



Mundo Sobrepoblado

Que no se nos haga tarde.....

Que quede bien claro: Con una población medida en millardos, no hay nada de sustentable en este mundo.

Nº 59

Septiembre - Diciembre 2010

**En este número: La civilización auto-sustentable.
El enemigo Nº1 del clima
La subida del nivel medio del mar
Un fenómeno de amplificación
De Mauna Loa a Vostok**

LA CIVILIZACIÓN AUTO-SUSTENTABLE.

El comienzo del fin.

Los humanos nos creemos la tapa del frasco de la evolución. Pero, curiosamente, la evolución es consecuencia y no causa de un proceso de adaptación de las especies a las condiciones de su entorno. Basta que una especie cometa el error de romper el frágil equilibrio ecológico de su ambiente vital, su hábitat, para que no lo cuente más. A veces ese proceso ocurre por azar, por factores externos; pero con los humanos, en particular, la historia, la arqueología, la paleontología, la antropología y todas las ciencias “chismosas” que nos hablan de la vida ajena, nos lo demuestran. Escapan de ese chisme fatalista las ciencias de la comunicación social y los medios de prensa, quienes son más chismosos que las ciencias referidas, pero en lugar de urgirnos a frenar los factores que nos llevan a la destrucción masiva, viven para fomentarlos.

Cuando esa prensa sensacionalista entrevistó al Dr. Albert Einstein en la curiosidad ante la era atómica, le preguntaron cuál sería la nueva arma de destrucción masiva después de la bomba atómica, el simplemente respondió: “*el hacha de piedra*”. Lo que daba a entender que después de desatar las fuerzas atómicas no habría más civilización, pues unos y otros terminarían con la humanidad y quienes sobrevivieran tendrían que hacerlo sin las comodidades, tecnologías y conocimientos del presente.

No importa cuál podría ser la razón por la que la humanidad llegue a su fin, pero indudablemente, camina a grandes pasos hacia ese triste final, cegada por la estupidez,

precisamente como se titula la película La Era de la Estupidez, que imagina un mundo post-civilización, aunque aún optimista.

Cualquier motivo puede causar una extinción masiva de la humanidad. Desde un simple error electrónico que interprete una migración de cigüeñas desviadas de su curso hacia territorio de Estados Unidos de Norteamérica como si fueran misiles enviados por China, Rusia, Irán, Irak o quien se les ocurra, para que automáticamente se disparen los escudos anti misiles y el contra-ataque de los demás; un ataque israelí a Irán contra su reactor nuclear, en esa justificación de guerra preventiva inventada por Herodes y practicada por la dinastía Bush y el sionismo de extrema derecha. Un acceso de locura en uno de los que tienen acceso al botón “rojo-rojito” de las ojivas nucleares. Una guerra por el control del petróleo y los elementos radiactivos; como también podría desatarse una guerra por el agua y los alimentos, entre la siempre creciente población del “sur”, sobre-explotado de recursos naturales, contra la civilización industrialista y explotadora del “norte”.

Pero también podría ser por causas naturales, ya que la Madre Naturaleza algún día tendrá que rascarse la sarna que destruye su superficie, o sea, la civilización actual. Así, con terremotos, maremotos, huracanes o similares podría causar estragos de destrucción total, como pasó hace 65 millones de años, que algún cometa o meteoro impactó a la Tierra.

Incluso, no queda mal una combinación de ambos, humanos y naturaleza, por la que con el tema del calentamiento global se iguallen las temperaturas del océano e iniciemos una nueva era glacial, que súbitamente empieza con el enfriamiento a -200° Celsius y la totalidad de la humanidad muera de hipotermia.

En fin, no faltan “razones” para que un desastre global elimine a la humanidad y apenas unos cuantos sobrevivientes se las tengan que arreglar para asegurar una nueva civilización, que no cometa los mismos errores del pasado; sobre todo, que tenga por único dogma y único credo, no cometer los mismos errores o ningún otro error que la elimine.

Cualquier “razón” podrá desencadenar el comienzo del fin para la civilización actual y el inicio de una nueva era, marcada por la escasez de todo; donde la mayor parte de la humanidad habrá perecido tan masivamente como se formó, en menos de cien años.

Es posible que en el interín, se den escenas lucha del mas fuerte por someter a los más débiles, de los poderes centralizadores y concentradores contra las autonomías libertarias, desde el canibalismo hasta el ascetismo suicida, lo que sea, de todo un poco; pero en algún momento la sensatez y el renacer de un atrofiado sentido de sobrevivencia humana, mediante la comunicación, la cooperación, el intercambio, la solidaridad y una nueva ética logren formar un grupo humano coherente y solidario que si pueda sobrevivir al desastre.

Sin ánimo de ser fatalistas, ni tener aspiraciones de un ensayo literario de ficción, en las siguientes entregas iremos explorando las posibles opciones que tendrán para sobrevivir la colonia humana que se formará con los sobrevivientes.

En un escenario ideal, en que al menos dos de cada tipo de ocupación, oficio o labor productiva sobreviva y al menos una de cada tipo de fábrica, artesanía, arte o empresa; que por milagro de la comunicación, los éxodos, migraciones, recuperación de medios de producción o por simple azar se congregaron en un lugar, que podríamos llamar “Utopía”, aludiendo a la obra de Tomas Moro, en que la humanidad se jugará su última carta.

Tampoco aspiramos tener la razón, sino simplemente exponer las oportunidades y fortalezas que podría esa nueva humanidad utilizar para enfrentar las amenazas y debilidades que continuarán asechándola.

Por consiguiente, esperaremos con ansiedad sus comentarios y propuestas, limitados a ese sencillo supuesto: apenas han sobrevivido pocos millones de personas que conservan el dominio de las técnicas actuales de producción, pero no podrán obtener todas las materias primas y fuentes de energía que antes, por lo que deberán ingeniárselas para complementarlas con técnicas del pasado e inventar las del futuro.

Por las limitaciones de espacio y recursos, tendrán que restringir las comodidades y placeres, el ocio no podrá existir en los primeros tiempos, porque la consigna de la sobrevivencia será de lo más bolivariana: *“trabajo y mas trabajo, constancia y más constancia”*.

