

## Algunas consideraciones sobre el cambio climático, el calentamiento global y las energías renovables en aplicaciones masivas

Al hablar del cambio climático y el calentamiento global, se analiza fundamentalmente el aspecto de las emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera como las principales causantes de este efecto planetario.

El CO<sub>2</sub> estaba en la atmósfera en concentraciones de 280 partes por millón (ppm). La composición del aire es la siguiente:

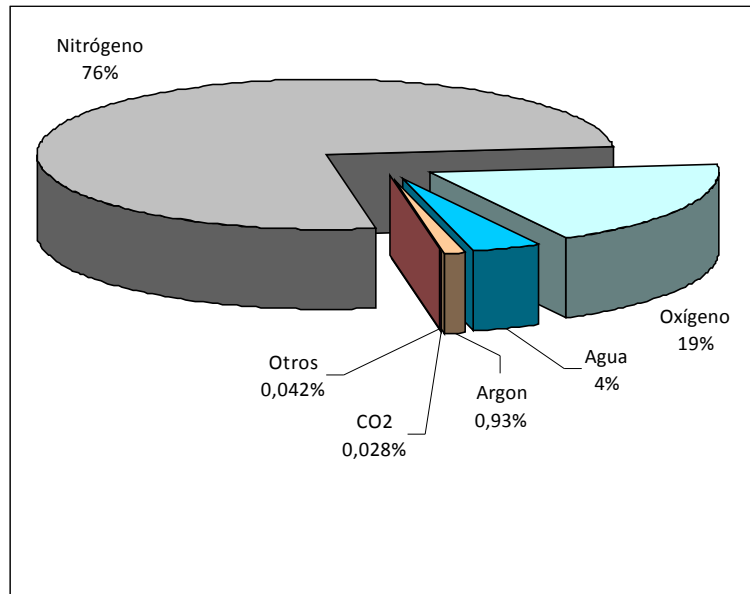


Figura 1. Composición básica de la atmósfera terrestre.

Esto es, la cantidad que había en la atmósfera era de un 0,028%. La actividad humana, principalmente la quema exponencialmente acelerada desde hace siglo y medio, pero con especial énfasis en los últimos 50 años, es más que probablemente la principal y única responsable de que el porcentaje de este gas haya subido en la atmósfera de un 0,028% a un 0,038%. Esto es, ha subido un 0,010%. O lo que es lo mismo:

**El aumento del CO<sub>2</sub> causado por el hombre, supone, en volumen, una afectación de una diezmilésima parte de la atmósfera terrestre.**

En esto, todos los científicos están básicamente de acuerdo, por las constataciones que hay en los diferentes centros de medición en los lugares más remotos del mundo y desde hace ya mucho tiempo, que han observado este aumento acelerado del CO<sub>2</sub> en la atmósfera.<sup>1</sup>

Siendo la atmósfera una de las tres grandes partes de la biosfera, pues aunque el aire envuelve la Tierra, también el agua y la capa fértil de la tierra son biosfera y tienen además cierta capacidad de almacenar y disolver también CO<sub>2</sub>, se puede considerar que la afectación antrópogénica bastante menor que 1/10.000.

<sup>1</sup> Hay tantas referencias sobre el efecto del CO<sub>2</sub> sobre el cambio climático y el calentamiento global, que aquí solo utilizaré por reducción algunas citas del profesor Antonio Ruiz de Elvira, que representa en España al European Climate Forum. Por tanto, tampoco mencionaré las muchas posturas científicas que también existen en contra de la creencia de que este aumento del CO<sub>2</sub> sea el responsable probado de ningún cambio climático global, irreversible y desastroso a escala planetaria.

Con este incremento de un gas que sirve al crecimiento de las plantas, de repente parecen haberse caído a muchos científicos una venda de los ojos y han descubierto que este incremento es el que ha provocado algunos cambios sensibles en la biosfera: el deshielo de grandes masas en los círculos polares, algunos cambios en el régimen de lluvias, la intensificación y aumento de fenómenos atmosféricos violentos, como huracanes y tornados y demás.

La razón que se esgrime, se basa no tanto en la cantidad que se aporta a la atmósfera de origen antrópico, sino más bien en que el ecosistema terrestre es un sistema complejo y no lineal. Esto quiere decir que pequeñas variaciones que se provocan en el sistema pueden producir efectos considerables en el mismo, no proporcionales a la causa que los origina. Algo parecido al efecto mariposa, que sugiere que un simple aleteo de mariposa en un lugar puede devenir en tornado en otro lugar del mundo.

