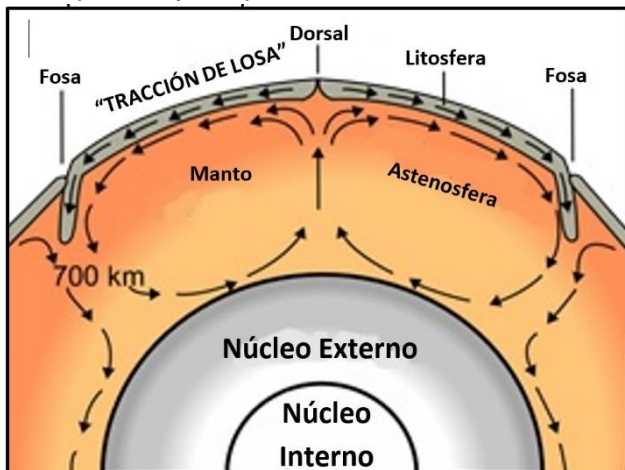


“Todos los modelos son erróneos” – pero algunos lo son más: mecanismos de movimiento de placas
Muchos esquemas de libros de texto de fuerzas que mueven las placas tienen flechas en sitios equivocados

George Box, un estadístico, escribió en 1976 que *“Todos los modelos son falsos, pero algunos son útiles”*. La primera parte de esta frase la usa el inspirador profesor de geociencia, Pete Loader, para ayudar a sus estudiantes a comprender que todos los modelos, tanto si son físicos como diagramáticos, computacionales o matemáticos, son simplificaciones del “mundo real” y, por tanto, son “falsos” o, al menos, incompletos. Esto significa que hay que comprobarlos y discutir y comprender las suposiciones hechas al producirlos.

Una forma de ver que los modelos pueden ser “erróneos” es si tenemos nuevos modelos que explican mejor las evidencias y, por tanto, son mejores. Un buen ejemplo son los dibujos usados para explicar los procesos que mueven las placas tectónicas.

Durante la “revolución de la tectónica de placas” de los 1960/70s, cuando científicos de todo el mundo comprendían la tectónica de placas, se creía que el principal mecanismo de movimiento de placas eran las corrientes de convección del manto. Esto se mostraba en muchos esquemas. Uno de ellos apareció en un librito del US Geological Survey en 1994, libre de copyright para su uso educativo, y desde entonces se ha usado para dibujar esquemas en muchos libros de texto.



El modelo de movimiento de placas producido por el USGS en 1994 en su librito *'This Dynamic Earth'*. Aunque aparece el término “tracción de losa”, no se explica aquí, sino solo en el texto.

Con licencia de USGS bajo licencia genérica 2.5, 2.0 y 1.0 de Creative Commons Attribution-Share, y Alike 3.0 Unported.

El esquema se acompañaba de otro diagrama que mostraba cómo fluían las corrientes de convección en un vaso de precipitados.



Convección en un vaso de precipitados del librito *'This Dynamic Earth'* de Kious, W.J. y Tilling, R.I. (1994), USGS, p54.

Estos dos esquemas indican que la principal fuerza que mueve las placas son las corrientes de convección del manto. También refuerzan un concepto erróneo, que el manto es líquido porque puede fluir.

Hasta los años 1990s, se creyó que la principal fuerza era la convección del manto, pero la visión de los geocientíficos fue cambiando desde que se escribió el librito de la USGS, hasta mostrar que había que considerar otras dos fuerzas:

Tracción de losa – las placas son estiradas hacia abajo en el manto (subducidas) porque las partes que se hunden son más densas que el manto y, por tanto, se hunden – tirando del resto de la placa; este es el denominado mecanismo de tracción de losa.

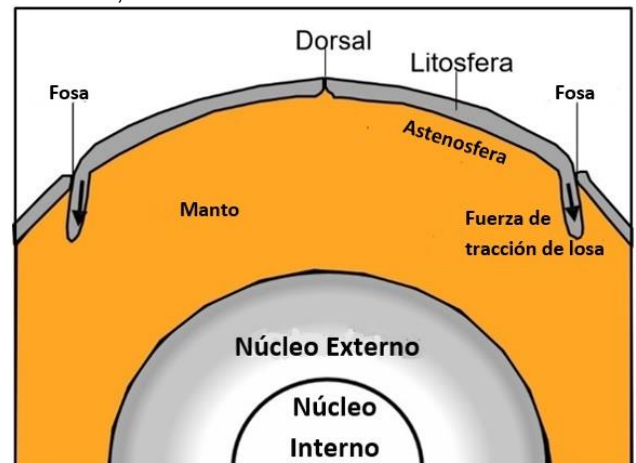
Empuje de la dorsal – cuando se forma nueva placa en los límites divergentes de los océanos, el nuevo material de la placa es caliente y menos denso que el área de su alrededor y se eleva hasta formar las dorsales oceánicas. Las placas así formadas se alejan de estas áreas elevadas, empujando la placa frente a ellas – es el denominado mecanismo de empuje de la dorsal.