Posiblemente eso implicaría nada de turismo a lejanas tierras, ni de juegos de azar por dinero, pues probablemente no habría dinero; nada de espectáculos ostentosos; en fin, nada de holgazanear.

Las familias solo podrán tener un hijo por persona, para asegurar no tener crecimiento poblacional, pues de ello dependerá la sobrevivencia a perpetuidad.

Habrá una única metrópoli con los únicos sobrevivientes reunido en un solo continente, pues también de eso depende la sobrevivencia perpetua.

Se tendrían que explorar nuevas y viejas tecnologías para garantizar la sobrevivencia, pero el principal reto es quitarse la idea de que todo lo grande o lo que más crece es bueno. Deberá pensarse en términos de equilibrios dinámicos, en los que todo excedente debe ser justificado.

En fin, es todo un ejercicio de lógica que invitamos a realizar y contribuir con esta idea de ensayo colectivo, por lo que esperamos contar con sus propuestas, para simular cómo sería su instrumentación y en qué pararían sus resultados.

Puede que sea un ejercicio ocioso; pero algún día, quizá en la noche de los tiempos, alguien que en el desespero de la sobrevivencia a la hecatombe consiga este manuscrito perdido, lo considere el mensaje de una divinidad que había decidido crear un pueblo “elegido” de sobrevivientes y logren la “salvación”. Entonces, juguemos a ser dioses: a escribir...!

EL ENEMIGO N° 1 DEL CLIMA

El CO₂ bajo control. No hay duda alguna: a pesar de la incertidumbre sobre el ciclo del carbono, es indudable el rol principal de los océanos y de los ecosistemas terrestres en la regulación del incremento del CO₂ atmosférico. (Pierre Fridlingstein, Investigador del Laboratorio de Ciencias del Clima y del Ambiente, Francia.)

El dióxido de carbono (CO₂) es intercambiado entre la atmósfera, los océanos y la biósfera continental. A nivel de océanos, lo más importante de la reserva de carbono - cincuenta veces mayor que el de la atmósfera – mientras las corrientes que remontan las masas de agua tropicales hacia los polos, esta última se enfría y se enriquece de CO₂, la solubilidad del CO₂ en el agua aumenta cuando la temperatura disminuye. En las altas latitudes, las aguas frías y salinas, muy densas, se hunden en la profundidad. Esta formación de agua profunda favorece la penetración del CO₂, en el océano. En las áreas ecuatoriales, el calentamiento de las aguas superficiales y el ascenso de agua profunda rica en carbono inducen una sobresaturación de las aguas superficiales en CO₂ en relación a la atmósfera. En este caso, hablamos de **sumideros de carbón** para las aguas oceánicas de las altas latitudes y de **fuentes de carbón** en los océanos tropicales. A estos mecanismos físicos se añaden mecanismos biológicos: El CO₂ disuelto en el agua es utilizado por la fotosíntesis de los organismos marinos (clorofílicos), como el fitoplancton. Estos organismos son los elementos de base de la cadena trófica oceánica que va desde el zooplancton hasta los grandes depredadores oceánicos – los atunes, por ejemplo.

La mayor parte del carbón de los continentes está contenido en la roca carbonatada, y no juega un papel mayor sobre las escalas del tiempo en el cambio climático. De todos modos, una cantidad nada despreciable (mas o menos dos veces más que en la atmósfera) se encuentra en los vegetales (esencialmente las selvas, pero también en las praderas y en los grandes cultivos) y en la materia orgánica del suelo. El ciclo continental está ligado, por una parte a la fotosíntesis de los vegetales, los cuales absorben el CO₂ atmosférico (sumideros) y, por otra parte, a los mecanismos que degradan la materia orgánica y devuelven el CO₂ a la atmósfera, tales como la descomposición bacteriana de los suelos y los incendios de las selvas (fuentes).

Cuando el sistema terrestre está en equilibrio, la cantidad de CO₂ liberada por el sistema océano y continentes es, prácticamente, igual a la cantidad de CO₂ capturada. Desde hace diez mil años, la concentración de CO₂ atmosférico ha quedado relativamente constante, mostrando fluctuaciones de algunas partes por millón (ppm, unidad de concentración correspondiente a una molécula de CO₂ por un millón de moléculas de aire). A escala de tiempo más largo, tales como los ciclos glaciares –

interglaciares, se ha observado una variación de la concentración de CO₂ atmosférica ligada a la variación del clima y de otros gases de efecto invernadero – metano, óxido de nitrógeno, ... Sobre esta escala de tiempo el dióxido de carbono ha oscilado entre concentraciones promediando 200 ppm en períodos glaciares a 280 ppm para los períodos interglaciares.

Después de la llegada de la revolución industrial, el desarrollo económico en nuestro planeta ha sido acompañado de un crecimiento exponencial del consumo energético, al comienzo por la combustión de madera, después por la combustión de carbón, de petróleo y de gas. Esta combustión se traduce en una emisión de CO₂ en la atmósfera y, por consiguiente, en un aumento de su concentración. En el año 1900, la humanidad emitía aproximadamente un millardo de toneladas de carbono a la atmósfera, ésta es hoy ocho veces mayor. Actualmente, las tres cuartas partes de las emisiones provienen de la combustión de energía fósil, principalmente el petróleo y el carbón y, en una menor medida, el gas. El resto proviene de la deforestación, de la cual interesan principalmente las selvas tropicales.

Después de 50 años, ahora se está midiendo continuamente la concentración del CO₂ en la atmósfera.