Para ello, utilizan formulaciones muy complejas, desde luego, no lineales, con muchas variables, análisis en cuatro dimensiones y utilizando hasta ecuaciones diferenciales, como las que se muestran a continuación

$$\begin{aligned}
 -\frac{1}{\rho_a} \left( \frac{\partial}{\partial t} + u_a \frac{\partial}{\partial x} + v_a \frac{\partial}{\partial y} + w_a \frac{\partial}{\partial z} \right) \rho_a &= \nabla \cdot \vec{v}_a \\
 \left( \frac{\partial}{\partial t} + u_a \frac{\partial}{\partial x} + v_a \frac{\partial}{\partial y} + w_a \frac{\partial}{\partial z} \right) u_a &= -\frac{1}{\rho_a} \frac{\partial p_a}{\partial x} - \frac{\partial \phi_a}{\partial x} + F_{ax} + 2\Omega v_a \\
 \left( \frac{\partial}{\partial t} + u_a \frac{\partial}{\partial x} + v_a \frac{\partial}{\partial y} + w_a \frac{\partial}{\partial z} \right) v_a &= -\frac{1}{\rho_a} \frac{\partial p_a}{\partial y} - \frac{\partial \phi_a}{\partial y} + F_{ay} - 2\Omega u_a \\
 \left( \frac{\partial}{\partial t} + u_a \frac{\partial}{\partial x} + v_a \frac{\partial}{\partial y} + w_a \frac{\partial}{\partial z} \right) w_a &= -\frac{1}{\rho_a} \frac{\partial p_a}{\partial z} - \frac{\partial \phi_a}{\partial z} + F_{az} \\
 \left( \frac{\partial}{\partial t} + u_o \frac{\partial}{\partial x} + v_o \frac{\partial}{\partial y} + w_o \frac{\partial}{\partial z} \right) u_o &= -\frac{1}{\rho_o} \frac{\partial p_o}{\partial x} - \frac{\partial \phi_o}{\partial x} + F_{ox} + 2\Omega v_o \\
 \left( \frac{\partial}{\partial t} + u_o \frac{\partial}{\partial x} + v_o \frac{\partial}{\partial y} + w_o \frac{\partial}{\partial z} \right) v_o &= -\frac{1}{\rho_o} \frac{\partial p_o}{\partial y} - \frac{\partial \phi_o}{\partial y} + F_{oy} - 2\Omega u_o \\
 \left( \frac{\partial}{\partial t} + u_o \frac{\partial}{\partial x} + v_o \frac{\partial}{\partial y} + w_o \frac{\partial}{\partial z} \right) w_o &= -\frac{1}{\rho_o} \frac{\partial p_o}{\partial z} - \frac{\partial \phi_o}{\partial z} + F_{oz} \\
 \frac{\partial T_a}{\partial t} &= \vec{v}_a \cdot \nabla T_a + \omega \left( \kappa \frac{T_a}{p_a} - \frac{\partial T_a}{\partial p_a} \right) + \frac{Q}{c_p} p_a = \rho R_d T_{av} \\
 \rho_o &= \rho_o(T_o, S_o, p_o) \\
 S_o &= S_o(\text{lluvia y fusión del hielo}) \\
 \text{Acoplo Oceano} \longrightarrow \text{Atmosfera: } Q &= Q(T_o - T_a) \\
 \text{Acoplo Atmosfera} \longrightarrow \text{Oceano: } \vec{F}_o &= \mathcal{F}(\vec{V}_a) \\
 V_a &= (u_a, v_a, w_a) \\
 V_o &= (u_o, v_o, w_o) \\
 \vec{v}_a &= (u_a, v_a)
 \end{aligned}$$

Figura 2. Ecuaciones diferenciales para modelizar el comportamiento de la atmósfera y el clima

Además de ecuaciones para el hielo, en función de la temperatura del aire y del océano; el albedo en función de la extensión del hielo, las ecuaciones para la vegetación y demás.<sup>2</sup>

Es decir, que la modificación por parte del hombre de algo menos de 1/10.000, se cree que está provocando graves e irreversibles alteraciones del clima terrestre y de otras actividades.

<sup>2</sup>Antonio Ruiz de Elvira. Jornadas sobre el cambio climático. CEMACAM. Murcia. 2008.

