

LA HISTÒRIA DE LA TERRA (Un estudi global de la matèria)

Resum del llibre del mateix títol de M^a Jesús Mediavilla. Editorial McGraw Hill. 1999.

L'origen dels primers àtoms

Per a conèixer els cicles i canvis en la matèria devem remuntar-nos a l'origen de l'Univers. Avui sabem que l'Univers està en expansió, és a dir, les galàxies s'allunyen unes d'unes altres i això afecta a la densitat de massa i energia que es reparteixen per l'espai. La massa i l'energia no es creen ni es destrueixen, només es transformen; això equival a dir que la matèria i energia de l'Univers és constant i que avui existeix la mateixa que hi havia quinze mil milions d'anys. Si vam considerar que l'Univers s'expandeix amb el temps, en el futur tindrà un volum major i per tant serà un Univers menys dens i més fred. A l'origen va deure ser un Univers extremadament dens i càlid. S'han estimat les condicions de l'Univers primitiu, a només una centèsima de segon del començament. Segons Weinberg, en aquest moment la temperatura era d'uns 100.000 milions de graus kelvin i la seva densitat de 3.800 milions de quilos per litre.

En aquestes condicions les úniques partícules que podien subsistir eren corpuscles molt lleugers com els electrons, però no podien formar-se nuclis, però l'Univers va començar la seva expansió i a mesura que progressava el refredament i disminuïa la densitat, van començar a formar-se partícules més complexes i pesades, com els protons i els neutrons i a l'anar disminuint la temperatura es van originar alguns nuclis atòmics senzills. Aquest primer procés de formació de nuclis (elements) no va avançar massa. La major part de la matèria es trobava en forma d'hidrogen i heli. La matèria no hauria evolucionat molt més, però va ocórrer un fet que va activar de nou la formació de nuclis, aquest fet va ser l'aparició de les forces gravitatòries.

Es pot imaginar l'Univers primitiu com un núvol càlid i densa que s'expandeix uniformement, però les coses no van ser d'aquesta manera, sinó que la matèria es va concentrar en múltiples i diversos punts per a formar les galàxies. En la formació de galàxies es tornava a produir asimetries i es formaven cúmuls de matèria que acabarien formant les estrelles. Poc després de l'origen, l'evolució de l'Univers ja estava decidida: s'havien format les galàxies i dintre d'elles els sistemes estelars, on les forces electromagnètiques i gravitatòries subjectaven els objectes còsmics. Aquestes forces no només controlaven l'evolució física, sinó que també han controlat els processos de nucleosíntesis.

Quant a l'evolució química, l'evolució ha anat marcada pel tipus de partícules que es van formar en els primers estadis de la "creació" i per les forces que uneixen aquestes partícules en els àtoms. Aquestes forces defineixen la seva estabilitat enfront de la desintegració nuclear i la seva reactivitat química.

L'origen dels elements químics

Tot el que existeix en l'Univers, des del nostre cervell fins la roca que suposem més inerta, està format únicament per uns noranta elements, que es combinen per a donar milions de compostos distints. D'aquests elements naturals, només l'hidrogen i l'heli es van formar directament en l'Univers primitiu. Els restants van tenir altra gènesi. Els elements es formen en dues etapes; primer se sintetitzen els nuclis atòmics i posteriorment els nuclis atreuen als electrons per a formar els àtoms neutres. Els nuclis es formen per successives reaccions de fusió nuclear, sent aquest, un procés pel qual dos nuclis s'uneixen i es interpenetren per a donar lloc a un nucli major, amb més neutrons i protons.

La formació de nuclis atòmics en les estrelles es coneix amb el nom de nucleosíntesis estel·lar i és un procés lligat a la gènesi i formació de les mateixes. Comença quan núvols interestel·lars d'hidrogen i heli es comprimeixen per l'acció de la gravetat. A mesura que augmenta la compressió, augmenten la pressió i la temperatura fins arribar a un valor crític i s'inicien una sèrie de reaccions en el centre del núvol. Quan comença la fusió de l'hidrogen, l'energia alliberada en la reacció flueix cap a la superfície i es radia a l'espai en forma de llum i calor. A partir d'aquest moment, l'evolució estel·lar anirà paral·lela a la nucleosíntesis. A mesura que l'estrella envella, augmenta la temperatura del seu interior i amb això es van fusionant nuclis

cada vegada més pesats, de manera que l'estrella va enriquint-se en carboni, oxigen, etc. L'estrella augmenta de grandària i es produeixen canvis en la lluentor i color.

