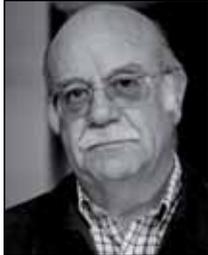

Nosotros somos la gran amenaza



Santiago Hernández Fernández
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos



Santiago Hernández Alonso
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

Resumen

Se analizan las causas que motivan las grandes variaciones del clima terrestre desde la aparición de la vida y las beneficiosas consecuencias del efecto invernadero natural; la hipótesis Gaia de James Lovelock, como teoría sencilla que abarca una complejísima realidad; los efectos reales del calentamiento actual que pueden apreciarse sobre algunos animales y plantas; para terminar comentando la dificultad de cuantificar las consecuencias del cambio climático ahora, los intereses implicados y unas breves conclusiones, con la gran pregunta.

Palabras clave

Cambio climático, efecto invernadero, cambios fenológicos, efectos sobre la biosfera, hipótesis Gaia, clima terrestre

Abstract

The article examines the causes behind the great variations in the Earth's climate ever since life began and the beneficial consequences of the natural greenhouse effect. Consideration is given to James Lovelock's Gaia theory, as a simple theory covering a complex reality, before moving on to examine the real effects of warming that may be currently observed in certain animals and plants. The article concludes by commenting on the present difficulty in quantifying the consequences of climate change and the interests involved in the same among other factors.

Keywords

Climate change, greenhouse effect, phenological changes, effects on the biosphere, Gaia hypothesis, the Earth's climate

1. El clima terrestre cambia continuamente a velocidad geológica

El astrónomo yugoslavo Milutin Milankovitch descubrió, entre 1920 y 1930, las causas que provocaban las variaciones de radiación solar recibidas por la tierra, es decir: a) la Tierra gira alrededor del sol describiendo una “órbita elíptica” y el Sol está en uno de sus focos; b) la “excentricidad” de la órbita terrestre pasa de más elíptica a más circular, cada 100.000 años; c) la Tierra realiza un lento balanceo, similar al de una peonza (movimiento de “precesión”), cada 25.700-25.900 años; d) finalmente su eje de rotación tiene, además, un movimiento de oscilación por la atracción de la Luna (movimiento de “nutación”), con un ciclo de 18,6 años.

Por su parte el Sol, con sus reacciones nucleares, “incrementa su luminosidad” un 10 % cada 1.000 millones de años (<http://foro.tiempo.com/variables-climaticas-a-nivel-mundial-t78734.0.html>).

También conocemos el flujo del calor solar en la Tierra: a) llegan $1,74 \times 10^{17}$ w, a la sección transversal terrestre que, en el exterior de la atmósfera equivale a “ 1.366 w/m^2 ”; b) como llega más calor al ecuador que a los polos, hay un flujo de calor hacia los polos para equilibrar el sistema que es el motor de los movimientos del aire atmosféricos y de las corrientes oceánicas, distribuidoras del calor; c) “el transporte total de calor de la zona cálida hacia la zona fría se estima en unos $5,5 \times 10^{15}$ w. Se acepta que el transporte a través de la máquina atmosférica cuadruplica, más o menos, el transporte a través de la máquina oceánica” (Ramón Margalef, “Planeta azul, planeta verde”, 1992).

La energía solar que llega al planeta es: a) absorbida por la atmósfera (16 %), las nubes (3 %) y por la superficie terrestre (51 %); b) reflejada directamente al espacio por el aire (6 %), las nubes (20 %) y la superficie terrestre (4

%). El flujo entrante (30 %), de alta frecuencia, atraviesa la atmósfera con facilidad. Pero el 70 % absorbido es emitido a baja frecuencia y es interceptado por los gases de efecto invernadero. Estos gases son, principalmente, el dióxido de carbono (CO_2), el vapor de agua, el metano y el ozono. Si no existieran estos gases la temperatura superficial media sería de unos -18°C .

Teniendo en cuenta que: a) la troposfera contiene el 75 % de la masa de gases totales que componen la atmósfera; b) el 99 % de la masa atmosférica se encuentra por debajo los 30 km de altura (GCCIP, 1997; Miller, 1991) y c) es la zona donde se producen todos los fenómenos meteorológicos y donde los gases de efecto invernadero producen su acción benéfica de forma natural.