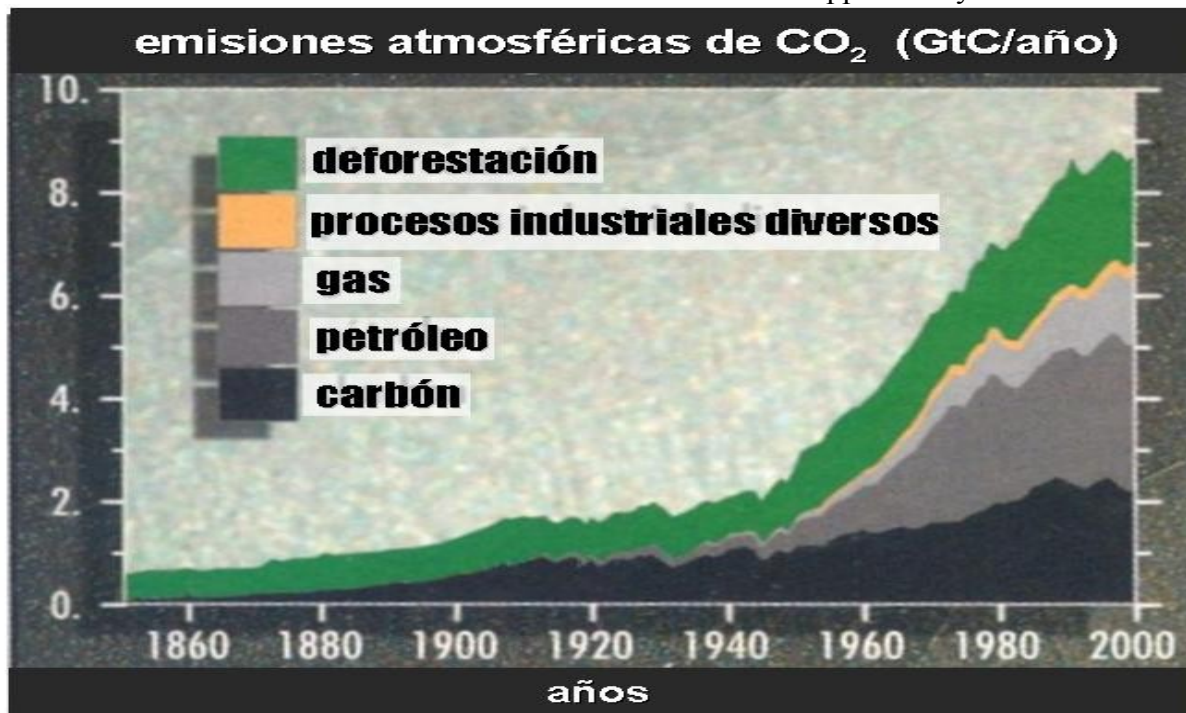
Un observatorio de CO₂ ha sido desarrollado por Charles Keeling desde 1958 en Maunaloa, en la isla de Hawai, seguido por otras estaciones de mediciones de CO₂. Actualmente más de 50 estaciones miden simultáneamente la evolución del CO₂ y de otros gases de efecto invernadero, tales como el metano. Por el período anterior a las mediciones directas en la atmósfera disponemos de los datos sacados de las muestras de hielo de los casquetes ártico y antártico. Estos datos combinados demuestran que la concentración del CO₂ ha aumentado de manera vertiginosa después de la revolución industrial, a partir de 280 ppm en 1850 y alcanzando 380 ppm hoy. El incremento en el curso de estos últimos 150 años es de la misma amplitud (aproximadamente 100 ppm) que aquella observada en el curso de los veinte mil años precedentes. Las concentraciones de CO₂ actual, no habían sido alcanzadas en nuestro planeta en los muchos millones de años precedentes.

Esta perturbación brutal tiene consecuencias sobre el sistema climático: Siendo el CO₂, después del vapor de agua, el principal gas de efecto invernadero en la atmósfera, su aumento modifica el equilibrio de las radiaciones entre la luz solar recibida por la Tierra y la radiación infrarroja (calor) devuelta al espacio por la Tierra (albedo). En consecuencia, la temperatura global ha aumentado aproximadamente un grado desde 1850. Esta perturbación antrópica tiene igualmente efecto directo sobre el mismo ciclo del carbono. En efecto, la hipótesis que el ciclo del carbono está en equilibrio ya no es válida en un mundo donde la concentración del CO₂ y el clima cambian tan rápidamente.

Si comparamos las emisiones de CO₂ antrópicas (combustión de energía fósil y emisiones relacionadas con la deforestación y quema de selvas) el crecimiento del CO₂ en la atmósfera, constatamos que menos de la mitad del CO₂ emitido ha quedado en la atmósfera, el resto ha sido entonces absorbido por los océanos y los continentes. Los mecanismos responsables de estos sumideros de carbono no son bien conocidos. A nivel oceánico, el aumento de la concentración atmosférica de CO₂ conduce a un aumento de la diferencia de presión parcial entre la atmósfera y la superficie del océano y, entonces, del flujo aire – mar del CO₂. A nivel continental, el aumento del CO₂ atmosférico y de los óxidos de nitrógeno, igualmente emitidos durante la combustión de energía, pueden favorecer la fotosíntesis y entonces generar sumideros netos

biosféricos. Además, el cambio de utilización de los suelos y la gestión adecuada de ecosistemas (control de incendios forestales, por ejemplo) pueden también conducir a la formación de sumideros de carbono.

Globalmente, por encima de unas 8 GTC (Giga-toneladas de carbón, o sea, un millardo de toneladas), emitidos por la humanidad cada año, aproximadamente 3,5 GTC se acumulan en la atmósfera, los océanos y los continentes absorbiendo cada uno algo más de 2 GTC anualmente. Estos últimos juegan entonces un rol regulador: sin ellos la concentración de CO₂ se acercaría a las 500 ppm hoy en día.



Emisiones de CO₂ debidas a la acción humana (en gigatoneladas de carbón por año) después del comienzo de la revolución industrial. Se destacan las emisiones asociadas a la combustión del carbón (negro), del petróleo (gris oscuro), del gas (gris claro) y a la deforestación (verde).