Las evidencias más recientes muestran que:

- La tracción de losa es el principal mecanismo de movimiento de las placas;
- El empuje de la dorsal puede tener un cierto efecto allí donde la tracción de losa no es el principal mecanismo;
- Hay poca o ninguna evidencia de que las corrientes de convección del manto muevan las placas (aparte de, quizá, alguna placa muy pequeña y en circunstancias poco frecuentes).

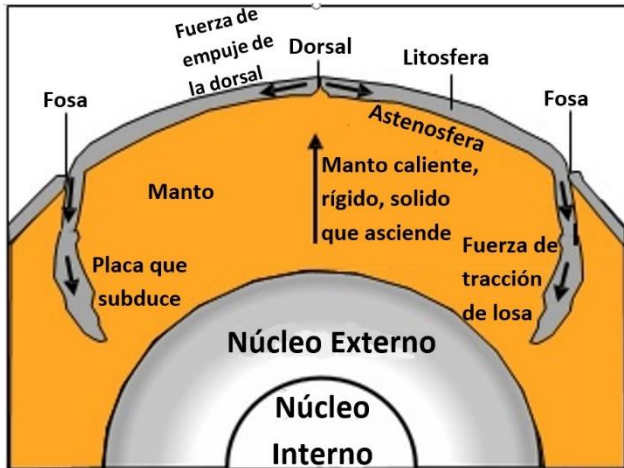
Esto significa que los esquemas originales de la USGS, y muchos más dibujados desde entonces, son “realmente erróneos” cuando muestran que las corrientes de convección del manto son las principales fuerzas que mueven las placas.

PERO la tracción de losa es parte de la convección ya que un material denso y frío que se hunde puede controlar las corrientes de convección del manto sólido. La diferencia entre los esquemas de la USGS y otros similares, y lo que los científicos creen hoy, es que las flechas que muestran la fuerza de la tracción de losa cercanas a las zonas de subducción **no** deberían estar en el manto sino **solo** en la placa que se hunde. Un dibujo mejor sería como este, con flechas en las placas que subducen, mostrando el efecto de la tracción de losa.



Esquema de la USGS modificado para mostrar el mecanismo de tracción de losa de las placas.

Un esquema aún mejor muestra como el mecanismo de tracción de losa puede continuar dentro del manto profundo a medida que las placas siguen subduciendo (como muestra la moderna tomografía). También muestra el mecanismo de empuje de la dorsal y el ascenso del manto sólido caliente bajo las dorsales y otros límites divergentes; estas corrientes ascendentes se denominan a menudo plumas del manto.



Esquema USGS modificado para mostrar los flujos de material sólido.

Así, un problema con muchos libros de texto es que en sus esquemas tienen las flechas de los mecanismos que mueven las placas en sitios equivocados.

Las flechas **no deberían mostrar** las corrientes de convección que circulan por el manto, sino **mostrar** los flujos controlados por la convección de material sólido allí donde tienen lugar.

Use esta información para comprobar esquemas de modelos de movimiento de placas en libros de texto, en esquemas y animaciones on-line e, incluso, en museos. Se sorprenderá al ver cuántas de ellas están "realmente equivocadas".

Al mismo tiempo, compruebe que los esquemas indican que el manto es sólido. Los datos sísmicos muestran que el manto es enteramente sólido, excepto posiblemente porcentajes muy pequeños de roca fundida en las cámaras magmáticas bajo los límites de placa divergentes.

Ficha técnica

Título: "Todos los modelos son erróneos" – pero algunos lo son más: mecanismos de movimiento de placas.

Subtítulo: Muchos esquemas de libros de texto de fuerzas que mueven las placas tienen flechas en sitios equivocados.

Tema: Una estrategia para explicar que todos los modelos son simplificaciones, y que pueden ser erróneos cuando son superados por modelos basados en mejores evidencias, como pasa en el caso de los mecanismos de movimiento de las placas.

Edad de los alumnos: de 16 años en adelante

Tiempo necesario: la comprobación de libros de texto y otros esquemas/animaciones puede durar tanto como el tiempo de que se disponga

Aprendizajes de los alumnos: Los alumnos pueden:

- explicar que todos los modelos son simplificaciones y, por tanto, no pueden representar la realidad de forma completamente correcta; se basan en una serie de suposiciones que pueden o no ser correctas y que a menudo no trabajan con suficiente finura;
- explicar cómo se creyó que el modelo de movimiento de placas causado por la convección en el manto era el correcto, pero ahora se cree que es básicamente erróneo; ha sido desbancado por los mecanismos de tracción de losa y empuje de la dorsal;
- redibujar esquemas incorrectos moviendo las flechas para las fuerzas correctamente.