Podemos aceptar que hacemos muy mal cuando contaminamos y modificamos sus componentes, pues esta delgada capa de gases es la que ha mantenido los equilibrios necesarios para hacer que nuestro planeta sea habitable para nosotros y todo el resto de la biocenosis terrestre.

Finalmente, la “geodinámica interna”, con el movimiento de las placas terrestres, cambia de lugar los continentes, abriendo y cerrando mares, y modifica el relieve creando montañas, que alteran o interrumpen las corrientes marinas y la circulación de borrascas, modificando el clima drásticamente.

La resultante de todas las fuerzas presentes en este complejo sistema se mantiene en equilibrio dinámico, dando lugar al variadísimo clima terrestre y a sus fuertes oscilaciones, a corto, medio y largo plazo. Hablando en términos geológicos, el clima terrestre está variando continuamente, con etapas, en que se suceden periodos glaciales e interglaciales, de decenas y centenas de millones de años, en los que buena parte del planeta ha estado congelado y el nivel del mar oscilaba ± 100 metros.

Pero existe una característica común en todos estos “cambios naturales”: que se producían en plazos de tiempo muy largos y la biocenosis se adaptaba evolutivamente a ellos. Por citar un ejemplo, después de la última glaciación de Würm (hace 13.000 años) los bosques de robles volvieron a ocupar Europa, desde Andalucía hasta Noruega, Suecia y Finlandia, en poco más de 6.000 años a medida que se apartaban los hielos (‘La epopeya de los robles europeos’, Mundo Científico 2001, nº 225).

Cuando los cambios se producían bruscamente, por choques de meteoritos o catástrofes geológicas masivas, teníamos las grandes extinciones cuyas consecuencias biológicas tardaban decenas, o cientos, de millones de años en recuperarse. Se han producido unos 20 episodios de extinciones masivas, 5 de ellas más conocidas por su enormes efectos.

2. Hipótesis Gaia reguladora del clima planetario

Viendo la figura 1 –evolución de las temperaturas según Veizer–, resulta sorprendente que “la temperatura media global del planeta se haya conservado en un intervalo de solamente unos 12°C ”, entre $+9^\circ\text{C}$ y -3°C sobre la temperatura actual, desde que aparece la vida. Es decir que el “efecto invernadero natural” nos haya protegido muy eficazmente con nuestra aparentemente “frágil atmósfera”.

En su hipótesis Gaia, James Lovelock, consideraba que la vida no solo influye colectivamente en su medio ambiente, obteniendo condiciones más favorables para su existencia, sino que es la vida misma quien regula y controla su medio ambiente. Lovelock defendía –ver la figura 2, la vida como agente geológico Lovelock (1988)– que la aparición de la vida sobre la tierra cambió drásticamente la temperatura en la superficie del planeta. Los pasos fueron primero reducir la concentración de CO_2 , generar metano (CH_4) y elevar la cantidad de O_2 ; para, luego, bajar la concentración de CH_4 , mientras seguía reduciendo el CO_2 y subiendo el O_2 . El contenido del ‘cuadro de Lovelock’ no puede ser más elocuente. La vida terrestre ha reducido drásticamente el CO_2 , ha elevado al 79 % el N_2 y al 21 % el O_2 . Además, la temperatura de Tierra sin vida, que debería ser de 290°C , ha sido reducida a unos 13°C .

Es una teoría que muestra de forma original, sencilla y bonita, un modelo práctico que integra la complejidad de un sistema, del que no sabemos casi nada, permitiendo orientar muchas hipótesis y formular nuevos problemas. Lo cierto es que la vida cambió al planeta y ambos evolucionaron miles de millones de años juntos. Creo que, seguramente como Darwin, Lovelock tiene razón.

