

EXPLORANT GAIA

EXTENSIÓ DE LA HIPÒTESI GAIA A LA SELECCIÓ NATURAL

Escrit per:

Stephan Harding

Schumacher College

Regne Unit

Asseguts en un remot aflorament de granit, lluny del reialme dels humans, tot és bosc autòcton al nostre voltant. Avall, per un forat dels arbres, podem veure un riu que excava una vall empinada poblada d'arbres. La llum del sol ho banya tot i com capitans silenciosos de l'espai, uns núvols ben blancs naveguen en formació travessant l'immens blau del cel. Lluny, a distància, entreveiem l'arc turquesa del mar, relluïnt majestuosament a la llum del sol.

Un ecòleg que mirés aquesta escena se sentiria inspirat per les miríades d'interaccions entre els éssers vius que veuria, i els que no veuria, al sòl i al riu. Els ocells porten erugues per alimentar els seus menuts i, per tant, ajuden a regular les poblacions d'arnes i de papallones. Ells també es mantenen en equilibri, gràcies als astorrets que volen com acróbates pels arbres.

Un climatòleg, en mirar els núvols que arrenquen a córrer pel cel blau profund i notant la brisa càlida a la galta, sabria que ha arribat un front càlid que porta el temps fantàstic dels climes calorosos.

Un geòleg miraria atentament la roca de granit i pensaria en com es va formar en el mantell de la Terra, sota altes pressions i temperatures, i es meravellaria de la gran varietat de minerals de la matriu negra, verda, grisa i blanca de la roca.

Un geomorfòleg se sorprendria de com el riu ha excavat per si mateix una vall tan profunda i empinada al cap de milions d'anys, i un oceanògraf podria explicar-nos els tipus d'algues que floten al mar i els corrents rics en nutrients que les sustenten.

Cadascun d'aquests científics podria experimentar una meravella concreta, amb les ments guiades pels límits intel·lectuals de les disciplines respectives. Si els ho demanem, cadascun podria explicar històries inspiradores, des de la seva perspectiva, sobre aus, erugues, l'atmosfera, núvols, oceans i roques, però és molt difícil que cap d'ells us pugui explicar la història de com tots aquests meravellosos fils estan íntimament connectats en el teixit de la natura. I quina és la connexió entre la pedra de granit on ens estem i els magnífics núvols blancs que floten damunt nostre? Segurament, la connexió és, com a molt, tènue; segurament no pot haver-hi cap connexió íntima entre coses aparentment tan diferents com la roca i el núvol.

La hipòtesi Gaia ens mostra una altra perspectiva. Ens ensenya les connexions sorprenents entre la temperatura agradable que experimentem aquest dia encantador i la roca, el riu, el bosc, el mar distant i els núvols. La hipòtesi és una creació de James Lovelock, que va tenir una impactant revelació sobre la Terra mentre treballava a la NASA per intentar trobar vida a Mart. En contrastar la composició atmosfèrica del nostre planeta amb la de Mart i de Venus, va suggerir que la vida mateixa no només havia creat l'atmosfera terrestre, sinó que també

l'havia regulada de manera que conservés una composició favorable per a la vida durant milers de milions d'anys.

La ciència convencional ens diu que això no és possible. La vida no pot tenir un impacte gaire transcendent en l'atmosfera perquè els éssers vius no són res més que ciutadans de segona categoria en el planeta Terra. És el món no viu de la roca, de l'atmosfera i del mar

perspectiva convencional. La primera proposta és que la vida afecta profundament l'ambient no viu (com ara la composició de l'atmosfera), el qual, al seu torn, influencia la totalitat del món viu. Els qui defensen la hipòtesi Gaia utilitzen el terme «fort acoblament» quan parlen d'aquestes influències per donar èmfasi a la força d'aquesta interacció, en què els dos membres de la parella es canvien del tot mútuament.



James Lovelock, per Nick Sinclair

el que determina la temperatura global i l'acidesa, dues variables importants per a la vida. Els éssers vius han d'adaptar-se a aquestes condicions o morir. En aquesta història, les influències que la vida pot tenir sobre el món no viu són insignificants, com un passatger passiu en un vaixell, incapaç d'influenciar-ne el rumb o la velocitat amb què navega.