Por eso llama la atención que para solucionar este problema se proponga producir la energía que causa el calentamiento global y el cambio climático, que asciende a casi 10.000 millones de toneladas de petróleo equivalente, en forma de petróleo, carbón y gas natural, mediante las llamadas energías renovables.

Hay muchas organizaciones ecologistas, productores de sistemas llamados renovables y hasta muchos gobiernos, que proclaman o al menos esbozan la necesidad de evitar cuanto antes y cuanto más mejor, las emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera. Aunque hay algunos intentos de hacer lo que se llama la “captura y secuestro del carbono”, a base de inyectar el gas producido por la combustión de los fósiles en grandes profundidades marinas o en minas o cuevas estancas, la realidad es que la quema es difusa y los almacenes posibles pocos y lejanos de los puntos de emisión.

Por ello, lo que se plantea es sustituir la energía fósil por las llamadas renovables. De entre los muchos ejercicios que se han planteado, casi todos ellos parciales, locales, o como mucho nacionales, no alcanzan dimensiones que puedan ser consideradas suficientes. Los países más adelantados del mundo en renovables, Alemania, Japón, España o Dinamarca, tienen programas cuyos horizontes a varios años, apenas alcanzan el 20 ó 30%, a veces de su consumo eléctrico, siempre menor que el consumo de energía primaria. Y eso, claro está, es totalmente insuficiente.

La multinacional ecologista Greenpeace es de las pocas que ha hecho el esfuerzo de analizar la sustitución de los combustibles fósiles (y nucleares) con un carácter más global y con mayores ambiciones.

Sus trabajos titulados, entre otros, Renovables 2050, Renovables 100% o (R)evolución energética, son intentos de analizar el potencial renovable y las posibilidades reales de conseguir más o menos la energía que ahora consumimos. Greenpeace no plantea ahorros considerables o cambios del modelo; los ahorros previstos apenas sirven para que en las próximas décadas no se descienda en consumo energético, porque suponen que la sociedad seguirá creciendo económicamente y no lo hace energéticamente, porque ahorra y mejora la eficiencia, básicamente en lo que aumenta la actividad económica. Ese es el enfoque fundamental de Greenpeace, que parece considerar que la actividad humana actual es más o menos sostenible, y que sólo hay que hacerla “respetuosa con el medio ambiente”.

