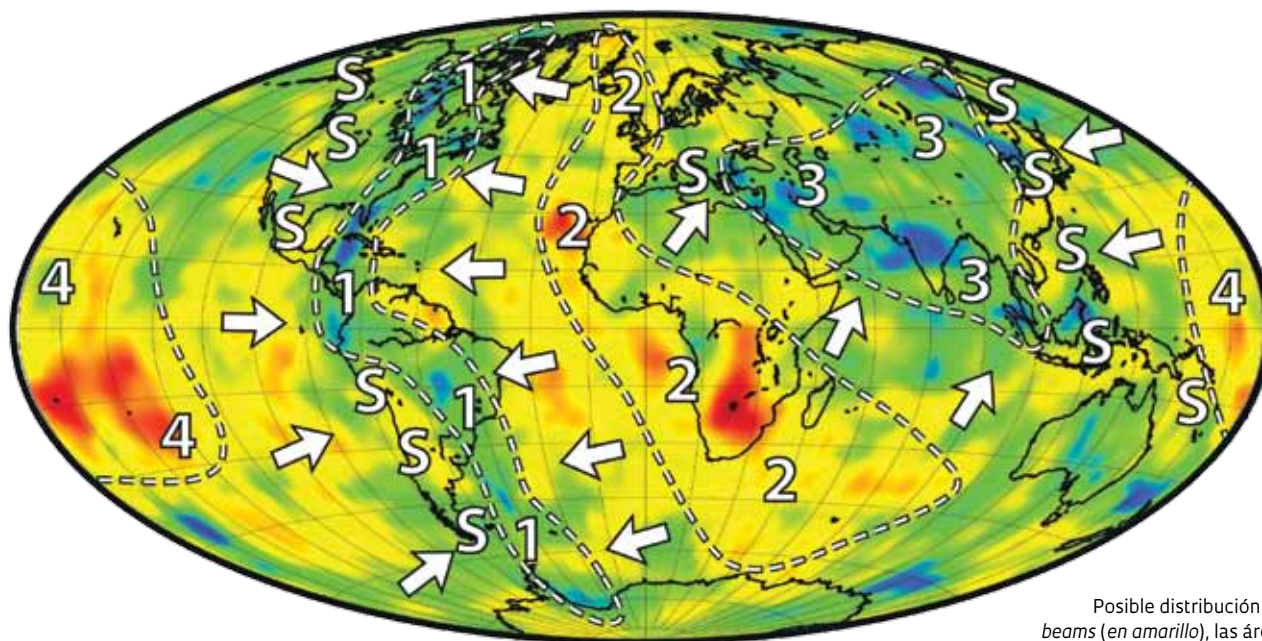


# Los restos de la Tierra primitiva

Bloques rígidos de miles de kilómetros de extensión podrían ocupar las profundidades del planeta

Carlos Fioravanti



Posible distribución de los *beams* (en amarillo), las áreas de concentración de plumas (en rojo y las zonas 2 y 4) y de inmersión de las placas tectónicas (en azul y las zonas 1 y 3). Las flechas indican las direcciones en que se mueve el manto; las S representan a las placas detenidas

PUBLICADO EN MAYO DE 2017

Imensos bloques de rocas ocuparían el interior de la Tierra y, al ser más densos y más rígidos que el material que los rodea, ayudarían a estabilizar los movimientos del manto, la capa situada entre la superficie y el núcleo, que representa alrededor del 80% del volumen del planeta. Esos bloques, denominados *beams*, por las siglas en inglés correspondientes a estructuras antiguas del manto enriquecidas en bridgmanita, tendrían miles de kilómetros (km) de extensión, se ubicarían al menos a 1.000 km de profundidad y flotarían en el manto inferior, llegando hasta cerca del límite con el núcleo terrestre, casi a 2.900 km de la superficie.

Un equipo que reunió a científicos del Instituto de Tecnología de Tokio y de la Escuela Politécnica de Zúrich, con la participación de la física brasileña Renata Wentzcovitch, de la Universidad Columbia, en Estados Unidos, propuso esta nueva hipótesis sobre la composición y el funcionamiento del manto inferior en un estudio publicado en *Nature Geoscience* el 27 de febrero de este año. Aunque no se lo considere completo, este abordaje explica algunos fenómenos, tales como el ascenso de material rocoso menos denso del manto a la superficie y la trayectoria de la inmersión de los bordes de las placas tectónicas, formadas por la corteza y por la parte superior del

manto, en el interior del planeta. Ambos podrían ocurrir en las zonas de menos viscosidad entre los *beams*.

