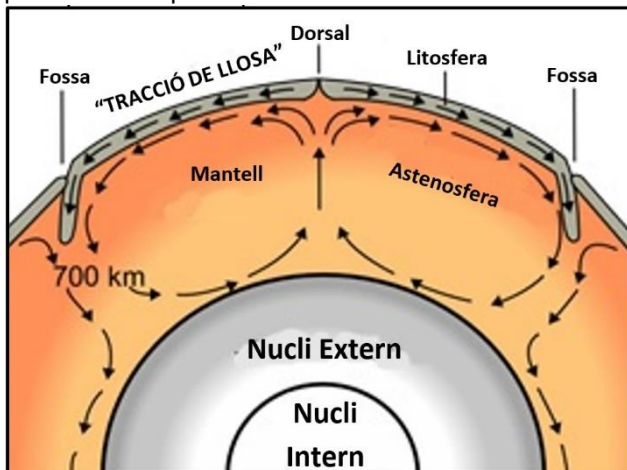


“Tots els models són erronis” – però alguns ho són més: mecanismes de moviment de plaques Mols esquemes de llibres de text de forces que mouen les plaques tenen fletxes a llocs equivocats

George Box, un estadístic, va escriure el 1976 que “Tots els models són falsos, però alguns són útils”. La primera part d’aquesta frase la fa servir l’inspirador professor de geociència, Pete Loader, per ajudar els seus estudiants a comprendre que tots els models, tant si són físics com diagramàtics, computacionals o matemàtics, són simplificacions del “món real” i, per tant, són “falsos” o, al menys, incomplets. Això significa que cal comprovar els models i discutir i comprendre les suposicions fetes al produir-los.

Una forma de veure què els models poder ser “erronis” és si tenim nous models que expliquen les evidències millor i són, per tant, millors. Un bon exemple són els models dibuixats per explicar els processos que mouen les plaques tectòniques.

Durant la “revolució de la tectònica de plaques” dels 1960/70s, quan científics de tot el món comprenien la tectònica de plaques, es creia que el principal mecanisme de moviment de les plaques eren els corrents de convecció al mantell. Això es mostrava en mots esquemes. Un d’ells va ser publicat en un llibre del US Geological Survey el 1994, lliure de copyright per al seu ús educatiu, i des de llavors s’ha usat per dibuixar esquemes a molts llibres de text.



El model de moviment de plaques produït pel USGS el 1994 al seu llibre ‘*This Dynamic Earth*’. Tot i que hi apareix el terme “tracció de llosa”, no s’explica aquí, sinó només al text.

Amb llicència de USGS sota llicència genèrica 2.5, 2.0 i 1.0 de Creative Commons Attribution-Share, i Alike 3.0 Unported.

L’esquema s’acompanyava d’un altre diagrama que mostrava fluïen els corrents de convecció en un vas de precipitats.



Convecció en un vas de precipitats del llibre ‘*This Dynamic Earth*’ de Kious, W.J. i Tilling, R.I. (1994), USGS, p54.

Aquests dos diagrames indiquen que la principal força que mou les plaques són els corrents de convecció del mantell. També reforcen un concepte erroni, que el mantell és líquid perquè pot fluir.

Fins els anys 1990s, es va creure que la principal força era la convecció del mantell, però la visió dels geocientífics va anar canviant des que es va escriure el llibre de la USGS, fins mostrar que calia considerar dues altres forces:

Tracció de llosa – les plaques són estirades avall dins el mantell (subduïdes) perquè les parts que s’enfonsen són més denses que el mantell i, per tant, s’hi enfonsen – tibant de la resta de la placa; aquest és l’anomenat mecanisme de tracció de llosa.

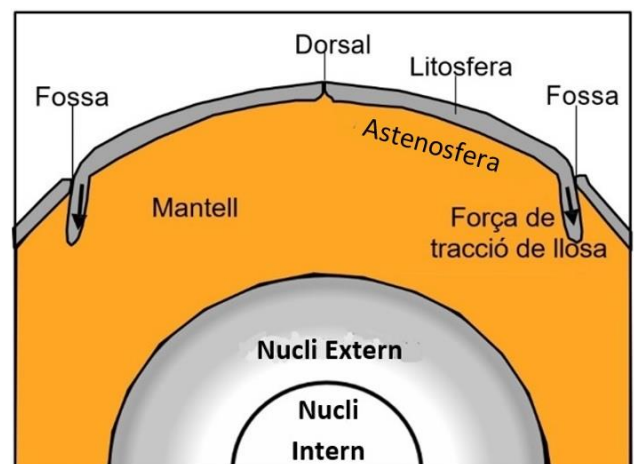
Empenta de la dorsal – quan es forma nova placa als límits divergents dels oceans, el nou material de la placa és calent i menys dens que l’àrea del seu voltant i s’enlaira fins formar les dorsals oceàniques. Les plaques així formades s’allunyen d’aquestes àrees elevades, tot empenyent la placa al seu davant - és l’anomenat mecanisme d’empenta de la dorsal.