La visió de Lovelock, elaborada en col·laboració amb la microbiòloga Lynn Margulis, ens proposa una imatge ben diferent. La hipòtesi Gaia suggereix dos punts de partida radicals des de la

La segona proposta és que, per fora d'aquest fort acoblament entre la vida i la no-vida, sorgeix una propietat inesperada. Aquesta «propietat emergent» és la capacitat de Gaia, del sistema Terra en conjunt, de mantenir aspectes clau del medi global, com la temperatura, a nivells favorables per a la vida, malgrat les pertorbacions i les alteracions que tenen lloc tant des de dins com des de fora del sistema.

Aquest tipus de capacitat, anomenada científicament autoregulació, la presenten totes els éssers vius, fins i tot el cos

humà, que pot regular la temperatura interna a un nivell òptim davant d'amplis variacions de la temperatura externa. Així que, segons aquesta hipòtesi, Gaia és viva d'alguna manera ja que comparteix almenys una propietat dels éssers vius: la capacitat per a l'autoregulació.

Asseguts en el nostre aflorament de granit, podem pensar en Gaia quan considerem que unes coses aparentment connectades de forma distant, com ara els núvols, les roques, els arbres i les algues marines, són, de fet, parts fortament acoblades de Gaia, la nostra Terra viva i autoreguladora. A més, la hipòtesi Gaia ens mostra com aquesta interconnexió radical ens ha proporcionat el bosc frondós, el riu turbulent, la calor i el mar blau (tot el que fa que aquest sigui un dia meravellós).

Deixeu-nos començar un viatge a través de Gaia i considereu els lligams entre la temperatura agradable d'aquest dia precios i la roca de granit on estem asseguts. Encongiu-vos a la mida d'un àtom i capbusseu-vos en la roca. No tingueu por; ara hi ha prou espai per moure-us. El que era roca sòlida ara s'ha tornat una espaiosa matriu cristal·lina de calç, oxigen, alumini, silici i altres ions que són tan distants entre si com les estrelles en el cel nocturn.

Concentrem-nos en els ions de calci, perquè tenen un paper crucial a la vida de Gaia. Com princeses captives en un castell de conte de fades, els ions de calci han quedat immobilitzats per les forces elèctriques a la matriu de la roca, potser durant 200 milions d'anys, o més i tot. Tenen una sola manera d'escapar: s'han d'embranchar en una reacció química amb l'aigua de la pluja i amb el diòxid de carboni de l'atmosfera. Quan aquests dos últims compostos es troben, el diòxid de carboni queda bloquejat en l'àcid carbònic resultant, que es dissocia immediatament en ions d'hidrogen i de bicarbonat. Els d'hidrogen, amb càrrega positiva, interfereixen en les atraccions elèctriques que mantenen captius els ions de calci a la matriu de la roca, i permeten que aquests últims es combinin amb els ions de bicarbonat per formar el bicarbonat de calci.

És com si l'aigua hagués actuat com a un sacerdot en un matrimoni químic entre el diòxid de carboni i el calci. La seva descendència, el bicarbonat de calci, atrapa el diòxid de carboni que va llevar de l'atmosfera en forma líquida, que és soluble. El diòxid de carboni atrapat se n'anirà cap al mar a través dels rius i cap a les aigües subterrànies.

Al mar, les diminutes algues marines, els coccolitòfors, agafen el bicarbonat de calci i el fan precipitar en unes exquisides closques de creta, constituïda per carbonat de calci. Quan aquests microorganismes moren, els cossos van a parar al fons del mar i, al cap de milions d'anys, formen dipòsits massius de creta, com els penya-segats blancs de Dover. Aquests dipòsits poden romandre intactes durant centenars o a vegades milers de milions d'anys i són l'únic emmagatzematge a llarg termini que té Gaia per al diòxid de carboni llevat de l'atmosfera.

Quan contempleu els dipòsits de creta o de pedra calcària amb ulls «gaians», el que veieu és el diòxid de carboni atmosfèric fet sòlid, és a dir, una atmosfera solidificada. Al final, una mica de creta és subduïda cap a les profunditats de la Terra pels moviments graduals però incessants de les grans plaques tectòniques. Aquí la creta es fon i allibera el diòxid de carboni, que torna a l'atmosfera a través dels volcans i de les obertures en mig del mar, que són les principals fonts naturals de gas.