Contexto:

Muchos esquemas de libros de texto, que no podemos reproducir aquí por problemas de copyright, muestran la convección del manto como la fuerza principal que mueve las placas, con flechas que muestran corrientes de convección por todo el manto. No obstante, evidencias de tomografía sísmica y de la velocidad de movimiento de las placas en relación a su área y la longitud de sus límites, muestran que los mecanismos de tracción de losa y empuje de la dorsal son los más importantes para la mayoría, si no todas, de las placas.

La tomografía sísmica usa las ondas sísmicas para obtener imágenes del interior de la Tierra de la misma forma que lo hace un TAC del cerebro humano. Las áreas del manto en que las ondas sísmicas viajan a más velocidad que la esperada son más frías y este hecho permite identificar placas que subducen y se hunden. Allí donde viajan más lentamente, el manto es más caliente y esto permite definir las plumas del manto.

La idea original de la convección del manto fue publicada por vez primera en un esquema por Arthur Holmes en 1928, mucho antes que las ideas de la tectónica de placas fuesen aceptadas. Puede ver sus dibujos, que eran fascinantes para su tiempo, buscando en Internet "Arthur Holmes" y "mantle convection" y haciendo clic en "imágenes".

Ampliación de la actividad:

Intente redibujar el modelo de Holmes para mostrar los mecanismos correctos de movimiento de placas.

Principios subyacentes:

- Se han propuesto tres mecanismos de movimiento de las placas; la convección del manto (o arrastre por el manto – el manto fluye y transporta la placa que tiene encima), la tracción de losa y el empuje de la dorsal (ambas descritas más arriba).
- Entre los años 1970s y los 1990s, se creyó que la convección del manto era la principal fuerza que movía las placas y muchos esquemas aún la muestran como el principal mecanismo.
- Con el conocimiento actual de que la tracción de losa es el principal mecanismo de movimiento de las placas, hay que corregir estos esquemas quitando las flechas de convección del manto y substituyéndolas por flechas que muestren los procesos de tracción de losa, empuje de la dorsal y plumas ascendentes del manto.

Desarrollo de habilidades cognitivas:

Producir un modelo abstracto que ilustre un proceso es una actividad de construcción de conocimiento. Criticar el modelo implica más construcción y conflicto cognitivo. Poner de acuerdo el modelo con la realidad implica el establecimiento de nuevas conexiones.

Material:

- (opcional) libros de texto y otros esquemas que muestren los mecanismos de movimiento de las placas, algunos correctos y otros “realmente erróneos”

Enlaces útiles:

Puede verse un modelo de movimiento de las placas conectado con flujos en el manto sólido en: http://www.en.uni-muenchen.de/news/newsarchiv/2018/bunge_amn_h.html – donde las áreas más frías se muestran en azul y las más calientes en rojo. Pruebe la Earthlearningidea “¿Qué mueve las placas”: http://www.earthlearningidea.com/PDF/217_Spanish.pdf para reforzar la idea de que la tracción de losa es el principal mecanismo de movimiento de las placas.

Fuente: Chris King del Equipo de Earthlearningidea.

© El equipo de Earthlearningidea. El equipo de Earthlearningidea se propone presentar una idea didáctica cada semana de coste mínimo y con recursos mínimos, útil para docentes y formadores de profesores de Ciencias de la Tierra, a nivel escolar de Geología y Ciencias, juntamente con una “discusión en línea” sobre cada idea con la finalidad de desarrollar una red de apoyo. La propuesta de “Earthlearningidea” tiene escasa financiación y depende mayoritariamente del esfuerzo voluntario. Los derechos (copyright) del material original de estas actividades han sido liberados para su uso en el laboratorio o en clase. El material con derechos de terceras personas contenido en estas presentaciones sigue perteneciendo a las mismas. Cualquier organización que quiera hacer uso de este material, deberá ponerse en contacto con el equipo de Earthlearningidea. Se han hecho todos los esfuerzos posibles para localizar a las personas o instituciones que poseen los derechos de todos los materiales de estas actividades para obtener su autorización. Si cree que se ha vulnerado algún derecho suyo, póngase en contacto con nosotros; agradeceremos cualquier información que nos permita actualizar nuestros archivos. Si tiene alguna dificultad para leer estos documentos, póngase en contacto con el equipo de Earthlearningidea para obtener ayuda.