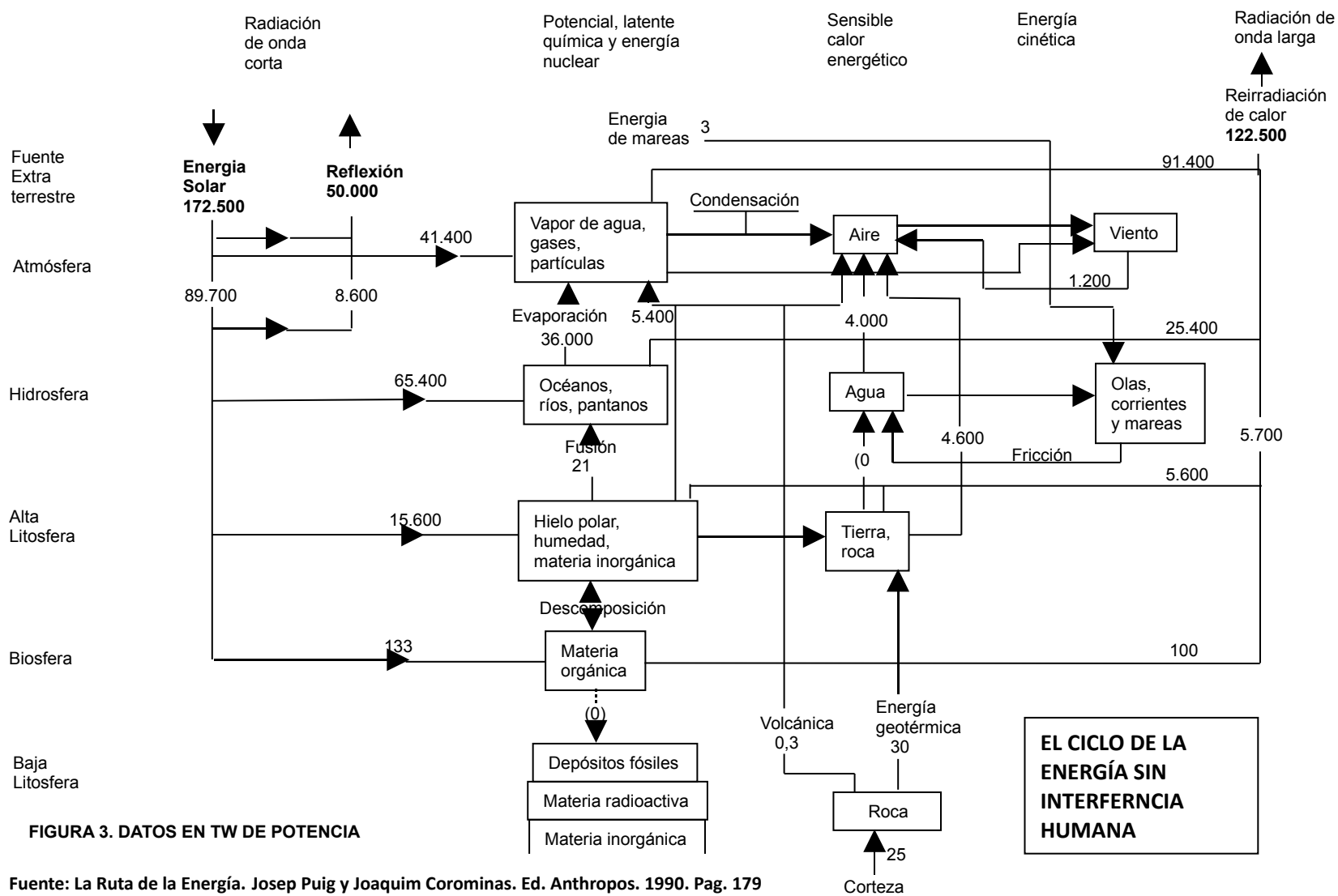


FIGURA 3. DATOS EN TW DE POTENCIA

Fuente: La Ruta de la Energía. Josep Puig y Joaquim Corominas. Ed. Anthropos. 1990. Pag. 179