Quan s'esgota l'hidrogen en el nucli d'una estrella, la fusió es deté en el seu centre. Això duu a un descens de la temperatura i la pressió interna que provoquen una contracció gravitatòria (les capes superiors "cauen" sobre el nucli) i aquesta contracció augmenta la temperatura prou perquè es produeixi la fusió de l'heli, que dóna origen a beril·li. Si aquest xoca amb altre nucli d'heli es forma el carboni. Quan xoca el carboni amb heli pot formar oxigen. En etapes successives de "esgotament de combustible" es van formant nous elements fins que arriba un moment que la temperatura no és suficient per a produir noves reaccions de fusió i la nucleosíntesis es frena. El límit per a la fusió es troba en el ferro. Si l'estrella arriba a explotar, els elements que sobreviuen queden dispersos a la mercè d'altres forces gravitatòries que els agrupin i permetin la formació d'altres cossos estelars com altres estrelles i planetes.

L'Univers que coneixem es va formar fa poc més de quinze mil milions d'anys i des de llavors s'han dut a terme les reaccions de fusió nuclear que han produït cada vegada àtoms més pesats, però a pesar del temps transcorregut, la velocitat de síntesi nuclear ha estat tan lenta que l'univers continua tenint una composició molt similar a la dels seus orígens, amb una proporció enorme d'hidrogen i heli enfront de la resta d'àtoms. Aquest fet indica que l'evolució química està encara en els inicis i que en el transcurs del temps l'Univers continuarà enriquint-se d'àtoms més pesats, però ara com ara, els éssers vius i les roques són materials molt escassos.

La formació del sistema solar i els planetes

El nostre planeta no ha pogut donar-nos informació sobre els seus orígens, ja que l'activitat volcànica, l'erosió, la sedimentació i la vida han esborrat els rastres del procés inicial. També la Lluna i Mart, les roques de la qual s'han pogut investigar, han sofert una sèrie de canvis que van destruir les seves roques primordials. No obstant això, la presència d'elements pesats en l'interior del sistema, com or, plata o urani, indica que no va poder formar-se en els primers temps de l'Univers, sinó que la seva formació va deure esperar que es produís almenys un procés de nucleosíntesis estel·lar explosiva. Les millors dades sobre l'origen del sistema solar els trobem en els meteorits. Per datació d'aquests materials se sap que aquestes roques existien fa almenys 4.600 milions d'anys.

La nostra galàxia és una galàxia espiral amb forma aplanada i llargs braços espirals. La galàxia es va formar a partir d'una immensa acumulació d'hidrogen i heli, i que des que tota aquesta massa es va agrupar, s'han succeït diverses generacions d'estrelles. Les primeres estrelles van evolucionar ràpidament i van morir en immenses explosions emetent a l'espai àtoms pesats, que al seu torn es reagrupen per a formar noves estrelles i altres cossos estelars, entre aquest "cos" destaca l'anomenada pols interestel·lar i gas interestel·lar. A partir d'aquesta pols i gas concentrat en una de les espirals, es va deure formar el sistema solar.

El fet que el nostre sistema s'hagi format a partir de materials de deixalla d'altres estrelles ha fet possible l'existència dels planetes rocosos els materials dels quals (silici, ferro, magnesi, etc.) es van formar en les grans estrelles. La vida mateixa no podria existir si no fos, perquè en, algun moment, una estrella anterior al Sol va emetre a l'espai els elements essencials de la mateixa.

El nostre sistema solar es va originar a partir de la concentració gravitatòria de gas i pols que va formar un nucli dens i calent que seria el Sol, que conté més del 99 per cent de la massa del sistema. Al voltant d'aquest nucli van quedar en òrbita els materials que van originar els planetes.

