

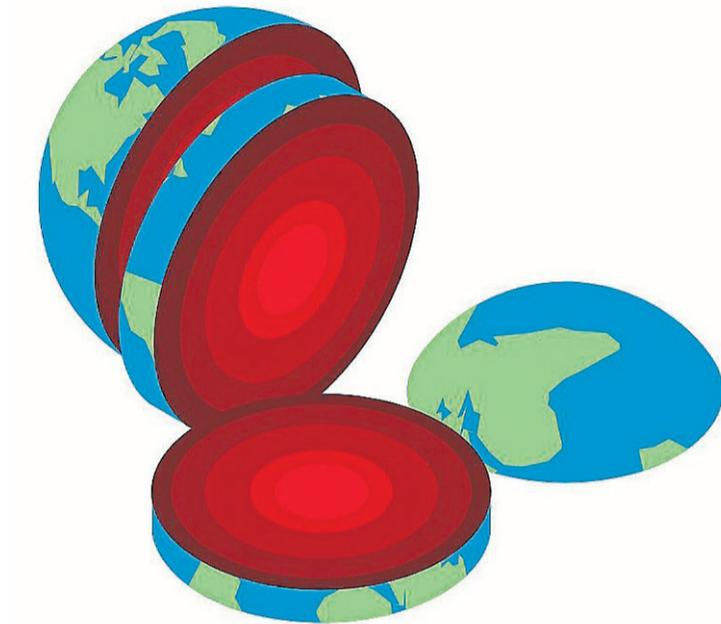
LA OPINIÓN | José Badal Nicolás

## Calor terrestre

El calor en el manto terrestre da lugar a movimientos de convección que desplazan placas tectónicas en la superficie, causando terremotos. ¿Pero de dónde procede ese calor?

Los fuertes y devastadores temblores de tierra han sacudido recientemente el sureste de Turquía y el norte de Siria en un lapso de tiempo de nueve horas: uno de magnitud 7,8 con epicentro a 600 kilómetros al sureste de Ankara, sobre el segmento sur de la gran falla transcurrente de Anatolia Oriental (de 700 km de longitud) que separa la placa de Anatolia de la de Arabia; otro de magnitud 7,5 con epicentro a unos 100 kilómetros al norte de Alepo (Siria), sobre una falla lateral. La zona es una de las de mayor actividad sísmica del mundo, aunque había permanecido relativamente tranquila en las últimas décadas. Ambos se han registrado como terremotos superficiales de profundidades focales 17,9 km y 10 km, respectivamente, y de intensidad sísmica IX en la escala de Mercalli. Los daños causados en el este de Anatolia y el área limítrofe de Siria han sido catastróficos. Miles de edificaciones han colapsado y muchas infraestructuras y líneas de vida han resultado totalmente destruidas. Cuando escribo este artículo, el número de víctimas humanas sobrepasa las 39.000 y el de personas heridas las 85.000 (y estas cifras podrían duplicarse pasadas unas semanas).

La explicación que se ha dado hace referencia a la interacción de la placa tectónica de Anatolia, presionada al este por la placa Arábiga, al norte por la placa Euroasiática y al sur por la placa Africana. Cuando la presión ejercida supera el límite de fricción sobreviene la ruptura de la cor-



teza terrestre y el desplazamiento súbito de un bloque de material litosférico respecto a otro, lo cual comporta la liberación de una enorme cantidad de energía en forma de ondas sísmicas de distinta naturaleza, que agitan el terreno y causan los mayores destrozos apreciables a simple vista. En el caso del terremoto de mayor tamaño se han visto deslizamientos horizontales de 3 y 4 metros en la superficie. Esto exige una aportación descomunal de energía, superior a varios millones de toneladas de TNT, más de mil bombas atómicas como la de Hiroshima. Algo impactante además de sobrecogedor.

La causa de los grandes terre-

**«La razón última del movimiento de las placas no puede ser baladí, sobre todo por la ingente cantidad de energía que acompaña a los grandes seísmos»**

motos está en el movimiento relativo de las placas tectónicas de la Tierra, que conforman un gigantesco mosaico de grandes losas de litosfera que se desplazan sobre la astenosfera, que es una capa subyacente (de unos 100 kilómetros de espesor en muchos sitios) de naturaleza plástica, dúctil, donde la velocidad

sísmica decrece apreciablemente, y que permite el deslizamiento de bloques terrestres. Por lo general, esta explicación se detiene aquí; pero cualquier persona perspicaz enseguida se hace la pregunta de cuál es el motor que empuja o arrastra las placas. La razón última del movimiento de las placas no puede ser baladí, sobre todo por la ingente cantidad de energía que acompaña a los fuertes y grandes seísmos.

La respuesta está en los movimientos de convección que tienen lugar en el manto terrestre, capaces de impulsar las placas tectónicas. Estos movimientos, que implican la traslación de materia, se producen a su vez por la transferencia del calor que se genera en el interior de nuestro planeta. Y he aquí la clave: el calor terrestre, verdadera máquina para la transformación de la energía y causa de la configuración cambiante de continentes y océanos y de la deriva e interacción de unas losas litosféricas con otras. Claro que esto nos lleva a formular otras preguntas: ¿se genera suficiente calor en el interior de la Tierra como para dar lugar a corrientes convectivas en el manto e incluso en el núcleo externo del planeta? ¿Cuáles son las fuentes de calor?

