

L'energia interna de la Terra

L'energia interna dels planetes prové en la seva major part de la transformació d'energia gravitatòria en energia tèrmica durant el període d'acreció que va donar lloc a la formació dels planetes. Com s'ha conservat aquesta energia a través de més de 4.500 milions d'anys? Això es deu al fet que la matèria que els forma és extraordinàriament opaca a la irradiació d'energia, que triga milions d'anys a arribar a la seva superfície. És el baix rendiment d'aquest transport el qual permet la persistència dels fenòmens geològics, que encara obtenen part de la seva energia motriu de la condensació gravitacional primordial. Aquesta energia representa per a diferents investigadors entre el 25 i el 50 per cent de l'energia que procedeix de l'interior terrestre. La resta de l'energia provindria de la descomposició dels isòtops inestables de la següent taula:

Isòtop original	Isòtop estable	Vida mitjana
Rubidi 87	Estronci 87	50.000 m.a.
Urani 238	Plom 206	4.500 m.a.
Potasi 40	Argó 40	1.300 m.a.
Urani 235	Plom 207	713 m.a.

Un exemple de l'eficàcia dels isòtops radioactius com productors de calor és que, si s'aconseguís aïllar totalment una galleda de granit d'un centímetre de costat, la calor despresa pel potassi i l'urani dels seus minerals ho fondria en uns deu milions d'anys. Les formes possibles de transmissió de l'energia cap a la superfície són tres: radiació, convecció i conducció. Quins operen en els planetes? La radiació és eficient a gran profunditat i temperatures properes a la fusió, perquè en aquestes condicions l'energia és emesa les longituds d'ona entre l'infraroig i l'espectre visible i molts minerals són "transparents" per a aquestes radiacions. La conducció és la forma que els sòlids transmeten normalment la seva energia. La convecció és pròpia dels fluids, però la convecció en el mantell terrestre s'ha convertit en una de les discussions més modernes de la geologia. Si considerem l'energia que influeix en els processos geològics, cal considerar que pràcticament tota l'energia dissipada per la Terra, ja sigui primordial (gravitacional) o secundària (radiogènica), transformada a qualsevol de les formes energètiques (tèrmica, mecànica, gravitatòria, química), serveix de motor a alguns dels processos geològics: sismicitat, vulcanisme, magmatisme, metamorfisme, desplaçament de les plaques, formació de serralades, etc.

La dinàmica sublitosfèrica

Per a entendre la dinàmica de la litosfera i la major part dels processos geològics, cal conèixer i entendre la dinàmica del mantell en el seu conjunt. Entre 1923 i 1926, el científic irlandès John Joly va proposar que a causa de la mala conductivitat tèrmica de l'escorça, la calor radioactiva que es genera en la Terra s'acumula sota l'escorça i fon el mantell sota l'escorça, el que provoca una convecció tèrmica. La hipòtesi de Joly va anar la base de la teoria de la convecció en el mantell, el principal exponent del qual: Griggs (1939), la va aplicar a la deriva continental. Posteriorment A. Holmes va postular que la convecció també podia portar-se a terme en el mantell sòlid.

En el mateix any Holmes abordava el problema del moviment de la Terra i la radioactivitat de la mateixa. La base de la seva argumentació era que les forces dominants que movien l'escorça, devien provenir de la Terra mateixa. Després de considerar breument vàries de les hipòtesis que intentaven explicar la deriva continental, per exemple el concepte *Polflucht* de Wegner, Holmes va suggerir que la desintegració radioactiva en l'interior de la Terra pot causar corrents de convecció que podrien separar els continents i també formar els nous fons oceànics. Va escriure que *"l'escalfament diferencial del substrat, seria un sistema de corrents ascendents en algun lloc d'una regió continental, separant-se a l'arribar dalt en totes adreces cap a les zones perifèriques més fredes. Els corrents descendents es farien més forts més enllà de les vores continentals, on es trobarien amb els corrents febles de les regions oceàniques (...) on els corrents ascendents giren, el cizallament i els corrents resultants en l'escorça produirien una regió allargada o una conca disruptiva que tindria subsidència entre els dos blocs principals, si aquesta conca fora afectada pel fons dels corrents, el geosinclinal interposat podria donar lloc a una nova regió oceànica. La formació d'un nou fons oceànic suposaria la descàrrega d'una*

