



Azares del Clima

POR JOSÉ ANTONIO LÓPEZ DÍAZ

El desequilibrio energético del efecto invernadero pasado por agua

Un conocimiento satisfactorio de cualquier sistema físico incluye como uno de sus principales ingredientes una detallada comprensión de su balance energético. Esto se debe, como es sabido, a la característica fundamental de la energía como magnitud física conservativa por excelencia (en sistemas puramente mecánicos a la par que el momento lineal), pero capaz de múltiples formas: energía mecánica, térmica, electromagnética, etc. En el sistema climático el balance energético tomado en periodos suficientemente largos, como años, está dominado por la energía térmica, ya que la energía mecánica (viento, olas,...) no solo es mucho menor cuantitativamente, sino que en esas escalas es prácticamente constante. La energía térmica también lo es cuando el sistema está en estado estacionario, pero un cambio sustancial en las propiedades radiativas de la atmósfera, como el que supone la inyección de gases de efecto invernadero por parte del hombre, altera de forma apreciable ese equilibrio. En el último informe del IPCC se estima que desde 1971 el sistema climático ha acumulado un desequilibrio energético, es decir, ha absorbido en exceso sobre lo emitido, de aproximadamente unos 430 ZJ (1 ZJ = 10^{21} J). Para hacerse una idea de esta cifra de apariencia astronómica debido a la escala terrestre, podemos referirla al metro cuadrado de superficie terrestre, lo que da unos 860 MJ/m². Teniendo en cuenta que la capacidad calorífica de la columna atmosférica es de unos 10 MJ /K.m², esto significa que si la atmósfera hubiera absorbido en exclusiva ese exceso energético acumulado, se habría calentado más de 80 °C. Evidentemente ha habido más suerte. Pero, ¿quién ha sido el héroe del sistema climático que nos ha ido sacando las castañas del fuego, nunca mejor dicho? Pues las estimaciones indican que se trata, sobre todo, del océano global, que ha absorbido aproximadamente un 90 % de ese exceso de energía. Creo que es más conocido el papel de los océanos en absorber aproximadamente la mitad de los gases de efecto invernadero emitidos por el hombre, pero este otro como gran sumidero energético es, si cabe, más importante, como indican estas cifras.

Por otra parte la inmensidad de los océanos hace que las incertidumbres en cuanto a su conocimiento sean en cierto modo correlativas en tamaño, no en vano las profundidades oceánicas son todavía *terra incognita* en muchos aspectos. En el balance energético nos podemos hacer una idea del problema reparando en que la capacidad calorífica de los océanos es aproximadamente mil veces mayor que la de la atmósfera, por lo que una misma cantidad de energía absorbida por ambos sistemas hace que en el océano produzca un aumento de temperatura una milésima menor (suponiendo que se distribuye uniformemente). Así que los aumentos de temperatura a cuenta del desequilibrio energético provocado por el aumento de los gases de efecto invernadero son del orden de un grado en la atmósfera, pero de una centésima de grado en los océanos (teniendo en cuenta que se llevan la mayor parte de la energía extra), salvo en la capa superficial oceánica.

Esto, y la escasez de observaciones, hace que la incertidumbre en la estimación del exceso energético absorbido por los océanos sea mucho mayor. El IPCC da un intervalo de confianza probable de más de 200 ZJ de amplitud centrado en los 430 ZJ para el exceso energético, lo que supone un error de $\pm 25\%$, una cifra considerable habida cuenta de que se trata de una magnitud básica. Sin duda hace falta seguir investigando en este terreno, mejorando el conocimiento del estado de los océanos desde el punto de vista energético.

En cualquier caso, podemos especular qué podría suceder si una civilización imaginaria habitara un planeta similar a la Tierra, pero con una hidrosfera mucho menos masiva, quizá con amplias zonas lacustres someras, lo suficiente para proporcionar humedad a su atmósfera y por tanto las imprescindibles precipitaciones para el desarrollo de la vida, pero con una capacidad calorífica mucho menor que en nuestro planeta, pongamos solo algunas veces superior a su atmósfera. En este supuesto, si siguieran un desarrollo similar al de la humanidad, el problema que se encontrarían cuando empezaran a emitir a gran escala gases de efecto invernadero sería mucho más agudo que en nuestro caso. Sin el “colchón” del efecto sumidero de los océanos, tanto en el plano químico (captura de los gases) como físico almacenando el exceso energético, la subida de la temperatura del aire sería mucho más rápida, pongamos diez veces más rápida. Al hilo de estas reflexiones podemos también caer en la cuenta que el efecto de absorción de radiación infrarroja de los gases de efecto invernadero no es en absoluto evidente, pues son transparentes prácticamente para la luz visible. Recordemos que no fue hasta mediados del siglo XIX, gracias a los experimentos del físico irlandés Tyndall, que se sentaron las bases para entender la razón del misterioso efecto de calentamiento del clima terrestre que ya postuló el físico-matemático francés Fourier a principios del siglo, y que la investigadora norteamericana Eunice Newton demostró para el aire unos años antes que Tyndall, pero sin precisar que se debía al infrarrojo. Estas investigaciones prácticamente coinciden en el tiempo con los avances en termodinámica e ingeniería mecánica que permitieron el desarrollo de la máquina de vapor, y por tanto el comienzo de la Revolución Industrial. Así que si nuestra civilización imaginaria en el planeta de aguas someras hubiera además orientado su esfuerzo investigador exclusivamente a intereses prácticos, como el desarrollo de las máquinas térmicas, y por tanto no hubiese descubierto la importante absorción de radiación infrarroja por ciertos gases, ni siquiera hubieran tenido la posibilidad de diagnosticar correctamente la razón del súbito calentamiento, e intentar, consiguientemente, reducir drásticamente la quema de combustibles fósiles. No me parece tan descabellado este escenario, que en cualquier caso sería un argumento más para la necesidad de mantener la investigación sobre el clima con un enfoque amplio, sin orientarla exclusivamente hacia lo que las urgencias del momento demanden.