A mesura que progressava la contracció, masses de pols interestel·lar es condensaven en les zones allunyades del centre. Amb l'agrupació d'aquests condensats s'anaven formant grans i blocs de roca i gel (planetesimals) que xocaven entre si per l'acció de la gravetat. El resultat era la unió de partícules (acreció) o en ocasions la fragmentació de blocs grans en petits.

En el procés de formació dels planetes del sistema solar cal diferenciar els planetes "terrestres" dels planetes gegants. El model d'acreció és vàlid per als primers, però per als segons cal pensar en un col·lapse gravitatori de massa de nebulosa, sobretot gas, que no va ser la suficient per a desencadenar la fusió nuclear i donar origen a altres estrelles. L'acreció no ha acabat. Avui en dia segueixen arribant a la Terra grans quantitats de matèria d'origen extraterrestre. La major part és pols o fragments menors que es cremen en contacte amb l'atmosfera, no obstant això de vegades arriben fragments majors que arriben a la superfície i constitueixen els meteorits.

El final de l'acreció

Fa uns 4.600 milions d'anys els planetes del sistema solar havien arribat a aproximadament les seves grandàries actuals i estabilitzant les seves òrbites, encara que aquestes hagin pogut experimentar variacions, però el sistema solar devia ser un lloc massa "brut"; havia restes rocoses que acabaven col·lisionant amb els planetes. La gravetat de Júpiter havia impedit la formació d'un planeta en una òrbita estable entre ell i Mart i en aquesta possible òrbita, però molt influenciats per la proximitat d'altres planetes, havien quedat els fragments que haguessin format aquest planeta. Aquests constitueixen el cinturó d'asteroides, que han col·lisionat en ocasions amb altres cossos, com Mercuri, la Lluna, la Terra i Mart. Una etapa molt important d'aquests xocs va tenir lloc fa 3.900 milions d'anys.

Composició dels planetes

Hi ha una notable diferència de densitat entre els anomenats planetes exteriors (de Júpiter a Plutó) i els interiors (de Mercuri a Mart). Els primers són molt lleugers i estan compostos fonamentalment per hidrogen i heli, mentre que els planetes interns, cridats també terrestres, són molt més densos i estan constituïts sobretot per metalls i silicats. Aquestes diferències se suposa que són degudes a l'efecte de la pressió i la temperatura sobre els materials de la nebulosa en el moment de la formació del sistema solar. En la zona interior del sistema (futur Sol) els components lleugers es volatilitzaven, de manera que només podien solidificar els materials més refractaris com el ferro i els silicats. En la zona externa del sistema, la menys temperatura va permetre la condensació de materials rocosos i també els lleugers. Cada planeta es va formar per accreció dels components que podien condensar-se en el seu "zona de temperatura"

Mercuri es formaria a una temperatura de 1.400 ° K, pel que únicament podrien condensar-se el ferro metàl·lic, òxids de magnesi i titani, alumini, calci i alguns silicats. En Mercuri el ferro pot representar el 60% de la massa del planeta.

Venus s'hauria format a uns 900° K, pel que a més dels compostos anteriors, podrien condensar-se aluminosilicats alcalins i alcalinotèrries.

En la Terra les temperatures de condensació haurien estat de 600° K, pel que també tindríem sulfurs, com el FES, que també es troba en Mart i en els asteroides.

Mart es va formar en una zona més allunyada, amb temperatures d'uns 450° K, pel que té un menor contingut metàl·lic i és ric en volàtils, com ho demostra que la seva superfície està coberta d'unes capes alternants de gel i pols. Se suposa que si aquest gel es fongués, Mart podria tenir una hidrosfera d'uns 400 metres d'espessor. A l'estudiar la composició dels planetes s'observa un fet repetitiu: les roques superficials tenen una densitat inferior a la densitat global, de manera que es dedueix que aquesta deu augmentar en profunditat. Els planetes presenten un nucli dens i una escorça lleugera, el que significa que ha sofert una estratificació per densitats.