Si miramos más de cerca la evolución del CO₂ en la atmósfera hay que resaltar que la tasa de crecimiento del CO₂ varía fuertemente de un año a otro, en promedio este crecimiento equivale a 3,5 GTC por año, o sea, aproximadamente 1,5 ppm de aumento

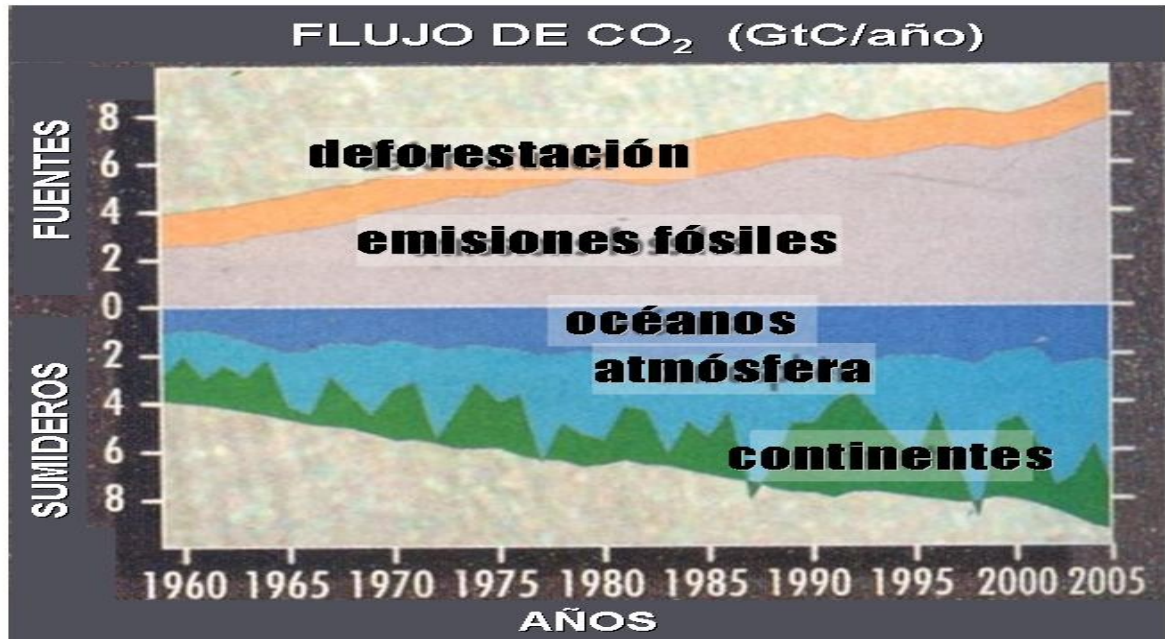
de la concentración de CO₂ por año, pero algunos años, en caso de eventos climáticos como el Niño, se ha constatado una tasa de crecimiento netamente superior a la media. Por el contrario, en caso del fenómeno La Niña, ni después de erupciones volcánicas como la del Pinatubo, en 1991, la tasa de crecimiento del CO₂ atmosférico es netamente inferior al promedio. Estas variaciones interanuales son principalmente debidas a la fuerte sensibilidad de la biósfera continental a las fluctuaciones climáticas. Durante un evento Niño, las temperaturas tropicales superiores al promedio, asociadas a precipitaciones débiles, conducen a una reducción del sumidero de carbono continental y a un aumento de los incendios forestales. A consecuencia de las erupciones del monte Pinatubo, el re-enfriamiento registrado en las latitudes europeas, está sin duda en el origen de una desaceleración de la actividad microbiana y, por consiguiente, del flujo de carbono proveniente de la descomposición de la materia orgánica de los suelos. Globalmente, esta desaceleración se traduce en una tasa de crecimiento atmosférico de menos de 2 GTC/año (en lugar de las 3,5 GTC/año del promedio de la década). Más cerca de Europa, la ola de calor del verano de 2003 tuvo un efecto devastador sobre la producción de los ecosistemas de la mayor parte de Europa occidental. A mitad del verano, cuando en general las selvas son normalmente más productivas, se ha medido una caída dramática en la fotosíntesis: Las selvas se han transformado en fuentes de carbono para la atmósfera. Se estima que la biósfera europea ha perdido, en 2003, igual cantidad de carbono acumulado en cuatro años “normales”.

La evolución futura del CO₂ atmosférico depende principalmente de los escenarios de emisiones de CO₂. Diferentes escenarios socioeconómicos han sido imaginados por algunos economistas, por el Grupo de Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático, GIEC (IPCC en inglés). Estos escenarios de emisión de CO₂ se traducen en concentración de CO₂ mediante el uso de modelos de simulación simple del ciclo de carbono global. Esas concentraciones sirven, en fin, como datos de entrada a modelos climáticos que simulan, entonces, la evolución futura del clima. Según ciertos escenarios “optimistas”, la concentración de CO₂ alcanzará 500 ppm en 2100, lo que conducirá a un calentamiento del orden de 2 °C en el curso del siglo XXI. Los escenarios más “pesimistas” prevén que el CO₂ alcanzará 1000 ppm, provocando un calentamiento global que podría alcanzar 4,5 °C. La evolución futura de las emisiones de CO₂ controla, entonces, fuertemente la amplitud del cambio climático venidero.

En cambio, la evolución futura del clima controlará directamente el ciclo del carbono y, entonces indirectamente, el aumento del CO₂. En efecto, estudios recientes han puesto en evidencia una retroacción positiva entre el cambio climático y el ciclo del carbono subsiguiente. Igualmente, el ciclo del carbono es muy sensible a las variaciones del clima de un año a otro, como cuando en caso del acontecimiento El Niño lo mismo es igualmente sensible. Por consiguiente, es de esperar variaciones climáticas que a más largo plazo que pueda reservar el futuro.

La capacidad actual de los océanos y de los ecosistemas terrestres de absorber más de la mitad de las emisiones antrópicas de CO₂, corre el riesgo de aminorarse en el futuro. A nivel oceánico, modelos de simulación de la circulación oceánica y el devenir del carbono en el océano demuestran que el cambio climático a venir induce una reducción de la eficacia del océano en absorber el CO₂. Dos fenómenos son principalmente responsables de esta reducción. Por una parte, el aumento de la temperatura de las aguas superficiales disminuye la solubilidad del CO₂ en los océanos, y entonces la capacidad del océano en absorber el CO₂. Por la otra parte, los modelos de simulación oceánicos revelan para el futuro un debilitamiento de la circulación

oceánica. En las altas latitudes, las masas de agua superficiales se hunden menos fácilmente hacia las profundidades del océano. De esta manera, ellas exportan menos rápidamente el carbono de las aguas superficiales provenientes de la atmósfera. La consecuencia es una reducción del sumidero de carbono oceánico causada por el cambio climático.



