficie y la del balance de radiación exterior (contando solo la irradiación solar y el albedo, pero asumiendo la emisividad igual a 1); para la Tierra es GW=288–255=33 °K (33 °C). De estos 33 °C de calentamiento por efecto invernadero terrestre, casi 20 °C corresponden al H₂O, 9 °C al CO₂, 2 °C al O₃ (ozono), 1.5 °C al NO₂, y casi 1 °C al CH₄, pero que esto ocurra no es malo, es realmente bueno y gracias a ello se debe el desarrollo de la vida y de la civilización humana actual (ref.3).

Otros aspectos astrofísicos son determinantes, como la inclinación del eje de rotación de la Tierra respecto al plano supuesto de la elíptica que realiza en su traslación entorno al Sol (en realidad es una “helicoidal” elíptica), que va de 24.5 a 19.5 grados, pero esto es algo que ocurre en periodos de tiempo muy largos para la realidad de la vida humana, unos 41 mil años. Además de esto ocurre un bamboleo del eje (bucle) cada 21 mil años en promedio, así como un cambio de excentricidad cada unos 100 mil años. Estos aspectos astrofísicos explican muy bien los períodos de duración de las glaciaciones cíclicas (de unos 110,000 años) y los períodos interglaciares (de unos 25,000 años). Luego, constantes que son variables en el tiempo invalidarían en el futuro el balance energético de la atmósfera actual que vimos. Una nueva glaciación siempre será más catastrófica para la humanidad que un calentamiento moderado,

pero debemos estar claros en esto. De acuerdo a los ciclos naturales ya deberíamos estar casi entrando en un nuevo periodo glacial.

El efecto sobre la temperatura de la atmósfera causada por las enormes cantidades de calor que estamos descargando a la atmósfera para suplir las necesidades de una población humana que crece de manera exponencial y el uso de todo tipo de suelos para asegurar su alimentación, con la consecuente deforestación, no se toman en cuenta. Como consecuencia, la atmósfera habría dejado de ser ya un depósito térmico, como lo fue en el pasado. Esto explica la formación de islas térmicas en las grandes ciudades y no el aumento del CO2.

No es sostenible un crecimiento sin límites de la población humana sin la afectación irreversible de la naturaleza de la Tierra, ese crecimiento puede ser catastrófico y contraproducente a cualquier esfuerzo de conservación. Basta con ver la gráfica siguiente, sacada de Wikipedia.



Achacar el problema solo al CO2 es conveniente a los intereses comerciales que están detrás de las soluciones para la reducción de dichas emisiones.

También podemos considerar una hipótesis contradictoria a la capacidad real del incremento del CO2 en la atmósfera para bloquear la disipación de calor en una franja del infrarrojo, aquella en la cual las moléculas de vapor de agua no son capaces de capturar energía rebotada desde la superficie de la Tierra y de la propia atmósfera. La Tierra ha continuado “enfriándose” en su interior y lo seguirá haciendo. Fenómenos como el Niño y la Niña, se derivan de ese enfriamiento y no dependen del calentamiento ni del enfriamiento de la atmósfera, sino todo lo contrario. Por las evidencias encontradas, se sabe que un Niño prolongado dio al traste con la civilización Maya.

La correlación entre las ppm de CO2 y la temperatura media de la atmosfera no se ha podido probar con rigor científico, tomando en consideración los valores de ambas variables en los estudios paleoclimáticos.

Desde punto de vista de los paleoclimatólogos, existe un falso enfoque temporal sobre el cambio climático, se distorsiona el momento en que ocurrirá motivados por la influencia mediática sobre este fenómeno, o si ya está ocurriendo como siempre ha ocurrido.

Se colige de todo lo anterior que la naturaleza nunca se ha mantenido sin cambios. Si la especie humana también se considera fruto de ese cambio constante, que dio origen a la evolución de las especies, la evolución tampoco se detendrá en nosotros. En consecuencia, lo que sí podemos afirmar con seguridad, luego de evaluar de manera racional toda la información disponible, es que **lo único cierto del futuro es el cambio**, pero ese cambio siempre ocurrirá muy lentamente, dentro del contexto de la vida humana y no de manera acelerada como se está planteando, aun considerando los efectos provocados por la humanidad, muchos de los cuales no son después de todo desfavorables.

Santo Domingo
8 de mayo de 2018

Bibliografía:

1. ASHRAE HANDBOOK, Fundamentos, 2013.
2. Publicaciones sobre nuevos refrigerantes, varias de la ASHRAE del 2014-16.
3. Publicaciones del departamento de ingeniería energética y mecánica de fluidos. Universidad de Sevilla, España, 2014.
4. Tablas Termodinámicas: Método y procedimientos, José Luis Moreno, Editora Taller, Santo Domingo, 1997.
5. Fundación Argentina de Ecología Científica. Ecología: Mitos y Fraudes. [http:// www.mitos y fraudes.org/articulos.html](http://www.mitos-y-fraudes.org/articulos.html), 1997-2015.
6. Portal de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. [http:// www.un.org/es/climatechange/](http://www.un.org/es/climatechange/)
7. El Futuro Profundo de Curt Stager, primera edición, Editorial Crítica, 2012.
8. Varios modelos sobre Cambio climático como:
 - [PSU/NCAR Mesoscale Model version \(MM5\)](http://www.mmm.ucar.edu/mm5), (<http://www.mmm.ucar.edu/mm5>)
 - [ICTP Regional Climate Model \(RegCM\)](#)
 - [Weather Research and Forecasting Model \(WRF\)](http://www.wrf_model.org), (http://www.wrf_model.org)
 - [Workstation Eta model](http://www.emc.ncep.noaa.gov/mmb/wrkstn_eta), (http://www.emc.ncep.noaa.gov/mmb/wrkstn_eta)
 - [Brazilian Regional Atmospheric Modeling System \(BRAMS\)](#)
 - [Regional Ocean Modeling System \(ROMS\)](http://www.myroms.org), (<http://www.myroms.org>)
 - [Princeton Ocean Model \(POM\)](http://www.aos.princeton.edu), (<http://www.aos.princeton.edu>)
9. Notas de cátedras propias del autor del artículo.