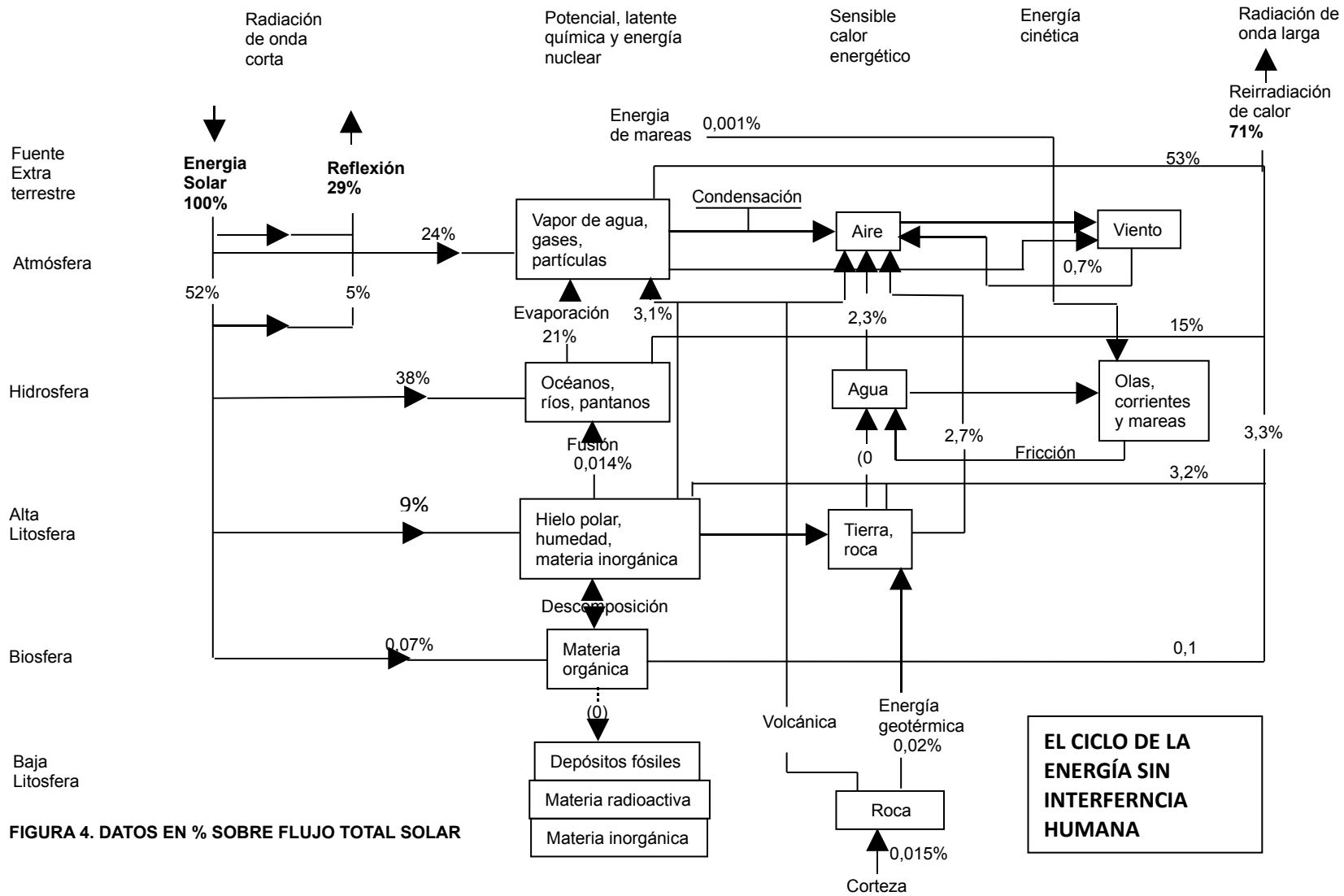
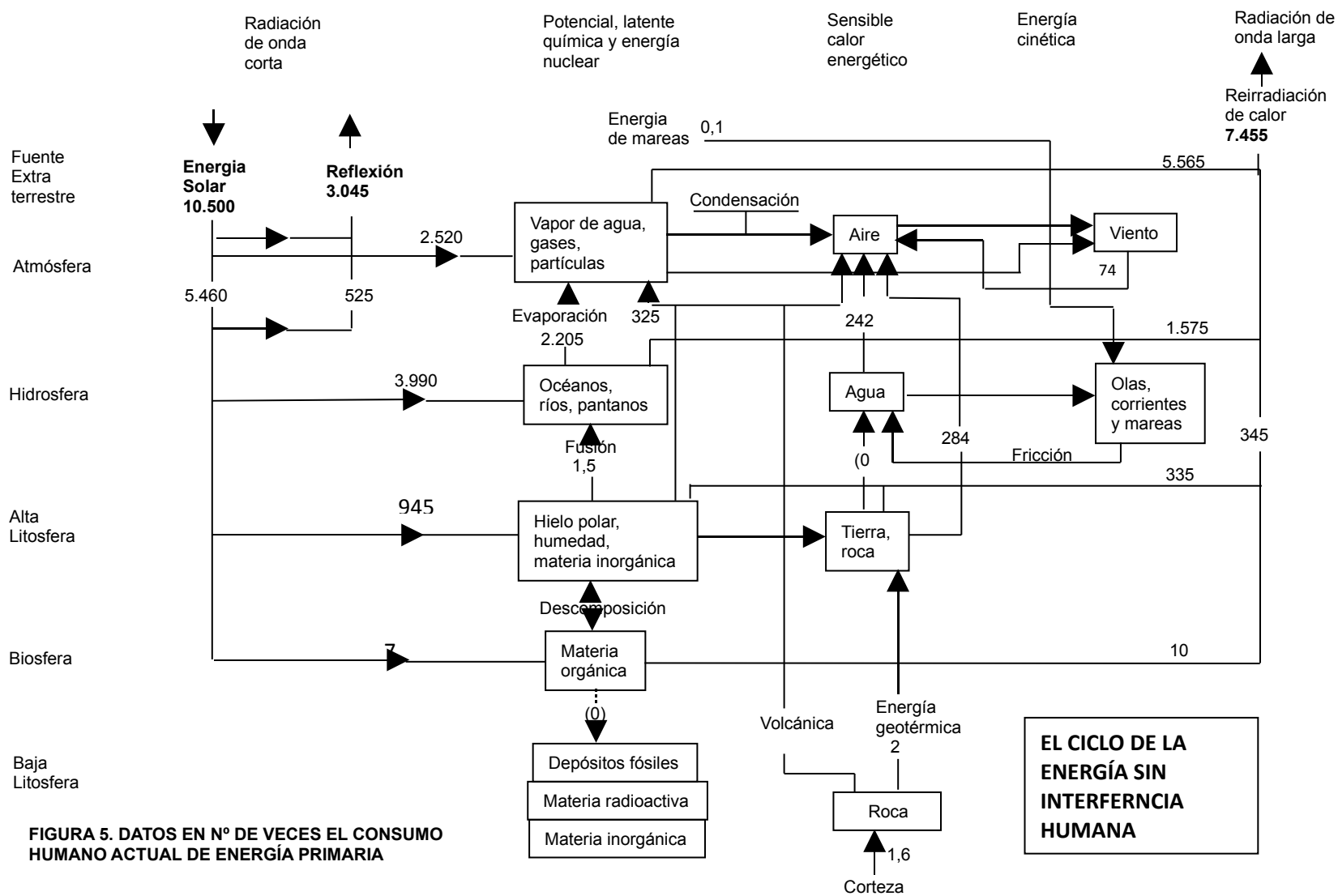