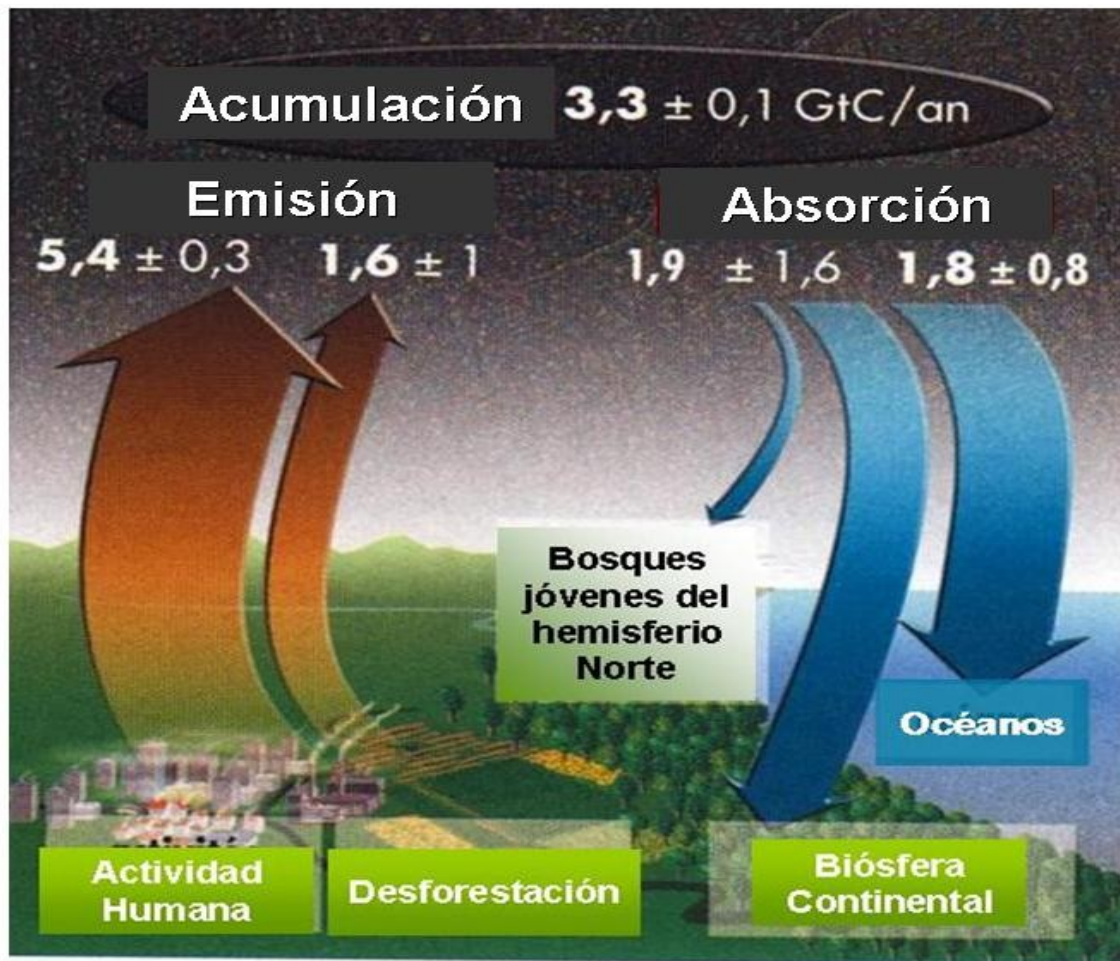
Balance del ciclo del carbono.

Arriba las fuentes de CO₂ en la atmósfera. Abajo los sumideros de carbono oceánicos y continentales. La acumulación de CO₂ en la Atmósfera es variable de un año a otro, debido a las variaciones de los sumideros continentales.

Para los continentes, otros procesos entran en juego pero, lamentablemente, conducen al mismo resultado: una reducción de los sumideros. En efecto, según los modelos de la biósfera continental, el calentamiento de los continentes conduce a una reducción de la producción de la biósfera continental, un aumento de la actividad microbiana, estimulada por el aumento de la temperatura, conduce a una más rápida respiración del suelo. El calentamiento, si está acompañado por una desertificación, igualmente provocar un aumento del riesgo de incendios. Algunos modelos hasta llegan a prever la desaparición de la selva amazónica como respuesta al cambio climático, esta deforestación consecuente al cambio climático representaría un importante flujo de carbono hacia la atmósfera. Los modelos más “pesimistas” estiman que de aquí al final del siglo XXI la biósfera continental no sería más un sumidero de carbono sino más bien una fuente de CO₂. Solamente el océano continuaría, mal que bien, en absorber el CO₂ atmosférico.

Un incremento del CO₂ de la atmósfera, aumento del cambio climático, menos sumideros de carbono oceánico y continental, más CO₂ atmosférico, etc. Se trataría, entonces, de una retroacción positiva entre el cambio climático y el ciclo del carbono. Modelos que acoplen la física del clima al ciclo del carbono demuestran que, al horizonte del año 2100, esta retroacción induce a un aumento suplementario del CO₂ atmosférico de 20 a 200 ppm, según el modelo utilizado, y el calentamiento global

podría ser hasta 1 °C superior a aquel anunciado por los modelos físicos que no consideran esta retroacción.



La perturbación del ciclo del carbono. El ciclo del carbono, el cual no produce naturalmente acumulación de CO_2 en la atmósfera, es perturbado por las emisiones antrópicas de CO_2 , las cuales superan ampliamente lo que puede ser absorbido por los océanos y los continentes.