Actualment se suposa que els planetes interiors es van formar per accreció de planetesimals constituïts per compostos solidificats a diferents temperatures, és a dir, formats per barreges de metalls i silicats. Posteriorment els materials lleugers migraren cap a la superfície, mentre que els més pesats anirien cap al centre. Aquesta diferenciació ja començaria a ocórrer abans de concloure l'acreció. Perquè aquesta migració sigui possible les roques han d'estar parcialment foses. Se suposa que la calor radioactiva i el generat pels impactes produeix aquesta fusió

parcial i dóna les condicions de viscositat i densitat suficient per a aquesta diferenciació. En aquestes últimes fases d'acreció emigrarien també els gasos cap a la superfície per a formar les atmosferes

La Terra antiga

Com és l'edat de la Terra? Al llarg de la història de les ciències geològiques ha hagut nombroses conjeitures sobre l'edat de la Terra. Va ser el descobriment de la radioactivitat per Beckerel en 1890 que va fer suposar que no bastava calcular el temps de refredament de la Terra, com havia fet Kelvin, sinó que es tenia que considerar la calor generada per la desintegració dels isòtops inestables. En 1956 Patterson va utilitzar mètodes de datació radiomètrica, en concret la relació d'isòtops de plom i urani, i va arribar a la conclusió que la Terra tenia una edat de 4.550 milions d'anys, la mateixa que els meteorits. Aquesta edat, amb una desviació de 70 milions, és l'acceptada avui en dia.

Les roques més antigues que es coneixen de la Terra van ser descobertes a Groenlàndia i ronden els 3.800 milions d'anys. Aquestes roques mostren que en aquella època ja existien gasos atmosfèrics i corrents d'aigua superficial, capaces d'alterar les roques i transportar els materials fins llocs de dipòsit. Aquesta etapa havia estat precedida del "gran bombardeig meteòric" i en aquesta època es va definir l'estructura interna del planeta, es va formar la primera atmosfera i la hidrosfera i es van desenvolupar les síntesis químiques de molècules orgàniques complexes que conduirien a l'aparició dels primers éssers vius.

La primitiva Terra era un objecte rocós irregular i en la seva superfície, coberta de cràters, hi havia roques de molt diversa naturalesa. En una Terra sense atmosfera, en absència de vents i pluges, l'aparent immobilitat superficial només es veia alterada per la freqüent caiguda de meteorits i possiblement el planeta tenia un aspecte semblant a la Lluna actual. El planeta estava calent a causa dels impactes del final de l'acreció i a la calor radioactiva. A causa de la baixa conductivitat tèrmica de les roques, aquesta calor no tenia temps de transferir-se i dissipar-se cap a l'espai i s'anava elevant la temperatura interna. Aquest augment va ser la causa de canvis en les roques i els seus compostos es formaven i descomponien en funció de les seves afinitats químiques, alliberant oxigen, aigua i altres elements lleugers. Aquests gasos accedien a la superfície a través de les fissures de les roques o quedaven acumulats en les zones més superficials. Aquesta calor radioactiva fluidificava les roques internes i els compostos lleugers migraven cap a la superfície, mentre que els metalls queien cap al centre de la Terra per l'acció de la gravetat, alliberant energia calorífica que augmenta el grau de fusió del mantell. Això va fer que s'establís una dinàmica interna molt activa, que va finalitzar amb la separació de l'escorça, el mantell i el nucli.

L'escorça era inestable i descansava sobre una capa semifluida molt més activa que l'actual. els impactes de meteorits i la pressió interna obrien fisures que permetien la sortida massiva de magma i gasos que originarien l'atmosfera. Fa 3.800 milions d'anys van aparèixer les primeres lloses d'escorça estable (les primeres plaques) i progressivament aniria augmentant el percentatge d'escorça fins arribar a la situació actual. Degut també a la plasticitat interna i a la rotació, la Terra irregular dels primers temps va ser adquirint la forma actual.