gran quantitat de calor excedent (...) devem notar que (la hipòtesi dels corrents de convecció) proporciona un mecanisme per a produir la deriva continental, i al mateix temps per a descarregar part de l'excés de calor generada en el substrat" (Holmes 1929 b. pàg. 579-580). En la convecció, una zona de fluid és escalfada, es dilata i perd densitat, pujant, refredant-se en superfície i tornant a descendir. La convecció es dona contínuament en l'atmosfera i en la hidrosfera. Com esbrinar si es dona també en el mantell? La resposta l'ha donat la tomografia sísmica, que ha revelat l'existència de zones calentes i fredes del mantell que s'interpreten com corrents de convecció. Una segona informació la proporcionen els models, tant numèrics com experimentals. Aquests models diuen que l'escalfament convectiu no pot ser provocat des de l'interior del mantell (això donaria lloc a una situació estàtica) sinó que deu ser escalfat des de baix i refredat dalt. Sabem també que el nucli extern té al seu torn convecció i la calor que emet pot escalfar el mantell inferior. En aquestes condicions, tots els models realitzats formen plomalls (cruidats també plomes) que ascendeixen des de la zona calenta (base del mantell o zona D) mentre que el flux descendent és més difús o dispers. En aquest cas hi ha una concordança entre els models experimentals i la situació de la realitat interpretada a partir de la tomografia sísmica.

Com és el mantell?

Els models experimentals reproduïen bastant bé el detectat per la tomografia sísmica. S'observa una discontinuïtat entre el mantell superior i l'inferior situada entre els 650 i els 670 km. Podria haver dos nivells de cèl·lules convectives, però que la barrera entre ambdues pogués ser travessada per fluïxos convectius de majors dimensions. El principal mecanisme de la convecció és el refredament del mantell superior a causa de la subducció. Les plaques subduïdes arriben fins al nucli i provoquen un ascens convectiu del material del mantell inferior. Un segon tipus de flux convectiu són els plomalls, que puguen des de la base del mantell (zona D) i poden perforar la litosfera (punts calents) contribuint a la fragmentació de continents. El moviment de les plaques litosfèriques seria degut principalment a "l'estirada" causada per la densificació de la placa subduïda i el seu lliscament gravitacional. La fusió que es produeix en les dorsals seria passiva, és a dir, deguda al descens de pressió que les fractures causades per la tensió provoquen en la zona superior del mantell. La velocitat de les plaques en les vores destructives és més ràpida que en les vores constructives (9 cm/any enfront de 2 cm/any)

Es presta molta atenció als moviments horitzontals de les plaques i als processos geològics que du associats aquest moviment, però hi ha també altres moviments de la litosfera que tenen una component vertical. Aquests moviments reben el nom clàssic de epirogènics. aquests moviments són conseqüència de les redistribucions de massa que originen els moviments horitzontals de les plaques litosfèriques. Si la part superior del mantell (anomenada clàssicament astenosfera) és relativament plàstica, la litosfera està en equilibri sobre el mantell. Aquest equilibri es diu isostasia i va ser descrit per dos geofísics del segle XIX (Pratt i Airy) i pot modificar-se per diverses causes, com són la denudació d'un continent o serralada, augment de pes sobre l'escorça per acumulació de gel, etc. Altres moviments verticals són d'origen tèrmic, per exemple quan un plomall envia material cap al mantell superior, es pot provocar una inflexió en la zona de l'escorça on incideix, podent provocar vulcanisme.

El subsistema geosfera (el cicle de Wilson)

Les plaques litosfèriques evolucionen, no només es mouen, sinó que poden fragmentar-se i soldar-se unes a unes altres. El procés de fragmentació es veu ajudat pels punts calents, que apriuen l'escorça fins trencar-la. El procés de soldadura deixa com petjada una sutura constituïda per serralades (de vegades totalment denudades) en les quals hi ha abundants materials metamòrfics i roques d'origen oceànic.

Al reconstruir la història d'un continent podem observar el següent esquema bàsic. Un continent es fragmenta, els seus fragments es dispersen, separats per un oceà de tipus Atlàntic; després tornen a proximitat, quan l'oceà es converteix en un de tipus Pacífic (les seves costes són bordes destructives de placa), fins que col·lisionen i es forma una sutura. Aquesta evolució, que admet moltes variants ha estat anomenada "Cicle de Wilson"