Esta retroacción positiva Clima/Carbono tiene igualmente implicaciones sobre las emisiones, compatibles con un aumento determinado del CO_2 . Si se quisiera actuar para limitar el cambio climático, se debería reducir rápidamente el crecimiento de las emisiones futuras, para evitar que las emisiones del CO_2 no superen determinado valor. Por ejemplo, si se quiere que el calentamiento no sobrepase de 2 °C en el curso de los próximos siglos, la concentración de CO_2 atmosférico no debería sobrepasar valores por el orden de 450 ppm. No tomando en cuenta la retroacción entre el cambio climático y el ciclo del carbono, las emisiones antrópicas del CO_2 compatibles a este objetivo de estabilización deben ser inferiores a 6 GTC/año, de aquí al 2050 y a 3 GTC/año de aquí al 2100. Por el contrario, si uno toma en cuenta la retroacción clima/carbono, el calentamiento de 2 °C llevará a una reducción de los sumideros y, por consiguiente, a una reducción de las emisiones toleradas para no superar el nivel de concentración deseado. Siempre quedando bajo el límite de las 450 ppm, no se deberían permitir una

emisión superior a 3 GTC/año, en lugar de 6 GTC/año señalados para el 2050 y 2 GTC/año (en lugar de 3) para el 2100. El esfuerzo asociativo y tecnológico necesario a fin de limitar al máximo el cambio climático se arriesga a tener que ser aún más importante si queremos evitar malas sorpresas de vida a esta retroacción del sistema Tierra.

A pesar de la gran incertidumbre que subsiste en nuestra comprensión del ciclo del carbono, parece que los océanos y el ecosistema terrestre juegan un rol mayor en la regulación actual del crecimiento del CO₂ en la atmósfera. Desgraciadamente, todo nos conduce a crear que este efecto regulador funcionará siempre menos en la medida que la Tierra de calienta más. Es entonces urgente no esperar más.

Las medidas directas atmosféricas de CO₂ nos indican únicamente que el 45% de las emisiones antrópicas se acumulan en la atmósfera. Para estimar el destino del 55% restante, hay que apegarse a otra medida atmosférica y oceánica. Se está midiendo desde aproximadamente 20 años el contenido del oxígeno en la atmósfera. Esta última disminuye en la medida de la combustión de la energía que consume el oxígeno y suelta CO₂. De la misma manera, los mecanismos biológicos de la fotosíntesis y respiración de la materia orgánica intercambian también al mismo tiempo oxígeno, CO₂ en una relación conocida. Por el contrario la penetración de CO₂ en el océano no está anunciada por un flujo de oxígeno. El análisis conjunto de la evolución de la concentración atmosférica de CO₂ y O₂ permite entonces separar los flujos continentales (que interesan el CO₂ y el O₂) de los flujos oceánicos (que afectan solo el CO₂).

De manera independiente, existen numerosas observaciones oceánicas de la presión parcial del CO₂ en las superficies de los océanos, de las concentraciones en Carbono, oxígeno y clorofluorocarbono (CFC) en superficie y en profundidad, que permiten reconstruir la historia y de estimar la cantidad de CO₂ que penetra en el océano. Los métodos atmosféricos y oceánicos concuerdan relativamente bien y estiman un flujo oceánico de aproximadamente 2 GtC por año. Una vez que se ha estimado el flujo oceánico, el flujo neto continental puede ser deducido por diferencia entre las emisiones y la acumulación del CO₂ en la atmósfera y el océano.

La acumulación de CO₂ en la atmósfera es variable de un año a otro, lo que está relacionado a la variación de los sumideros continentales.

La parte de los rumiantes

Historia del metano

El metano es el segundo gas a efecto invernadero emitido por el hombre, justo después el dióxido de carbono. En manera igual que el CO₂, a conocido variaciones cíclicas entre los periodos glaciares e interglaciales variantes entre 350 y 700 partes por millardo (ppb). Desde hace 50 años, a más que doblado alcanzando aproximadamente 1750 ppb hoy en día. Las actividades humanas son nuevamente responsables de este crecimiento exponencial. Las fuentes actuales de metano son netamente menos bien conocidas que aquellas de CO₂. Las fuentes ligadas a la producción de energía fósil y a la combustión de biomasa representan aproximadamente una tercera parte de las emisiones antrópicas. La agricultura y la cría son igualmente fuentes muy importantes de metano. En efecto la fermentación anaeróbica de la materia orgánica que se desarrolla en el suelo inundado de los arrozales, pero igualmente en los estómagos de los rumiantes, genera cantidades importantes de metano. Se estima que rumiantes y arrozales sean las fuentes principales del metano en la atmósfera actual. Sin embargo,

las estimaciones son afectadas de una importante incertidumbre, vista la dificultad de medir este flujo a escala planetaria. Además de estas emisiones antrópicas, las regiones naturales corrientemente inundadas como los pantanos de las regiones boreales o las zonas inundadas de las cuencas amazónicas son, por las mismas razones de biología anaeróbica, igualmente fuentes importantes de metano. Hay un riesgo no despreciable que el cambio climático futuro tenga un efecto mayor sobre las fuentes de metano. Los suelos congelados de Alaska y Siberia- tierras congeladas hasta ahora permanentemente- están fuertemente en riesgo de fusión en el curso de este siglo. Estos suelos muy ricos en materia orgánica, saturados de agua, son potencialmente fuentes futuras de metano (y de CO₂) colosales. Otra vez se trataría de una retroacción positiva entre el cambio climático y los grandes ciclos biogeoquímicos.

(Sciences et Avenir/Hors-série, N° 150, Mar/Abr 2007, París, Francia, traducido por Carlos Bordón))

LA SUBIDA DEL NIVEL MEDIO DEL MAR (+ 3,3 MM/AÑO)

Entre 1993 y 2006 la elevación anual del nivel promedio del mar ha sido de 3,3 mm y esta subida debería continuar en el curso de los próximos siglos.

Mientras las observaciones geológicas y arqueológicas indican que el curso de los últimos milenios el nivel del mar ha variado muy poco (no más de 0,1 mm anual globalmente), los registros mareográficos disponibles desde hace más de un siglo atestiguan una subida significativa en el curso de las últimas décadas (particularmente después de 1950), del orden de 1,8 mm/año ($\pm 0,3$ mm). La elevación del nivel del mar en el siglo XX es atribuido al calentamiento climático observado durante décadas.