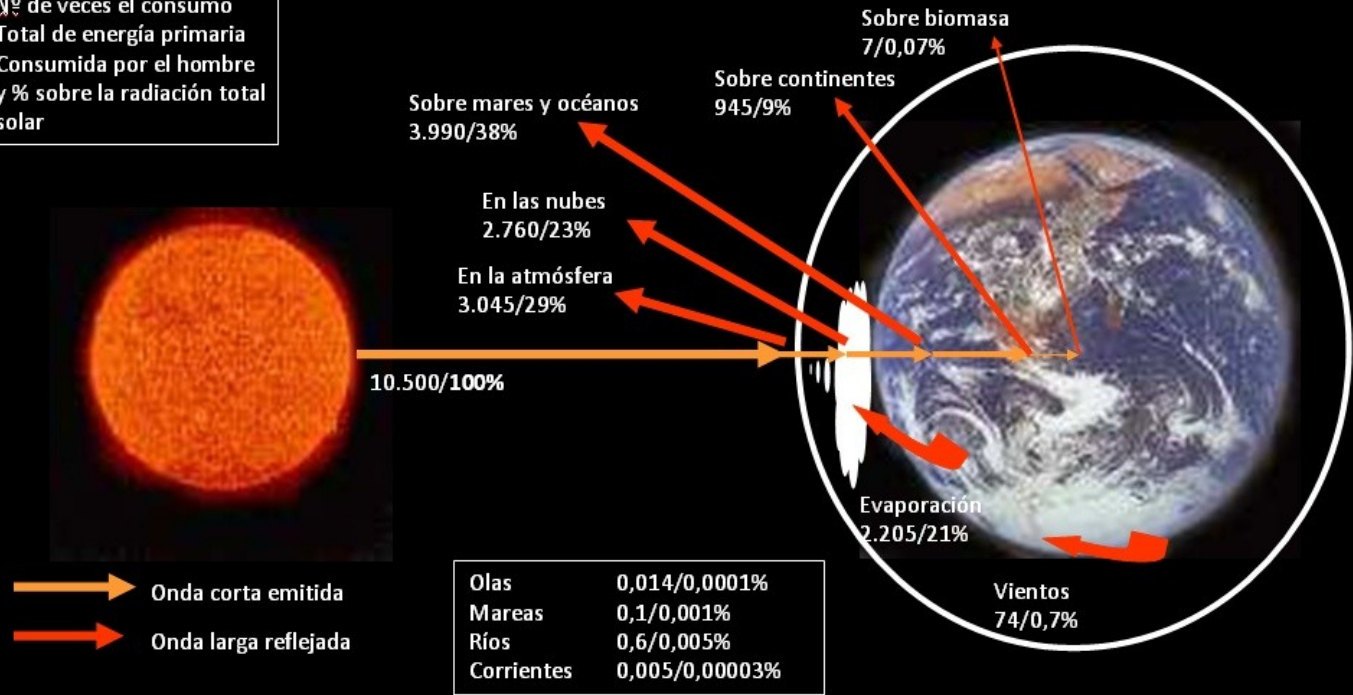