Hay una afirmación que me ha sorprendido por su valentía, me refiero a la de Ramón Margalef en su libro ‘Planeta azul, planeta verde’, en 1992, que dice así: “Pero, si se sabe leer entre líneas el libro de Lovelock, se comprende que uno de los mecanismos de regulación de la biosfera o de Gaia, tan eficaz como el que más, puede consistir,

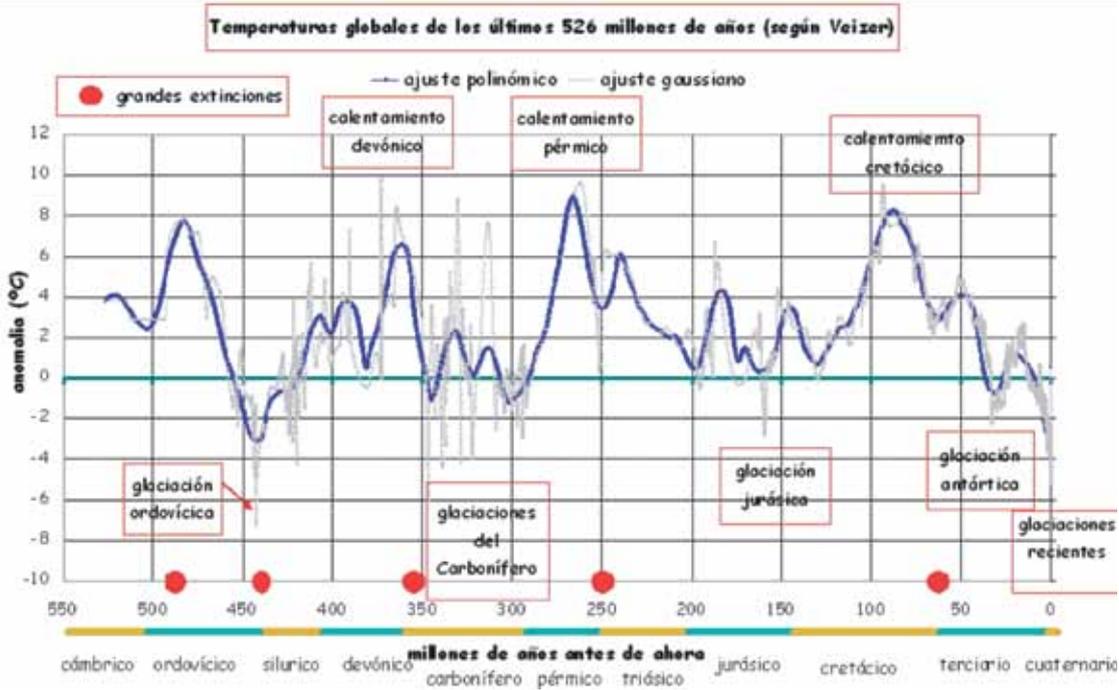


Fig. 1. Evolución de las temperaturas según Veizer

La vida como agente geológico

Gas	Venus	Tierra (muerta)	Marte	Tierra (viva)
CO ₂	98 %	98 %	95 %	0,03 %
N ₂	1,9 %	1,9 %	2,7 %	79 %
O ₂	trazas	trazas	0,13 %	21 %
Temperatura (°C)	477	≈290	-53	13

Fuente: LOVELOCK (1983)

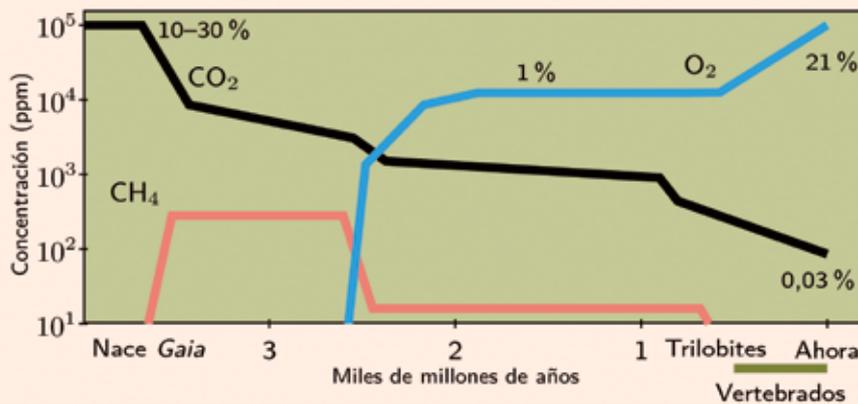


Fig. 2. La vida como agente geológico Lovelock (1988)

pura y simplemente, en eliminar la especie humana si su comportamiento se aparta demasiado del conveniente”.

Tenemos muchas dudas sobre el balance global del ciclo del Carbono (C) en el planeta, pues los cálculos de la “producción antrópica” de 6,8 Pg C/año, suma de la producida por los combustibles fósiles (5) más la debida a la deforestación (1,8), no coincide con el incremento global medible de 4,6 Pg C/año, (3) en la atmosfera más (1,6) en los océanos (Fuente: IPCC 1995). ¿Dónde van los 2,2 Pg C/año que faltan?