Les evidències més recents mostren que:

- La tracció de llosa és el principal mecanisme de moviment de les plaques;
- L’empenta de la dorsal pot tenir un cert efecte allà on la tracció de llosa no és el principal mecanisme;
- Hi ha poca o cap evidència que els corrents de convecció del mantell moguin les plaques (apart de, potser, alguna placa molt petita i en circumstàncies poc freqüents).

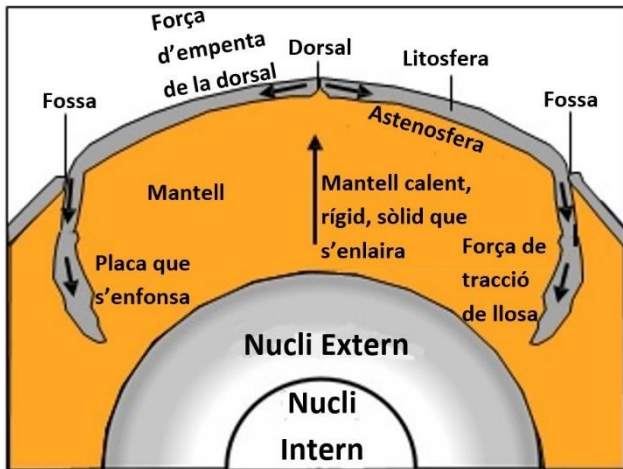
Això significa que els esquemes originals de la USGS, i molts més dibuixats des de llavors, són “realment erronis” quan mostren que els corrents de convecció del mantell són les principals forces que mouen les plaques.

PERÒ la tracció de llosa és part de la convecció ja que un material dens i fred que s’enfonsa pot controlar els corrents de convecció del mantell sòlid. Les diferències entre els esquemes de la USGS i altres similars, i el que els geocientífics pensen avui, és que les fletxes que mostren la força de la tracció de llosa prop de les zones de subducció **no** haurien d’estar en el mantell sinó **només** a la placa que s’enfonsa. Un dibuix millor seria com aquest, amb fletxes a les plaques que subdueixen, mostrant l’efecte de la tracció de llosa.



Esquema de la USGS modificat per mostrar el mecanisme de tracció de llosa de les plaques.

Un esquema encara millor mostra com el mecanisme de tracció de llosa pot continuar dins el mantell profund a mesura que les plaques continuen subduint (com mostra la moderna tomografia). També mostra el mecanisme d'empenta de la dorsal i l'ascens del mantell sòlid calent per sota les dorsals i altres límits divergents; aquests corrents ascendants s'anomenen sovint plomes del mantell.



Esquema USGS modificat per mostrar els fluxos de material sòlid.

Així, un problema amb molts llibres de text és que als seus esquemes hi tenen les fletxes dels mecanismes que mouen les plaques en llocs equivocats.

Les fletxes **no haurien de mostrar** els corrents de convecció que circulen pel mantell, sinó **mostrar** els fluxos controlats per la convecció de material sòlid allà on tenen lloc.

Useu aquesta informació per comprovar esquemes de models de moviment de plaques a llibres de text, a esquemes i animacions on-line, i fins i tot a museus. Quedareu sorpresos de veure quants d'ells estan "realment equivocats".

Al mateix temps, proveu que els esquemes indiquen que el mantell és sòlid. Les dades sísmiques mostren que el mantell és enterament sòlid, excepte possiblement percentatges molt petits de roca fosa a la part alta de l'astenosfera i a les cambres magmàtiques sota els límits de placa divergents.

Fitxa tècnica

Títol: "Tots els models són erronis" – però alguns ho són més: mecanismes de moviment de plaques.

Subtítol: Molts esquemes de llibres de text de forces que mouen les plaques tenen fletxes a llocs equivocats.

Tema: Una estratègia per explicar que tots els models són simplificacions, i que poden ser erronis quan són superats per models basats en millors evidències, com passa en el cas dels mecanismes de moviment de les plaques.

Edat dels alumnes: de 16 anys endavant

Temps necessari: la comprovació de llibres de text i altres esquemes/animacions pot durar tant com el temps de què es disposi

Aprenentatges dels alumnes: Els alumnes poden:

- explicar que tots els models són simplificacions i, per tant, no poden representar la realitat de forma completament correcta; es basen en una sèrie de suposicions que poden o no ser correctes i que sovint no treballen amb detalls prou fins;
- explicar com el model de moviment de plaques causat per la convecció al mantell es va creure que era el correcte, però ara es creu que és bàsicament erroni; ha estat desbancat pels mecanismes de tracció de llosa i empenta de la dorsal;
- redibuixar esquemes incorrectes movent les fletxes per tal que mostrin les forces correctament.