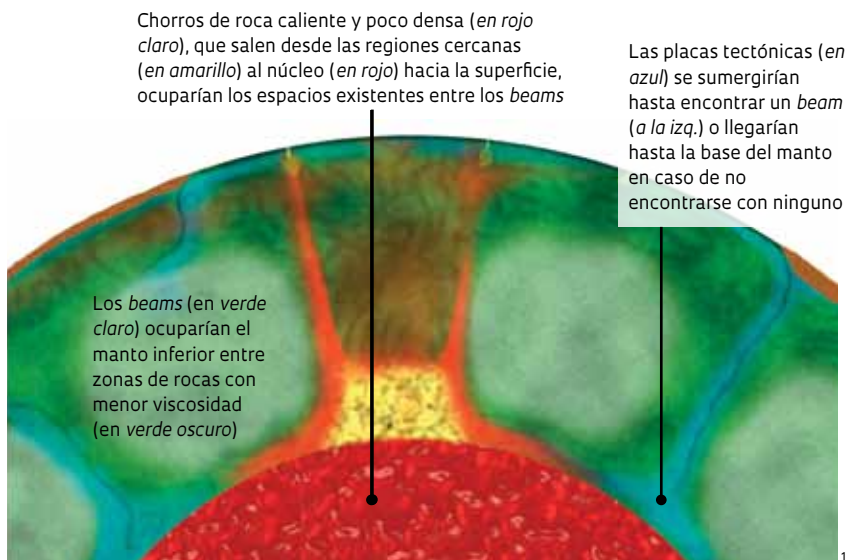
Los investigadores elaboraron esta propuesta con base en dos evidencias sobre la composición del manto. La primera de éstas es indirecta, obtenida mediante los llamados modelos tomográficos, que indican la consistencia del interior del planeta con base en las variaciones de velocidad de las ondas sísmicas. Dichas ondas, generadas por los terremotos, cruzan el interior del planeta a velocidades que dependen de la densidad y de la temperatura del material que atraviesan.

La segunda evidencia es directa. Son los meteoritos primitivos llamados condritos, ricos en magnesio y silicio. Si bien provienen del espacio, esas rocas serían del mismo material que formó el interior de la Tierra hace 4.500 millones de años. La composición de este tipo de meteoritos indica que el manto inferior podría ser distinto a la capa inmediatamente cercana a la superficie: el manto superior. La capa exterior del manto empieza inmediatamente debajo de la corteza terrestre y llega a los 660 km de profundidad, con rocas que se encuentran a temperaturas que aumentan con la profundidad y llegan a alrededor de 1.600 grados Celsius (°C) en el límite con el manto inferior. En el manto inferior, las rocas tienen una mayor densidad

Los meteoritos del tipo de los condritos como éste, hallado en el noroeste de África, ayudan a entender mejor la composición del manto inferior de la Tierra

## Descubrimientos profundos

Los *beams* explicarían los movimientos de las placas tectónicas en dirección al núcleo terrestre



y la temperatura varía de 1.600 °C a 3.700 °C, en el límite con el núcleo del planeta.

Los científicos verificaron que esas indicaciones sobre la composición del interior de la Tierra no se encajaban con la presunción planteada en la década de 1960, según la cual las composiciones del manto superior y el inferior deberían ser iguales. “La proporción entre la cantidad de magnesio y la de silicio de la Tierra debería ser la misma que la del Sol, porque ambos se formaron partiendo de la misma nebulosa”, supone Wentzcovitch. “El manto superior contiene un 25% más de magnesio que de silicio en la forma de silicato de magnesio (Mg<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>). Si esa proporción se mantuviera en el manto inferior, habría menos silicio en la Tierra que lo esperable con base en la composición solar o en la de los condritos.”

En ese estudio, los científicos del grupo asumieron el supuesto de que el manto inferior tendría más silicio, aumentaron la proporción de ese elemento químico y realizaron simulaciones numéricas por computadora, en dos dimensiones, de los posibles movimientos de esa capa más profunda de la Tierra. Las simulaciones indicaron que buena parte del manto formado inmediatamente después del comienzo del planeta podría haber perdurado hasta los días actuales bajo la forma

de un mineral conocido como perovskita o bridgmanita (MgSiO<sub>3</sub>), sin mezclarse con la zona aledaña, formada por rocas con una viscosidad entre 20 y 30 veces superior. Por ende, ese material más viscoso, el de los *beams*, podría estar constituido por restos de los primeros tiempos del planeta. “Nuestras simulaciones indicaron que esos bloques rígidos no se diluyeron en el transcurso de la evolución de la Tierra”, explica la investigadora, quien ha venido estudiando los posibles procesos de formación y las transformaciones de la brigmanita en el interior del planeta. “El silicio que parece faltar ha de estar escondido en el manto inferior.”