Tampoco estamos seguros de los posibles sumideros de CO₂, ni del comportamiento y evolución, por ejemplo de: los bosques templados “fertilizados” del hemisferio norte, la reforestación de áreas antes cubiertas por pastizales, la biomasa del suelo edáfico, del fondo del océano, del permafrost, etc.

Lo cierto es que lanzamos a la atmósfera cantidades enormes de vapor de agua (el que más contribuye al efecto invernadero), CO₂, CH₄, NO_x, O₃ y Clorofluorocarbonos CFC. Alterando sus proporciones en la troposfera y contaminándola en las capas altas con los vuelos de los aviones. Y existen demasiadas interrelaciones desconocidas, entre los factores bióticos y abióticos, como para establecer muchas certidumbres.

Francisco Díaz Pineda dice que el CO₂ de la atmósfera y los acúmulos de hormigón en las construcciones eran los mejores indicadores de la presencia actual del hombre en la biosfera (‘El ciclo del carbono en el globo’, El Campo de las ciencias y las artes. BBVA, nº 137, páginas 111-140, 2.000). Ambas cosas, emisiones contaminantes y modificación de la superficie productiva, contribuyen a desestabilizar los procesos que controlaban el “efecto invernadero natural”.

3. Efectos reales sobre la biosfera

Algunas plantas florecen antes

Richard Fitter anotó gran cantidad de datos fenológicos entre los años 1954-1989 y su hijo Alastair Fitter lo hizo entre 1990-2000. Cuando en 2001 se confirmaba que la Tierra se estaba calentando, Alastair repasó las notas tomadas por ambos durante 45 años en el mismo lugar de Oxford, y encontró que: la floración de 385 plantas se había adelantado de media de 4,5 días y, de ellas, 60



La fenología del carbonero común (*Parus major*) ya ha sido afectada por la subida de la temperatura primaveral (Foto: Javier Tamargo)

especies que florecían de media 15 antes. Alastair Fitter se adelantó afirmando: “Las temperaturas en aumento están degradando los eslabones de las cadenas alimentarias y la eficiencia de algunos organismos para sobrevivir en sus hábitats”.

Aves, árboles y orugas desacoplan sus fenologías

Marcel E. Visser, del Instituto Holandés de Ecología, estudió las actividades de 400 parejas reproductoras de carbonero común (*Parus major*), en el Parque Nacional de Hoge Veluwe, desde 1955. Encontrando que entre 1985 y 2003, pusieron los huevos casi el mismo día, es decir que no cambió su fenología, aunque la temperatura primaveral durante esos 18 años subió 2 °C.

Sin embargo, esa subida de la temperaturas primaverales de 2 °C en la región sí cambió, y de forma bien diferente, la fenología de las orugas de la mariposa nocturna (*Opeprophthera brumata*), que sirve de alimento a los polluelos del carbonero junto a otras especies menos abundantes y la fenología de la apertura de las yemas del roble.