FIGURA 4. DATOS EN % SOBRE FLUJO TOTAL SOLAR



# EL CICLO DE LA ENERGÍA

Nº de veces el consumo  
Total de energía primaria  
Consumida por el hombre  
y % sobre la radiación total  
solar



Fuentes:

Puig y Corominas. *Ibid.*

World Energy Council para las olas. 2 TW para 2.000 TWh/año. <http://www.textoscientificos.com/energia/generacion-energia-olas>

Para corrientes oceánicas: 140 a 750 TWh

FIGURA 6. ESQUEMA INTUITIVO Y RESUMIDO DEL FLUJO DE LA ENERGÍA EN LA TIERRA SIN INTERFERENCIA HUMANA

Para hacerse a la idea de la energía que el ser humano es capaz de transformar y quemar cada año, el cálculo a hacer es el siguiente:

Según BP consumimos unos 12.200 millones de toneladas de petróleo equivalente.

Según sus propias tablas de conversión 1 Tpe = 12MWh.

Luego el consumo humano en TWh equivalentes sería de  $12.200 \cdot 10^6 \text{ Tpe/año} \cdot 12 \text{ MWh/Tpe} = 146.400 \text{ TWh/año}$ .

Si consideramos que el sol despliega sobre la Tierra continuamente una potencia de 172.500 TW y que el año tiene 8.760 horas, resulta que proyecta una energía de 1.511.100.000 TWh.

Luego el sol proyecta cada año sobre la Tierra  $1.511.100.000 \text{ TWh} / 146.400 \text{ TWh} =$  unas 10.321 veces más que el consumo anual humano de energía primaria. Para redondear, utilizaremos la cifra de 10.500 veces.

La figura 6 anterior, resume las figuras 3,4 y 5 anteriores e ilustra de forma intuitiva estas enormes magnitudes, referidas al consumo energético de la humanidad en la actualidad para ponerlas en contexto.

Hay muchos que consideran que este potencial es enorme y que todavía queda mucha energía de estos flujos por explotar en beneficio del hombre.

Pero con una reflexión algo más profunda, de aquí se pueden extraer algunas conclusiones importantes y sorprendentes:

Que hemos llegado a un nivel de impacto en el accionar humano y sobre estos flujos energéticos del 1/10.000. Y si muchos ecologistas y científicos, tan preocupados por el impacto del CO2 sobre el clima y sobre los flujos vitales del planeta, consideran que el mundo puede variar sensiblemente de forma no lineal y con un posible efecto mariposa por cambiar en un 1/10.000 la composición de la atmósfera terrestre al incorporar algo más de un gas que ya tiene, no se entiende muy bien que no muestren preocupación alguna por los efectos no lineales e irreversibles que este consumo puede tener también sobre los flujos planetarios y sobre la vida en la Tierra en general.

Y por supuesto, se entiende aún menos que una gran cantidad de ecologistas y demás partidarios del uso intensivo de las modernas energías llamadas “renovables” consideren tan precipitada y felizmente que si no se quemasen combustibles fósiles, pero se extrajese toda esa energía (esto es, 1/10.000 de toda la que hace posible la existencia en este planeta) de los flujos solares, eólicos y de ríos, olas, corrientes marinas o mareas, no solo no pasaría nada al equilibrio ambiental y de los flujos, sino que sería hasta “limpio” o “inocuo” utilizarlos.

Todavía es menos comprensible que sigan apelando al “gran potencial” que tiene la energía solar para este aprovechamiento y que sigan empeñados de llamar a esta energía “verde” cuando lo que se pretende es extraer de sus ciclos energéticos naturales como mínimo 1/10.000 de los mismos.

Entre otras cosas, porque ni mucho menos se puede utilizar en provecho humano todo el potencial teórico que arroja el sol sobre la Tierra. Como se ve en el gráfico, es obvio, que como mucho, podríamos aspirar a captar una pequeñísima parte del apenas 10% que cae sobre los continentes y de los vientos que circulan en muy concretos y determinados lugares de esos



continentes y escasas plataformas marinas cerca de la costa y solamente hasta alturas sobre el suelo o el mar muy determinadas (150-200 m. sobre la superficie de los 40-50 Km. de capa de aire). Y ahí ya no hay 10.000 veces la energía que proyecta el sol, sino 1.000 veces la energía que proyecta el sol, pero en una cuarta parte de la superficie del globo terráqueo que son los continentes.

Ahora bien, como es lógico, no deberíamos tocar el flujo solar que da la vida a la biomasa, por pequeño que sea (si bien está perfecta y bastante homogéneamente distribuido en superficie), así como no deberíamos tocar algunas corrientes marinas.

Pero es que, aunque sólo tomásemos la milésima parte de esa energía que se proyecta sobre los continentes, que es lo que tratan de conseguir muchos ecologistas y los promotores de estos sistemas de captación de energía de fuentes renovables, la afectación de estos flujos ya sería de 1/10.000 que tanto revuelo ha provocado con el CO<sub>2</sub> y a tantos estudios complejos ha dado lugar.

