

¿MÁS CAMBIO CLIMÁTICO QUE CALENTAMIENTO GLOBAL?

FUTURISTAS
REAL ACADEMIA DE INGENIERÍA

Pese al aumento de las emisiones de CO₂ y de las temperaturas, la Tierra mantiene su balance térmico pero está perdiendo entropía y eso puede derivar en grandes desórdenes climáticos en el futuro

A FONDO

JUAN RAMÓN
SANMARTÍN LOSADA

La inestabilidad de Jeans, una paradoja termodinámica de la gravitación, origina estrellas, cuerpos masivos como el Sol que exhiben fusión termonuclear, liberando energía a escala un millón de veces mayor que en las reacciones químicas. En el tercio interior del radio solar (110 veces el terrestre), a temperaturas absolutas de diez millones de grados y densidad cien veces la del agua, la fusión nuclear transforma Hidrógeno en Helio. Su radiación y la convección fluida transportan la energía a la capa superficial, la fotosfera, de donde se irradia en todas direcciones como radiación térmica a una temperatura T_s de unos 5.800 grados Kelvin.

La radiación solar nos calienta a una temperatura estacionaria T_t que se alcanza porque la Tierra radia energía en todas direcciones en cantidad igual a la que recibe en el pequeño ángulo sólido que subtende desde el Sol, a 150 millones de kilómetros. Ignorando efectos de reflexión, absorción y radiación de vuelta en la atmósfera, los cálculos dan una temperatura aproximada de T_t 280 K, valor que no se aleja demasiado de



Una tormenta vista desde el espacio. INNOVADORES / ESA

las observaciones: desde los primeros registros extensos en tierra, hacia 1880 (que ahora incluyen los realizados desde barcos, boyas y satélites), sabemos que la temperatura promedio sobre la superficie terrestre es de 287 K (14°C, valor que se mantuvo constante durante un siglo.

La temperatura solar, estable en superficie, coexiste con turbulen-

cias que siguen ciclos: el campo magnético solar invierte su orientación cada 11 años, y el número de manchas solares sigue este ritmo. Además de radiación, el Sol emite un millón de toneladas por segundo de plasma magnetizado, el Viento solar, que perturba, en torno al máximo de actividad solar en cada ciclo, la alta atmósfera te-

rrestre. Por otra parte, el calor recibido en la Tierra por unidad de área depende de la latitud, con efectos diurnos y estacionales, produciendo diferencias de temperatura que ponen a la atmósfera en movimiento continuo y estructurado, en procesos irreversibles que llamamos tormentas y ciclones, y que reducen gradientes y generan entropía.

Sabemos que la Tierra pierde 20 veces la entropía que recibe del Sol (este valor puede calcularse fácilmente como el cociente de temperaturas 5800/287). La Tierra pierde por tanto mucha entropía, calentando el espacio exterior.

Desde 1980, y como resultado del aumento de emisiones y del incremento de concentración de CO₂ (gas de invernadero) en la atmósfera, la Tierra mantiene su balance térmico en base a que su temperatura T_t aumenta una fracción de grado cada década.

Un aumento de 2 grados desde los valores de los años 80, resultaría, por ejemplo, en una cierta subida del nivel del mar, lo que requeriría una necesaria acomodación social; pero no iría a más si se detiene su emisión, aunque persistiría como consecuencia de la larga vida del CO₂ atmosférico.

Esta pequeña variación en la temperatura de la superficie terrestre supone, sin embargo, una reducción en la pérdida de entropía de un 0,72%, que equivale a un 15% de la entropía de entrada. Ello podría explicar la aparición manifiesta de desórdenes climáticos extremos, ligada a la persistencia de mayores gradientes.

De ahí la incertidumbre que genera el calentamiento global en el clima futuro. Pequeños aumentos en las emisiones se traducen en grandes modificaciones en la pérdida de entropía.

Juan R. Sanmartín Losada es académico de la Real Academia de Ingeniería (RAI).

EL INFORME

IMPUESTOS NUEVOS PARA LA MOVILIDAD DEL FUTURO

ROSA BIOT

La movilidad del futuro plantea no pocos retos a las ciudades, sobre todo a las de mayor tamaño. Cuando se habla de la forma en la que las grandes urbes van a cambiar o de cómo serán los hábitos del transporte del futuro debe tenerse en cuenta los retos a los que se enfrentan los responsables políticos de las mismas. Un informe elaborado por McKinsey y que ha tenido en cuenta 50 áreas metropolitanas en las que viven más de 500 millones de personas repasa estos retos.

El informe defiende que planificar con anticipación la llegada de los vehículos autónomos, la generalización de la propulsión eléctrica y de los vehículos compartidos, así como los restantes avances que están transformando la movilidad urbana, ayudará a las ciudades a aprovechar realmente los beneficios que esta tecnología conlleva. Beneficios como un aire más limpio o una movilidad más sencilla.

El primer aspecto que el informe subraya es el transporte público, que considera «esencial» para evitar una

mayor congestión. «Los gobiernos tendrán que asegurarse de que el transporte público sigue siendo una alternativa más atractiva que la movilidad privada», enfatiza el documento.

Otro aspecto, también relacionado con el tráfico, refiere al uso del suelo. La reducción en el número de vehículos que circulan por las ciudades liberaría al menos parte del espacio que ahora ocupa el estacionamiento y que se estima en hasta el 15% del suelo público en las grandes zonas metropolitanas. Según McKinsey, algunos de estos espacios de aparcamiento en sitios donde los pasajeros pueden subir o bajar de los vehículos podrían mejorar el tráfico urbano.

El informe menciona también que el cambio en los sistemas de movilidad puede afectar a las bases impositivas de muchas ciudades. Y menciona un supuesto: en la ciudad

ideal, con movilidad limpia o compartida donde el vehículo eléctrico sea el rey, los ingresos por el impuesto de combustibles podrían bajar entre un 20% y un 65%. Por el contrario, la conectividad e Internet de las Cosas podría servir para recaudar y cobrar nuevos impuestos por su uso.

Los autores, finalmente, también consideran que los responsables políticos de las ciudades deberían modificar en parte el uso de las infraestructuras de transporte. Y sugiere un cambio: igual que en la actualidad algunas áreas reservan carriles para vehículos de baja emisión o de alta ocupación (como podría ser el carril bus, por mencionar el ejemplo más habitual en las ciudades), el documento considera que se podría habilitar carriles para que circulen los vehículos autónomos a velocidades más altas que en aquellas vías en las que convivan con vehículos convencionales.



Un atasco en uno de los accesos a Madrid. EL MUNDO