Context:

Molts esquemes de llibres de text, que no podem reproduir aquí per temes de copyright, mostren la convecció del mantell com la força principal que mou les plaques, amb fletxes que mostren corrents de convecció per tot el mantell. Tanmateix, evidències de tomografia sísmica i de la velocitat de moviment de les plaques en relació a la seva àrea i la longitud dels seus límits, mostren que els mecanismes de tracció de llosa i empenta de dorsal són els mecanismes més importants per a la majoria de plaques, si no per a totes elles.

La tomografia sísmica usa les ones sísmiques per obtenir imatges de l'interior de la Terra de la mateixa forma que ho fa un TAC del cervell humà. Les àrees del mantell on les ones sísmiques viatgen a més velocitat de l'esperada són més fredes i aquest fet permet identificar plaques que subdueixen i s'enfonsen. Allà on viatgen més lentament, el mantell és més calent i això permet definir les plomes del mantell.

La idea original de la convecció del mantell va ser publicada per primer cop en un esquema per Arthur Holmes el 1928, molt abans que les idees de la tectònica de plaques fossin acceptades. Podeu veure els seus dibuixos, que eren fascinants per al seu temps, cercant a Internet "Arthur Holmes" i "mantle convection" i fent clic a "imatges".

Ampliació de l'activitat:

Intenteu redibuixar el model de Holmes per mostrar els mecanismes de moviment de plaques correctes.

Principis subjacents:

- S'han proposat tres mecanismes de moviment de les plaques; la convecció del mantell (o arrossegament pel mantell – el mantell flueix i transporta la placa que té a sobre), la tracció de llosa i l'empenta de la dorsal (ambdues descrites més amunt).
- Entre els anys 1970s i els 1990s, es va creure que la convecció del mantell era la principal força que movia les plaques i molts esquemes encara la mostren com el principal mecanisme.
- Amb el coneixement actual de que la tracció de llosa és el principal mecanisme de moviment de les plaques, cal corregir aquests esquemes traient les fletxes de convecció del mantell i substituint-les per fletxes que mostrin els processos de tracció de llosa, empenta de la dorsal i plomes ascendents del mantell.

Desenvolupament d'habilitats cognitives:

Produir un model abstracte que il·lustri un procés és una activitat de construcció de coneixement. Criticar el model implica més construcció i conflicte cognitiu. Posar d'acord el model amb la realitat implica l'establiment de noves connexions.

Material:

- (opcional) llibres de text i altres esquemes que mostrin els mecanismes de moviment de les plaques, alguns correctes i altres de "realment erronis"

Enllaços útils:

Podeu veure un model de moviment de les plaques connectat amb fluxos al mantell sòlid a: http://www.en.uni-muenchen.de/news/newsarchiv/2018/bunge_amn_h.html – on les àrees més fredes es mostren en blau i les més calentes en vermell. Proveu l'Earthlearningidea "Què mou les plaques": http://www.earthlearningidea.com/PDF/217_Ca_talan.pdf per reforçar la idea que la tracció de llosa és el principal mecanisme de moviment de les plaques.

Font: Chris King de l'Equip d'Earthlearningidea.

© **L'Equip d'Earthlearningidea.** L'equip d'Earthlearningidea produeix periòdicament una idea didàctica de baix cost, amb els mínims recursos, per a educadors i professors de Ciències de la Terra a nivell escolar, amb una discussió online sobre cada idea per tal de desenvolupar una xarxa de suport global. "Earthlearningidea" té un finançament mínim i es produeix majoritàriament de forma voluntària. No s'aplica el Copyright del material d'aquesta unitat si s'usa al laboratori o a l'aula. El Copyright de materials d'altres editors els segueix pertanyent. Qualsevol organització que vulgui usar aquest material haurà de posar-se en contacte amb l'equip d'Earthlearningidea. Ens hem esforçat a localitzar i contactar els propietaris del copyright dels materials d'aquesta activitat i obtenir el seu permís. Si us plau, poseu-vos en contacte amb nosaltres si, tanmateix, creieu que s'ha vulnerat el vostre copyright: us agraïrem qualsevol informació que ens ajudi a actualitzar els nostres registres. Si teniu dificultats per llegir aquests documents, si us plau, poseu-vos en contacte amb l'equip d'Earthlearningidea per obtenir ajuda.