“No sabemos cuántos *beams* existen, pero no serían muchos más de tres o cuatro”, afirma Wentzcovitch. “Nuestro próximo trabajo consistirá en delimitarlos con precisión mediante un análisis pormenorizado de la variación de la velocidad de las ondas sísmicas”. La comprobación de su real existencia resulta sumamente difícil. Científicos integrantes de un grupo internacional anunciaron durante este mes de abril que aspiran a ser los primeros en perforar el manto, probablemente en 2030, desde el buque Chikyū, llegando a 11 km de profundidad de la superficie, aún lejos de los 1.000 km donde podrían hallarse los bloques ricos en silicio.





Un equipo internacional de científicos pretende utilizar este barco llamado Chikyu para perforar la corteza y llegar al manto terrestre en 2030

Lo que se supone ahora es que las placas tectónicas se sumergirían en la zona menos viscosa existente entre los *beams* y llegarían al fondo del manto. El hecho antes intrigante de que algunas placas se detuviesen a alrededor de 1.000 km de profundidad, ahora podría explicarse debido a la posibilidad de que se hayan encontrado con *beams* que obstaculizarían su inmersión. En el sentido inverso, el material del manto profundo podría subir hacia la superficie también por las zonas situadas entre los bloques rocosos.

Este estudio indica también que los *beams* podrían determinar el origen y la trayectoria de las plumas, tal como se les denomina a los chorros de roca caliente y poco densa, de entre 100 y 200 km de diámetro, que salen del límite existente entre el manto y el núcleo y llegan a la superficie, originando regiones volcánicas como los archipiélagos de Fernando de Noronha, Hawái o Galápagos. Con base en esta propuesta, los investigadores elaboraron un mapa que indica una posible distribución de los *beams* y de las zonas ricas en plumas, concentradas en el sur de África y en la región central del océano Pacífico.

#### LÍMITES E INTERACCIONES

En un comentario publicado en la misma edición de *Nature Geoscience*, el geofísico Frédéric Desllamps, investigador del Instituto de Ciencias de la Tierra de la Academia Sinica, en Taiwán, aseveró que la hipótesis de los *beams* podría explicar efectivamente el movimiento de las placas tectónicas en las regiones del manto con menor viscosidad y la ubicación de las zonas volcánicas sobre las plumas. Sin embargo, según el científico, este modelo de dos dimensiones no logra describir enteramente la heterogeneidad espacial de las medidas de velocidad de las ondas sísmicas a profundidades mayores que 2.500 km. Para entender mejor esta situación, sugiere que “sería necesario realizar simulaciones en tres dimensiones”.

“La simulación que aparece en *Nature Geoscience* constituye un paso adelante en la comprensión del manto inferior”, comenta el geofísico Eder Molina, docente del Instituto de Astronomía, Geofísica y Ciencias Atmosféricas de la Universidad de São Paulo (IAG-USP). “El hecho de que el modelado no explique algunos registros de la tomografía puede ser producto de sus limitaciones, al habérsela realizado en dos y no en tres dimensiones, pero puede también ser consecuencia de errores en el modelo o

de problemas en la detección de las ondas sísmicas, que no es un método infalible.”

El físico João Francisco Justo Filho, docente de la Escuela Politécnica de la USP, quien ha venido trabajando con Wentzcovitch desde 2007, pero que no participó en el estudio publicado en *Nature Geoscience*, sostiene que “el modelo geodinámico propuesto es el más simple posible para llegar a resultados plausibles. No obstante, existen otros elementos químicos, tales como el hierro, el hidrógeno y el oxígeno, que pueden alterar la viscosidad de las rocas del manto, aunque más no sea en pequeñas proporciones”. En 2013, en un estudio publicado en *Physical Review Letters*, Wentzcovitch, Justo y Zhongqing Wu, de la Universidad de Minnesota, en Estados Unidos, demostraron que el aumento de la presión en las capas más profundas del planeta podría alterar el magnetismo del hierro, aumentar la viscosidad de las rocas con otro mineral conocido como ferropiriclasa, aparte de la bridgmanita, y favorecer la formación de *beams*. ■

---

#### Artículos científicos

BALLMER, M. D. et al. Persistence of strong silica-enriched domains in the Earth's lower mantle. *Nature Geoscience*. v. 10, p. 236-40. 2017.

WU, Z. et al. Elastic anomalies in a spin-crossover system: Ferropiriclasa at lower mantle conditions. *Physical Review Letters*. v. 110, p. 228501. 2013.