Si los científicos del PICC (IPCC en inglés) están tan seguros de que un pequeño cambio del 1/10.000 en la composición de la atmósfera terrestre, puede provocar trastornos múltiples a escala planetaria (deshielo de los polos, subida del agua del mar, cambio de las corrientes termohalinas, aumento de las temperaturas del planeta, intensificación de los fenómenos atmosféricos, no se sabe por qué se llama “ecológico” y “deseable” o “inocuo” o “verde” al intento de desviar y transformar directamente los flujos del sol, del aire, del viento, de las corrientes marinas, de los cauces de los ríos, de las mareas y hasta de las olas, en precisamente el porcentaje de CO<sub>2</sub> que tantos desaguisados está planteando, al decir de los científicos. Precisa y curiosamente, muchos de los flujos que se teme que el CO<sub>2</sub> pueda alterar, para desgracia de la Humanidad. ¿No es esta polarización sobre el CO<sub>2</sub> sorprendente?

Sería necesaria una aproximación global, con estudios “de arriba a abajo”, y no como se hacen ahora, “de abajo a arriba”. La metodología actual no presupone ningún impacto medioambiental o climático si se contemplan una planta solar fotovoltaica de 10 MW, o una termosolar de 50 MW o un parque eólico de 100 MW, de forma aislada. Pero su multiplicación masiva requeriría analizar cuidadosamente y previamente, en profundidad y como principio de precaución, los efectos que sobre el funcionamiento de nuestro planeta pueden tener esas captaciones del 1/10.000 de los flujos energéticos planetarios.

No es aceptable andar ahora metiendo prisas con que tenemos poco tiempo, para lanzarse, una vez más, a los abismos de una transformación gigantesca, que para más INRI, va a exigir un comienzo con más utilización de combustibles fósiles para arrancar las primeras instalaciones de sistemas de captación de energía de fuentes renovables.

No es aceptable que pretendamos lanzarnos a esta aventura, sin antes haber considerado y tomado como prioridad un sustancial y muy profundo cambio de hábitos y de modelos de consumo; un cambio de estructuras que exigen el crecimiento infinito y una continua transformación de la naturaleza, que no sólo tiene como efecto expeler CO<sub>2</sub> hasta llevarlo a 1/10.000 más de su volumen en la atmósfera (o a 2/10.000), si antes no planteamos que eso, es sólo consecuencia de un modelo que nadie parece querer tocar y que cuando lo tocan es vistiendo un santo a costa de desvestir probablemente varios.

Ha llegado el momento de pensar más en consumir menos, en reducir nuestros consumos, modificar nuestros hábitos, especialmente en los países glotones y dominantes, de frenar y cambiar el modelo, de transformar los esquemas financieros que ofrecen la mano al que quiere

levantarse y luego le exigen esa mano en forma de capital principal y además el brazo en forma de intereses del capital.

Ha llegado el momento de plantearse el decrecer, si no voluntariamente al menos prepararse para el decrecimiento a que la Naturaleza nos va a obligar.

Momento de dejar de un lado la mercadotecnia, la publicidad, los intereses creados, los intercambios desiguales e injustos, el comercio global de bienes que tienen que ser locales, la producción de bienes y servicios innecesarios. Esto es, momento de no dejarse engañar por la prensa pagada cuando dice que una planta solar ahorra mucho CO2 y además resuelve muchos problemas y creer que todo va a ser así en todos los niveles y en todos los órdenes.

Momento de plantearse no sólo cuanto voy a ganar o si voy a seguir teniendo trabajo a fin de mes, que aún siendo muy importante, no ayuda a entender problemas de orden superior que dentro de poco nos pueden acotar mucho más que la precariedad del trabajo actual. Tiempo de preguntarnos adónde estamos, qué estamos haciendo (no solo como individuos, sino como ciudadanos en conjunto y como especie en general), qué estamos haciendo a nuestro entorno y hacia dónde queremos ir: cómo, cuándo, dónde, en tiempos, en plazos, en volúmenes y en cantidades, analizando los medios, con visión y con miras al horizonte, sin orejeras ni visera.

Momento de volver a la sensatez y al sentido común, al ejercicio de la voluntad en lo personal, ahora atrofiada por la oferta y sobreabundancia de bienes materiales y el confort idiota del mercado. Momentos de decir que no. De no confiar en los nuevos profetas de las soluciones mágicas, indoloras, asépticas, para seguir como estábamos hasta ahora. De no creer que las llamadas renovables solucionarán todo, o al menos contribuirán a solucionar o a apuntalar una parte de un todo corrupto y caduco que se cae a cachos.

Eso espero de este breve análisis.

Pedro A. Prieto

Abril de 2009.