Desde el comienzo de los años 1990 existen satélites altimétricos que monitorean permanentemente la variación del nivel del mar con una precisión notable y una cobertura global. Las observaciones muestran que el nivel medio global del mar se ha elevado de 3,3 mm/año ($\pm 0,3$ mm) entre 1993 y 2006, valor significativamente superior a aquel medido por los mareógrafos en el curso del siglo XX. Pero esta velocidad de elevación está lejos de ser uniforme: En algunas regiones, el mar ha subido hasta 3 cm/año, en otras ha bajado. Se han medido en efecto las variaciones del nivel del mar sobre todo el dominio oceánico y no solamente a lo largo de la costa como lo hace los mareógrafos. Hay dos causas mayores por estas variaciones: los cambios del volumen de los océanos resultantes de la variación de la densidad del agua de mar, ella misma causada por la variación de la salinidad y sobretodo de la temperatura del agua; y el cambio del contenido en el agua de los océanos (entonces de las masas de agua) resultante del intercambio de agua con las otras reservas (reservas de aguas continentales, glaciares de montañas, casquetes polares).

Estos últimos años dos equipos, uno americano y otro japonés, han revisado y revalidado las medidas de temperatura del océano, recogidas desde 5 décadas en diferentes profundidades (hasta aproximadamente 1000 metros). Estos datos han permitido establecer que los océanos, así como la atmósfera en la superficie continental, se han calentado. Así el calor almacenado por los océanos durante este periodo es de 10 a 15 veces más grande que el de las tierras emergidas y de la atmósfera. Esto resulta de la enorme masa del océano y de la capacidad calorífica del agua comparada con el aire.

Gracias a estos datos de temperatura oceánica es posible calcular la dilatación térmica de la columna de agua y la variación correspondiente del nivel del mar. Para 1993-2003, la variación de la dilatación térmica de los océanos justifica aproximadamente la mitad de la subida del nivel del mar medidas por los satélites altimétricos. Para las décadas pasadas la expansión térmica media de los océanos no es que del orden de 0,4 mm/año, aproximadamente la cuarta parte de la subida observada. Se ha notado desde hace unas décadas un retiro general de los glaciares de montañas. El balance de masas realizadas recientemente sobre varios centenares de los glaciares dicen que su derretimiento ha contribuido aproximadamente 0.5 mm/año a la elevación del nivel del mar en los últimos 30 o 40 años con una aceleración de 0,8 mm/año comenzando con el año 1990.

En lo que se refiere a los casquetes polares, muchos estudios recientes han estimado los balances de masas de Groenlandia y la Antártica, a partir de medidas de teledetección (por avión y por satélite). Estas revelaron que la región central de altitud elevada de Groenlandia aumentaba de espesor por precipitaciones de nieve mas abundantes mientras que las regiones costeras del sur de los casquetes pierden masa, al mismo tiempo para la fusión superficial en respuesta al calentamiento y por escurrimiento hacia el mar de los glaciares costeros, donde las velocidades se han acelerado en estos últimos años. Estos estudios establecen en 100 millardos de toneladas por año la perdida actual de masa del hielo total de Groenlandia apareciendo que el fenómeno se esta acelerando. Esto contribuye a una subida del nivel del mar equivalente a 0,3 mm/año. En el Antártico las observaciones en teledetección indican que la parte este del continente gana masa bajo el efecto del aumento de las precipitaciones (correspondientes a una bajada del nivel del mar del orden de 0,5 mm/año), mientras que la perdida de masa de hielo en el antártico del oeste se acelera a un ritmo de 0,1- 0,2 mm/año sobre la subida del nivel marino. Estamos viendo entonces que hoy en día los casquetes polares juegan un rol modesto sobre la elevación del nivel del mar. Pero en el futuro este rol es incierto. En total, se explica bastante bien la subida reciente observada por los satélites porque las sumas de la contribución climática calculada de manera independiente se elevan a 2,7 mm/año sobre los 3,3 observados. Los modelos de evolución del clima prevén que la subida del nivel del mar seguirá en el curso de los próximos siglos y que el mar subirá más rápidamente en algunas regiones que en otras. No obstante, subsiste todavía un importante desacuerdo entre los modelos, entonces una gran incertidumbre en cuanto a las regiones las más amenazadas. El control de los océanos desde el espacio y la puesta en marcha de una red en sitio y espacial de medición de parámetros climáticos es crucial para mejor comprender el sistema climático y mejorar los modelos de la evolución futura.

Anny Cazenave

Directora adjunta del Laboratorio de Estudios en Geofísica y Oceanografía espacial

Tomado de: Le réchauffement climatique, 2007.

**UN FENÓMENO DE AMPLIFICACIÓN.
La banquiza de hielo invernal esta en vías de desaparición.**

Ocupando la parte esencial del océano glacial ártico durante el verano, la banquiza pluriannual, que queda congelada varios años seguidos, ve su superficie casi duplicar cada otoño por la formación de bancos de hielos invernales, la cual se derrite en primavera. Estrictamente controlada por los satélites de la Nasa, la banquiza ártica pluriannual sufre un retiro alarmante: su superficie, medida en su mínima extensión de septiembre ha disminuido el 20% entre 1992 y 2006. Su espesor promedio que varía de 3 a 5 metros, ha bajado el 42% después de 1958: la formación de la banquiza invernal disminuye también: entre 2003 y 2006. La superficie cubierta en febrero, al máximo del congelamiento invernal, ha caído el 7%.

Para los especialistas, más allá de una masa crítica de hielo, el derretimiento de la banquiza embalsarse, por auto amplificación de una serie de efectos convergentes. El hielo refleja mucho más luz que el mar y se opone entonces a un super recalentamiento. El albedo (el porcentaje de la radiación recibida que viene reflejada) de la banquiza pluriannual es de 75 a 80%, mientras la del océano no es nada más que de 5 a 15%. La disminución del espesor del hielo reduce el albedo de la banquiza. Ella absorbe entonces una parte más grande de la energía solar la cual la calienta y acelera su derretimiento. Adelgazada la banquiza se fractura más fácilmente bajo el efecto del oleaje y la marea. O el hielo limita el intercambio de calor entre la atmósfera y el océano, como la tapa de una olla y el 95% de los intercambios atmósfera/océano se hacen a través de las fracturas de las banquizas. Más numerosas y frecuentes ellas facilitan el calentamiento del océano, lo que acelera el derretimiento de la banquiza.