Composició química de la Terra sòlida (geosfera)

L'única zona de la Terra a la qual es té accés és l'escorça no profunda, que representa menys del 1% de la massa terrestre. L'abundància dels elements que la formen no pot extrapolar-se a la resta del planeta, ja que l'escorça representa la part menys densa i la diferenciació ha originat un nucli metàl·lic dens i un mantell amb silicats més lleuger. En l'escorça es troben la major part dels elements químics, però en proporcions molt diferents a les quals es troben en el sistema solar. L'escorça està composta majoritàriament per oxigen i silici, que juntament amb l'alumini, ferro, calci, potassi, sodi i magnesi, representen el 99% de l'escorça i es combinen per a formar els silicats que constitueixen la major part de les roques superficials. En aquesta escorça cal diferenciar entre la continental i l'oceànica.

La primera és més gruixuda i posseeix major proporció de sílice i és més lleugera que l'oceànica. La informació que posseïm sobre la composició del mantell està basada sobretot en

dades indirectes, encara que es troben també en la superfície roques que procedeixen del mantell. La seva anàlisi mostra una composició peridotítica. No sembla probable que tot el mantell tingui una composició homogènia. A mesura que augmenta la profunditat sembla que hi ha un enriquiment en metalls pesats i una compactació en les estructures minerals, fins arribar a la zona del domini del ferro, en la frontera entre mantell i nucli.

El nucli estaria format per un aliatge de ferro i níquel amb petites quantitats d'altres elements. Les estimacions sobre la seva densitat així com l'existència de material fos fa pensar en l'existència d'elements que disminueixin el punt de fusió. Aquest element sembla ser el sofre i concretament seria el sulfur de ferro un constituent essencial d'aquest nucli.

La primera atmosfera de la Terra

La composició de l'atmosfera és anòmala quan la hi compara amb la dels planetes interiors. El nitrogen i l'oxigen ocupen un lloc significatiu, mentre que la major part de l'aigua està condensada i el diòxid de carboni només apareix en un percentatge del 0,03%. L'atmosfera primitiva no va poder contenir oxigen en quantitats apreciables, ja que l'únic mecanisme inorgànic capaç de generar-lo és l'acció dels rajos ultraviolats sobre l'aigua en l'alta atmosfera. Per altra banda, una atmosfera primitiva amb un Sol molt més feble, hauria provocat temperatures molt per sota del punt de congelació de l'aigua, però les roques de fa 3.800 milions d'anys demostren l'existència s'aigualeix líquida sobre la Terra. Per aquest motiu s'accepta que l'atmosfera va ser molt distinta en el passat i que la seva composició actual és conseqüència de l'evolució.

En l'últim segle es van proposar dues composicions per a l'atmosfera. La primera era reductora, amb amoníac, metà i vapor d'aigua (condicions en les quals Oparin proposava l'origen de la vida). La segona era no reductora, amb vapor d'aigua, nitrogen molecular i diòxid de carboni. Actualment la majoria de científics s'inclinen pel segon model.

A mitjan segle XX, Rubey va considerar que l'atmosfera primitiva devia tenir una composició similar als gasos volcànics, amb vapor d'aigua, diòxid de carboni i nitrogen molecular. Aquests gasos van sorgir en grans quantitats en les èpoques primitives de la Terra. En aquesta atmosfera també podien estar presents altres gasos, com SO₂ i SH₂, així com HCl i HF, encara que en quantitats molt menors.

Sembla evident que la primitiva atmosfera era de nitrogen, diòxid de carboni i vapor d'aigua, així doncs, com ha estat l'evolució fins l'atmosfera actual? El nitrogen és estable i bastant pesat com per a romandre en l'atmosfera de forma indefinida a temperatures moderades. El diòxid de carboni és molt diferent i gairebé ha desaparegut de la nostra atmosfera. Es pensa que la seva quantitat era molt elevada, ja que amb un Sol primitiu era precisa una gran quantitat d'aquest gas per a produir un efecte hivernacle i elevar la temperatura del planeta per sobre del punt de congelació de l'aigua. Posteriorment gran quantitat de diòxid de carboni va passar a formar part dels carbonats, que són una de les roques sedimentàries més abundants. Una dada molt important a tenir en compte és la pressió atmosfèrica en aquelles condicions, equivalent a la qual es registra a 300 o 400 metres per sota del nivell del mar, i aquesta pressió permetria que l'aigua estigués en estat líquid a temperatures per sobre dels 100 °C.