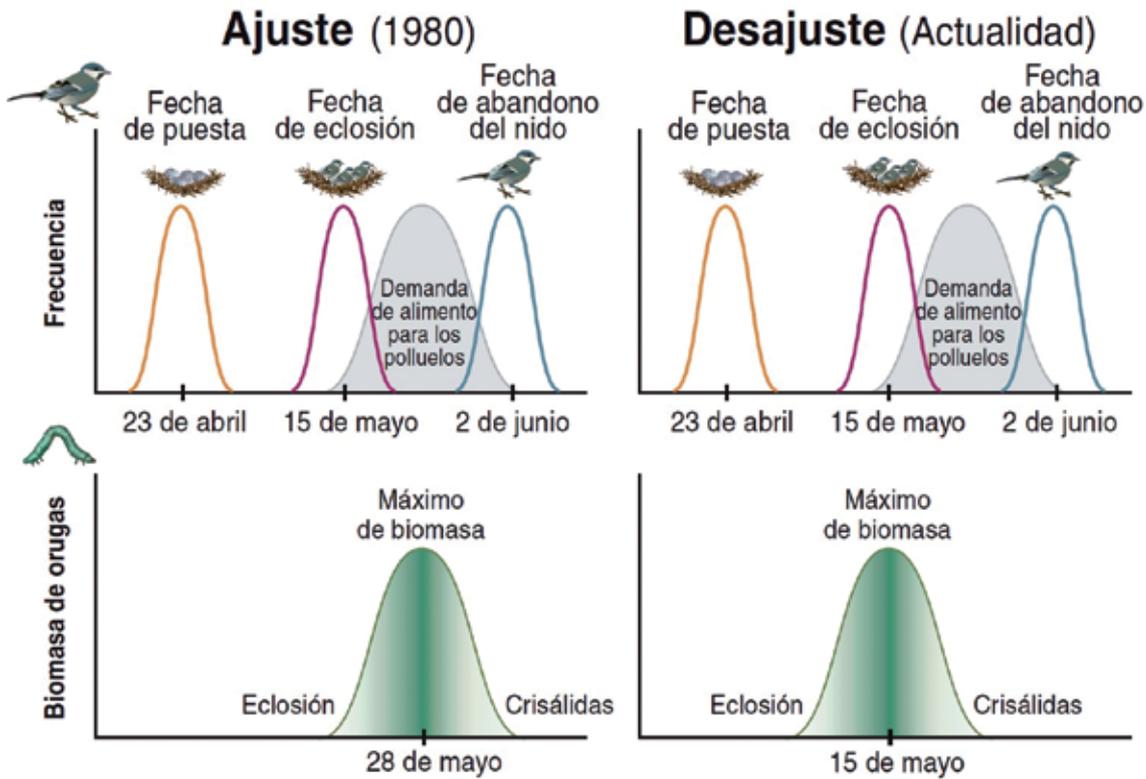


Fig. 3. Esquema de Marcel E. Visser, sobre el desacople fenológico del Carbonero Común (*Parus major*) con la mariposa nocturna (*Operophtera brumata*)

La fenología de las orugas adelantó la eclosión 15 días y por tanto el máximo de biomasa de orugas disponible mientras que las yemas brotaban ahora 10 días antes que en 1985. Las orugas se alimentan de hojas tiernas de roble (aun sin tanino) y para que sobrevivan las orugas deben nacer cuando las yemas revientan, de modo que si se adelanta más de 5 días o se retrasa más de 15, morirán –ver la figura 3, esquema de Marcel E. Visser, sobre el desacople fenológico del carbonero común (*Parus major*) con la mariposa nocturna (*Operophtera brumata*)–.

Esto es solamente un ejemplo de desacople entre el carbonero (ave), el roble (árbol) y la polilla (insecto), por no responder de la misma forma a un aumento de temperatura. Pero el problema es bastante más complejo pues:

- la eclosión de los pollos del carbonero se decide un mes antes, según sean las temperaturas de principio de primavera.
- la eclosión de las orugas de la mariposa depende de dos factores: del número de heladas en invierno y a principio

de primavera y de la temperatura del invierno y principio de primavera.

- Los robles tienden a ajustar el estallido de sus brotes según las temperaturas de finales de primavera.

Las aves migratorias tienen más problemas

Según Christian Both, de la Universidad de Groninga, el papamoscas cerrojillo (*Ficedula hypoleuca*), migra 5.000 km (desde África Tropical occidental a Holanda). Como estos carboneros, alimentan sus crías con orugas que han adelantado 15 días su eclosión y, ellos, siguen llegando a Holanda en la misma fecha, porque la “señal” para abandonar África la marca el “fotoperiodo”, se desacoplan sus fenologías.

Hasta ahora han respondido acortando 10 días (desde 1980) el descanso que tenían, al llegar, previo a la reproducción. Por eso, solo los papamoscas más madrugadores tienen una descendencia sana (bien alimentada) y el resto tienen pollos con peso inferior al normal y la mayoría



Esta rarísima cigüeña negra (*Ciconia nigra*), que viene desde África para criar en Monfragüe, tendrá que soportar cambios fenológicos más graves (Foto: Manuel Pérez Vega)

no retorna al año siguiente. Visser y Both sospechan que este mismo mecanismo podría haber intervenido en la caída demográfica de otras aves migratorias europeas en los últimos años.