Cada uno de estos fenómenos amplifica los efectos de los otros, y pareciera muy claramente alcanzar un punto de no retorno. La banquiza podría derretirse cada verano desde el 2040 y el fin de la banquiza invernal podría ser para el año 2100

DE MAUNA LOA A VOSTOK **(por Pascal Acot)**

En 2003 se cumplió una operación científica sin precedentes. Había empezado 45 años antes, en 1959. Inspirada por Roger Revelle (1909-1991), quien fue uno de los organizadores del Año Geofísico Internacional (1957-1958), se ha desarrollado en la isla de Haway, en la ladera del volcán Mauna Loa (4.170 m.). Es el geofísico americano Charles David Keeling (1928-2005) quien organizó las mediciones de las variaciones estacionales de la tasa de CO₂ de la atmósfera.

Los resultados han indicado un aumento de 18,88% entre 1959 y 2003. Este aumento espectacular se conoce hoy en día con el nombre de curva de Keeling. Esta sugiere fuertemente que el crecimiento de la tasa de CO₂ en la atmósfera podría ser ligada con la actividad humana.

Las perforaciones de Vostok, estación rusa instalada en la Antártica Este, ha igualmente jugado un rol considerable en la historia reciente del efecto invernadero. Investigadores rusos, americanos y franceses, entre los cuales el glaciólogo Claude Lorius, han medido en una muestra de hielo profundo las temperaturas, las concentraciones en aerosoles y en gases de efecto invernadero, así como otros parámetros del clima y del ambiente de la Tierra en el pasado. Los resultados científicos son impresionantes: se observa un aumento espectacular de la tasa de CO₂, de metano (CH₄) y de protóxido de nitrógeno (N₂O) en la atmósfera a partir de los años 1750, período correspondiente al comienzo de la era industrial.

Comentarios comunes a los artículos precedentes: El fenómeno de calentamiento global es responsable del ascenso del nivel del mar, tanto porque al aumentar la energía cinética de las partículas del cuerpo oceánico aumenta su volumen, o sea, razones térmicas; como por el hecho de incorporar agua derretida de los hielos continentales a los mares. Así como un vaso de agua con hielo no se derrama al derretirse éste, los témpanos flotantes no causan aumento del nivel del océano, pero los hielos derretidos del Cono Sur de América, de las nieves y glaciares Andinos, de la Antártida y Groenlandia, de Siberia, Pirineos, Alpes, Tibet y los Himalayas, por ejemplo, si son nuevos líquidos incorporados al océano; con la gravedad que traen otras temperaturas. Son precisamente las diferencias de temperaturas de los océanos los que causan las corrientes marinas, por las cuales se uniformiza la temperatura de las estaciones de invierno, para que no sean tan heladas, como las del verano, para que no sean tan cálidas. Pero una pérdida de ese gradiente podría detener o cambiar estas corrientes, causando una catástrofe global, sea por exceso de frío como inicio de una nueva era glacial, sea por inicio de nuevas olas de calor, para inicio de una nueva era de desertización.

También vale recordar que antes de la última glaciación los océanos estaban a más de cien metros bajo el nivel actual. Que ciudades mitológicas de Tebas, Alejandría o el mito de Atlántida están ahora bajo las aguas oceánicas, producto de los cambios climáticos sucedidos al final de la última era glacial.

En Venezuela podemos ver cómo los cardones y tunas, vegetación cactácea ocupaba la mayor parte de la cordillera Litoral, como lo demuestran estudios del polen depuesto en la planicie lacustrina del Lago de Tacariguas o Valencia, hace casi nueve mil años, que hoy subsisten en la depresión de Carora; mientras que esos cambios climáticos provocaron la extensión de los Mayas y otras culturas en Centro-América, en nuestro territorio causaron un impacto positivo al facilitar la expansión de los relictos de selvas carboníferas que hoy constituyen la selva nublada de nuestras cordilleras. De otro lado, las actuales inundaciones de zonas en las que llueve muy poco y con grandes lapsos de recurrencia, como la región Coreana o del Estado Falcón, que las inundaciones han sido más consecuencia de la subida del nivel del mar que no ha evacuado los excedentes de las precipitaciones extraordinarias.

Si bien en nuestra Cordillera Litoral el fenómeno de las lluvias diluvianas es muy frecuente, quizá el único lugar del mundo donde puede haber una lluvia con más de la mitad de la media anual de precipitación con recurrencia entre 4 y 5 años; pero que afortunadamente no ocurre nunca sobre el mismo lugar, sino entre la Sierra de Nirgua y Cabo Codera, en cualquiera de las vertientes; fenómeno hoy conocido como “vaguadas”. No obstante, los efectos del cambio climático ya han provocado sequías extremas, como la de 2009, con precipitaciones extremas, como las de 2008 y 2010.

Por su parte, en Europa ya han conocido olas de calor extremas como las de 2003 y 2004, y olas de heladas, como la que existe en este otoño, aún sin iniciar el invierno muchos aeropuertos han debido cerrar por la congelación de pistas, aviones y tormentas de hielo.

Para que no duerman más, todos estos trastornos del clima son consecuencia de apenas un incremento neto de 0,74 °Celsius. ¿Qué debemos esperar si en Cancún se acepta el límite de 2,5 °C que proponen los países industrializados? ¡Que el clima nos agarre confesados!

Pensamiento del día

“En la vida hay algo peor que el fracaso: el no haber intentado nada”.

Franklin Delano Roosevelt

Agradecimientos

Agradecemos en primer lugar a todos los que aceptaron el envío de la revista y que ponen de manifiesto su interés por estos temas de alcance mundial que nos afectan a todos. Gracias! por su confianza y por permitirnos estar allí.

Revista “Mundo Sobrepoblado”. Año 2010

Editores: **Carlos Bordón y Aitor Achutegui**

Para ver éste y otros números ya publicados consulte nuestra página web:
www.mundosobrepoblado.org

Para sugerencias, opiniones y suscripciones: mundosobrepoblado@gmail.com
Si este mail le llega repetido notifíquelo. Perdone las molestias.

Su dirección no será revelada ni utilizada para enviar correos indeseables (*spam*).