La hidrosfera ja existia fa 3.800 milions d'anys i va deure formar-se per condensació del vapor d'aigua al saturar-se l'atmosfera, encara que els primers oceans van deure ser molt inestables a conseqüència dels impactes dels meteorits.

L'origen de la vida

Els elements químics que formen els éssers vius procedeixen de la Terra i sorgeixen i viuen gràcies a l'energia subministrada pel sol, la mateixa energia que modela la Terra i permet que els éssers vius puguin obtenir els seus nutrients a partir de les roques alterades. La vida ha sorgit sobre la Terra, però aquesta mateixa vida ha contribuït a la formació de roques i a canvis tan importants com els quals van dur a la composició actual de l'atmosfera. En el laboratori s'han aconseguit crear condicions que permeten la síntesi de molècules orgàniques a partir de compostos inorgànics, i en l'espai s'han detectat molècules orgàniques que suggereixen que la

vida va poder venir d'altres mons. La veritat és que existeix una important relació entre els processos geològics que modelen el planeta i els éssers vius, i que aquesta relació ha estat particularment important en diverses èpoques de la història de la Terra.

Què és l'intrínsecament biològic i l'intrínsecament geològic? Una diferència fonamental entre els sistemes vius i els sistemes minerals és la seva estructura. Els sistemes minerals posseeixen un ordre intern que els àtoms o ions es disposen en l'espai en una estructura tridimensional que denominem cristall o estructura cristal·lina. En un ésser viu, a nivell d'àtoms o molècules, no existeix cap tipus d'ordre intern. Els àtoms s'uneixen per a formar molècules, aquestes a la vegada donen macromolècules i aquesta s'associen per a formar les cèl·lules, que tenen la propietat de la vida. Els àtoms que intervenen majoritàriament en els processos vitals són el carboni, l'hidrogen, el nitrogen i l'oxigen, juntament amb petites quantitats d'altres elements.

De la mateixa manera que avui en dia pensem en una evolució biològica amb elements aleatoris que la determinen, també hi ha una evolució química amb elements i compostos que semblen tenir un codi químic que dirigeix les seves reaccions. Sembla que el carboni tingui instruccions que ho duguin a combinar-se amb hidrogen, oxigeno, nitrogen, sofre i fòsfor, per a formar macromolècules amb capacitat potencial per a construir un ésser viu. per al carboni, la formació de macromolècules és només una qüestió de temps i oportunitat, però aquest temps, entre 500 i 1000 milions d'anys va ser suficient per a culminar la seva evolució química i començar la seva evolució biològica.

El fòssil més antic que es coneix (microscòpic) està datat en uns 3.500 milions d'anys i es va trobar a Austràlia. És semblant a les cianobacterias actuals, i com elles, té paret cel·lular i realitza la fotosíntesi. Aquestes cianobacterias formen unes estructures minerals carbonatades o silícies anomenades estromatòlits. Constitueixen un exemple de roques d'origen orgànic en el qual el diòxid de carboni s'acumula en forma mineral i pansa de l'atmosfera a la litosfera. La fotosíntesi és el procés que va permetre la retirada del diòxid de carboni atmosfèric i la seva substitució per oxigen. Els éssers vius i la fotosíntesi van canviar per complet la història de la Terra.