Lo cierto es que hay varias, pero la mayoría de ellas pueden descartarse como fuentes significativas generadoras de calor. Partiendo de la formación de la Tierra por agregación, ni el calor producido por el impacto de los materiales que colisionan con la masa primigenia en crecimiento, ni el originado por la compresión de sus elementos constituyentes, resulta suficiente para dar cuenta del enorme flujo de calor por conducción medido a través de la superficie terrestre (-102 mW/m<sup>2</sup>, en total 1013 W). Por otro lado, la pérdida paulatina de energía de rotación del planeta es muy pequeña en comparación con el flujo térmico observado y es muy discu-

tible la disipación de energía en forma de calor a cuenta de este mecanismo.

En cambio, el calor producido durante la formación del núcleo terrestre a partir de la concentración de hierro y níquel de elevada densidad pudo ocasionar una gran cantidad de energía gravitacional y contribuir por disipación al calor terrestre. Sin embargo, hay que aclarar que la transmisión del calor por conducción no puede ser el principal mecanismo de transferencia de calor en el planeta, por razón de la elevada inercia térmica de la Tierra en su conjunto, pues el calor originado en su centro tardaría unos 200.000 millones de años en alcanzar la superficie.

La principal fuente de calor la encontramos en la desintegración de los isótopos radioactivos de vida media comparable a la edad de la Tierra (~4500 millones de años): uranio 238 y 235, torio 232 y potasio 40, cuya concentración media en diversos tipos de roca es abundante y conocida. Estos cuatro isótopos pueden dar cuenta de todo el calor que fluye a través de la superficie terrestre. Dicho esto, hay que considerar varios factores de incertidumbre, entre ellos los modos de transmisión del calor, las propiedades térmicas y la distribución de las posibles fuentes térmicas en el interior de nuestro planeta. Aun admitiendo la vinculación de las corrientes de convección en el manto con el flujo térmico estimado, la tesis de que la mayor parte del flujo proviene de elementos radioactivos (modelo condritico) no exime de considerar otros modelos térmicos sobre la base de una combinación de varios procesos de transmisión del calor (radiación, conducción y convección) e incluso de distintas distribuciones de los manantiales de calor, a la hora de explicar (al menos en parte) la distribución de la temperatura en el interior de la Tierra.

José Badal Nicolás es catedrático de Física de la Tierra y profesor emérito de la Universidad de Zaragoza

EN SACO ROTO | Juan Domínguez Lasierra

## El jueves fue lardero

Entre Mariano de Cavia y José Martí, está el Picadillo. Quiero decir, que la casa de comidas llamada Picadillo está entre las viviendas que moraron el gran Cavia y José Martí, el líder de la independencia cubana. Allí hemos celebrado el jueves lardero.

El nombre de 'lardero' deriva del latín 'lardarius' que significa 'tocinero', por la importancia de sus salazones en la época del imperio romano. Ya lo de tocinerito nos acerca a lo que nos ha hecho más familiar el nombre de lardero, el Jueves Lardero, ese día que

va a inaugurar la cuaresma cristiana, y el ayuno de todo lo que sean productos cárnicos, y donde era costumbre atiborrarse sobre todo de longanizas y morcillas. Ahora estas cosas han pasado a la historia, y nadie se abstiene, con bula o sin ella, de comer cuantos productos 'lardarius' le apetezcan.

Desde hace unos cuantos años, para mí lo del Jueves Lardero ha sido una tradición que he compartido con un grupo de amigos. Lamentablemente, algunos de ellos dejaron este mundo, como Andrés Ruiz Castillo (Calpe), Alfonso Zapater o Antonio Herráiz,

y los que quedamos lo seguimos celebrando, gracias sobre todo a que el más veterano, nuestro cura Juanges, nos convoca inexorablemente. Así que, con menos comensales cada vez, seguimos celebrando este rito gastronómico, que además nos permite la charla y el recuerdo de nuestros amigos desaparecidos, de todo menos de nuestro corazón. Juanges es, además, quien suele traer la materia prima, procedente, claro está, de Graus. Es nuestro intendente.

Víctor comparte con Juanges y conmigo el Jueves Lardero de es-

te año. A esto hemos llegado, a ser un trío superviviente. Víctor es el joven del terceto, además de un Petronio del vestir, esta vez sin su pajarita de las grandes ocasiones. Juanges nos pone al día en las cosas del cabildo, que para eso es canónigo emérito, y Víctor en las de la política, en la que es otro experto. Yo, que no soy experto en nada, les hablo de lo que se me ocurre, poca cosa.

Cuánto me alegra tener ocasión, un año más, de hablar del Jueves Lardero. Porque no sabe uno lo que nos depara el futuro. Qué tiempos aquellos en que don Andrés, nuestro patriarca, nos hablaba de su Zaragoza castiza, donde el más castizo era él. No dejaba de asombrarnos de sus relaciones con aquellas estrellas de la farándula, que él trataba de tú

a tú. O con los astros del 'bel canto', como Fleta, padre e hijo, la Caballé o Bernabé Martí, con los que a veces compartía arias, pues Andrés también lucía de buen cantante con sus armoniosos filados. Y qué decir de Alfonso, que lo sabía todo de la calle, y de la jota. Y cómo no hablar de Antonio, maestro del lenguaje, que ponía a sus colegas a caer de un burro con sus lecciones académicas. Qué tiempos aquellos en los que no éramos un terceto...

No es buena la nostalgia, pero a veces es irremediable. Y ni siquiera el Somontano la remedia. Pero brindemos, con moderación, para paliarla. Sobre todo en un Jueves Lardero, que es otro de esos jueves que relumbran más que el sol, aunque haga frío y no llueva.