Miles de años de coevolución han sincronizado los ciclos biológicos de las tres especies. Pero el problema puede resultar mucho más grave para las especies que emigran, pues:

- Usan “señales” (temperatura y fotoperiodo) de un hábitat para llegar a otro distinto.
- El clima no está variando de manera uniforme en todo el planeta.
- El calentamiento global no tiene influencia sobre el “fotoperiodo”.

En estas condiciones las especies que emigran, incluso a grandes distancias (mamíferos, aves, reptiles y peces) pueden llegar demasiado tarde o demasiado pronto, para sobrevivir a los cambios.

(Los datos anteriores han sido tomados de: “Pérdida de sincronía en los ecosistemas” Daniel Grossman. Investigación y Ciencia, marzo, 2004).

4. Estamos produciendo un cambio climático

Como en todos los problemas complejos, hay división de opiniones en el plano técnico, quizás porque hay exceso de información sin contrastar y, sobre todo, porque no están claras las bases sobre las que se discute, los sistemas de investigación, las características de los modelos, la validación de los resultados, etc.

Aunque la corriente informativa, de forma mayoritaria, defiende la tesis del ‘cambio climático’, habría que escuchar también a quienes están en contra, pues también tienen argumentos rigurosos aunque sus noticias son menos difundidas. Desconfío siempre de lo “políticamente correcto” que, en este caso, es admitir el cambio climático.

Me pareció “un poco sospechoso” que un señor que fue vicepresidente de los EE. UU., con toda la influencia que eso supone, durante 8 años (1993-2001) no hiciera nada para luchar por el cambio climático y, que después de



Abejaruco (*Merop apiaster*), precioso pájaro también africano que cría en España y tiene que acomodarse a los cambios climáticos de dos lugares alejados (Foto: Ángel Rodríguez)

perder las elecciones a presidente en 2001, se transforme en el abanderado del cambio climático, con la superficialidad y las verdades a medias de un documental que pasó al libro 'Una verdad incómoda'. Le critican que en los siguientes años incrementara notablemente su fortuna y que consiguiera numerosos premios, entre ellos el Premio Príncipe de Asturias y el Premio Nobel de la Paz. Me refiero, naturalmente a Albert Arnold Gore (Al Gore).

Tras del cambio climático, hay muchos intereses de empresas, países y gobiernos, muchas veces, ajenos a las inquietudes de los 7.000 millones de habitantes del planeta, capaces de movilizar grandísimos recursos económicos y quizás dispuestos a condicionar los trabajos de investigación.

En conclusión

Nosotros (la civilización occidental) somos la gran amenaza que está arrastrando al resto de países.

Con nuestras emisiones, se están produciendo cambios en los flujos de los gases de efecto invernadero y otros contaminantes, cuyo estudio no sabemos abordar.

Sus efectos pueden estar afectando a todos los ecosistemas del planeta, a sus complejas relaciones internas y a las, aún más desconocidas, interrelaciones entre unos y otros.

No estamos seguros de a qué parte de las especies vivientes afectará, ni cuáles serán las indicadoras de mayores desajustes globales, ni cómo pueden interferir sobre los flujos migratorios entre los ecosistemas conectados, etc.

Ni siquiera conocemos el número de especies vivientes y mucho menos sus nichos ecológicos, sus interrelaciones o las respuestas a los posibles cambios. Tenemos que resolver un problema que tiene muchas más incógnitas que ecuaciones.

Solo sabemos, por lo que hemos visto en cambios geológicos anteriores, que cuando se producen cambios globales, la inercia térmica del planeta necesita miles o millones de años para volver a la situación de equilibrio anterior. Es decir que cuando notemos los efectos del cambio climático, si se produce realmente, será muy tarde para reaccionar.

¿Cuál es el futuro del planeta?

¿Seremos (los países causantes del problema), capaces de convencer al resto de naciones del mundo de que para resolver este problema es necesario:

- a) repartir los recursos del planeta entre todos los países y todos sus habitantes,
- b) que cada país costee la gestión y el reciclaje de sus residuos y emisiones,
- c) que cada país asuma su huella ecológica y las externalidades de su actividad,
- d) que todos los bancos del planeta adopten las tesis de la "Economía Ecológica",
- e) contar con la inercia térmica del planeta, incapaz de actuar en tiempo humano, y
- f) asumir que nosotros, la sociedad occidental, somos los responsables del problema?

¡Vosotros mismos! **ROP**