La Terra actual

Durant milions d'anys la Terra ha anat canviant, s'ha transformat físicament i químicament, s'han format i trencat continents, han aparegut i desaparegut espècies vives, i seguirà sent així perquè de la mateixa manera que la Terra segueix girant, també continuarà l'evolució. De vegades es parla de l'evolució fins el moment present i a partir d'ara de manteniment d'equilibri. Aquesta idea és errònia. El terme evolució implica canvi, i les coses només canvien quan no estan en equilibri. Un sistema es troba en equilibri únicament si l'energia posseeix una distribució uniforme, però això es dona només en sistemes aïllats, o sigui sistemes que no intercanvien matèria ni energia amb l'exterior, i en la Terra no existeixen sistemes aïllats. La Terra en si, no és tampoc un sistema aïllat, ja que interacciona amb el Sol, la Lluna i tant de bo en el futur no ho faci de nou amb un asteroide. En el nostre planeta tots els sistemes (éssers vius, oceans, el nucli terrestre, etc.) són sistemes oberts, és a dir, intercanvien matèria i energia amb la resta. Si vam estudiar detingudament els sistemes, sigui el que sigui la seva naturalesa, observarem que qualsevol moviment es realitza a costa d'una energia adquirida o acumulada, qualsevol reacció es realitza a costa d'una energia adquirida o acumulada o com a conseqüència d'una barreja de substàncies de desigual contingut energètic.

Per a analitzar l'evolució del planeta cal buscar unes fonts d'energia amb suficient potència com per a modificar el sistema que cridem Terra. Podem apreciar que només existeixen dues fonts d'energia amb aquestes característiques: l'energia del Sol i l'energia interna, que obliguen a la Terra a modificar el seu estat constantment. La seva actuació des de fa 4.600 milions d'anys ha estat la causa de l'evolució física, química, geològica i biològica del planeta, i encara avui continuen provocant un profund desequilibri que abasta des de l'alta atmosfera a l'escorça i des de l'escorça al nucli de la Terra. L'energia aportada pel sol i per l'interior han impedit que la Terra arribi a l'equilibri tèrmic i com a conseqüència, el nostre planeta és un sistema heterogeni, no només quant a la distribució de temperatura, sinó també quant a la naturalesa dels materials que ho componen.

L'energia interna de la Terra

La Terra no és només una esfera rocosa que es desplaça influïda per l'atracció solar, sinó que posseeix una energia interna pròpia capaç de fondre i mobilitzar els seus materials. La major part d'aquesta energia procedeix de la radioactivitat i només una petita part es deu a les restes de la calor generada durant la formació del planeta. Des dels seus orígens fins l'actualitat, la radioactivitat ha disminuït, però segueix subministrant energia com per a provocar el moviment de les masses continentals o provocar la formació de volcans i cadenes muntanyenques. L'energia calorífica generada no roman confinada, sinó que es transmet cap a l'escorça, en un intent d'aconseguir una temperatura uniforme. Una part d'aquesta calor arriba fins la superfície i es perd en l'espai, mentre que la resta provoca moviments de la matèria mineral, com és el cas dels desplaçaments de les plaques. La calor es transmet per conducció, que és una transmissió de les vibracions de les partícules materials produïdes per la calor o bé es transmet per convecció, que només es produeix en els mitjans fluids o no tan fluids que estiguin sotmesos a grans pressions. Una de les manifestacions dels moviments convectius en el nucli se suposa que és el camp magnètic.

En la superfície de la Terra, l'energia interna és la causa de la formació de relleus, però no només té aquesta funció creativa, sinó que retira i provoca l'enfonsament cap al mantell de materials que abans estaven sobre la superfície del planeta. En definitiva és responsable d'uns cicles de matèria. L'energia del Sol és responsable dels fenòmens de desgast i d'anivellació de la superfície, i juntament amb els anteriors completen el cicle de la matèria. El cicle de les roques és un exemple de les interaccions d'aquests sistemes de la Terra. Es parla del cicle de les roques en el sentit que totes elles poden interconvertir-se si es produeixen els canvis adequats en l'ambient. El cicle teòric comença amb l'aparició de les roques ígnies sobre la superfície del planeta, que van a ser transformades en sedimentàries pels agents externs. Aquestes poden transformar-se en metamòrfiques i arribar fins l'estat de fusió per a transformar-se de nou en ígnies i tancar el cicle.

Si en els cicles de la matèria intervenen els éssers vius, es pot parlar de cicles biogeoquímics. Aquests cicles garanteixen l'existència de nutrients necessaris per als éssers vius.