El diòxid de carboni és un gas hivernacle. Aquests gasos atrapen l'energia solar que la Terra irradia en forma de calor, i per això mantenen el planeta uns 33 °C més calent del que seria si no hi haguessin gasos hivernacle a l'atmosfera. La davallada de diòxid de carboni a través de l'erosió de la roca és massa lenta des d'una perspectiva humana, massa lenta per resoldre el problema de l'escalfament global. El diòxid de carboni que hem deixat anar a l'atmosfera tardarà més de 500.000 anys a trobar-se atrapat en els sediments de creta del fons del mar. Però, a la llarga, si el diòxid de carboni manté la Terra calenta, no és perillós treure'l? No podria ser

que llevar massa gas conduís a un refredament global catastròfic, i treure'n massa poc a un escalfament global que amenaçaria la vida?

Sabem que no ha tingut lloc cap d'aquests esdeveniments que destrueixen la vida perquè és present de forma abundosa per tots els registres fòssils. Sembla que Gaia tingui un termòstat, amb el qual ha mantingut les temperatures adequades per a la vida durant els 3.800 milions d'anys de l'existència de vida al planeta, i això inclou el procés d'erosió de la roca que, precisament, hem esmentat.

Imagineu un període d'intensa activitat volcànica que allibera milions de tones de diòxid de carboni a l'atmosfera. La temperatura de la Terra s'apujarà, i la pluviositat també, a causa de l'augment de l'evaporació de l'aigua del mar. Les temperatures més caloroses, juntament amb més pluviositat, fan créixer l'erosió de les roques que contenen calci, les quals al seu torn atrapen una mica del diòxid de carboni addicional de l'atmosfera i, per tant, refreden la Terra. Però aleshores la pluviositat disminueix i hi ha menys erosió de les roques que contenen calci, i així pot fer-se més gran la quantitat de diòxid de carboni que els volcans alliberen a l'atmosfera i, per tant, un altre cop la temperatura de la Terra augmenta. No obstant això, ara que la temperatura de la Terra s'ha pujat, també ho fan les pluges, cosa que provoca més erosió i, per tant, unes temperatures més baixes, i així successivament. Aquesta espècie de cicle tancat s'anomena retroalimentació negativa perquè tot el sistema és negatiu al canvi (intenta establir les condicions, malgrat les pertorbacions externes).

James Lovelock i el seu col·lega Michael Whitfield van suggerir que aquesta retroalimentació negativa purament física i química no explicava prou la temperatura agradable que experimentem avui dia. Van assenyalar que la química erosiva, si actuava de forma exclusiva, no podia de cap manera haver llevat prou diòxid de carboni per fer que la Terra fos tan freda com és en aquest dia encantador. Van suggerir que, en aquesta història, hi

faltava alguna cosa i que l'ingredient que hi faltava era la vida.

El paper que té la vida és accelerar el ritme d'erosió de la roca de moltes maneres interessants i prèviament insospitades. En buscar nutrients, les arrels de les plantes trenquen la roca en una miriada de fragments menuts, cosa que fa augmentar enormement l'àrea superficial on pot tenir lloc l'enllaç entre el diòxid de carboni i el calci. De fet, alguns bacteris segreguen compostos que s'inflen dins de les esquerdes i les fissures i provoquen més fragmentació; així mateix, els líquens i altres microorganismes alliberen uns àcids especials que corroeixen la roca. Els microorganismes del sòl utilitzen oxigen per descompondre els cadàvers, i alliberen diòxid de carboni que aleshores es combina amb el calci dels fragments de roca.

D'aquestes diverses maneres, la vida accelera fins a unes mil vegades l'erosió química i, per tant, la llevada de diòxid de carboni de l'atmosfera; és una contribució important i un exemple excel·lent d'acoblament «gaià» autoregulator entre la vida i els processos físics i químics. El bosc que creix al costat del nostre aflorament de granit també forma part de la història: sense ell i els seus predecessors en el temps geològic, la Terra hauria estat molt més calenta i seria molt diferent de l'actual.

Què hi ha de les connexions entre el nostre granit i els núvols que naveguen majestuosament per damunt nostre? Aquí trobem de nou una bonica història «gaiana». Els cocolitòfors marins no només fan precipitar la creta. També emeten un gas, el sulfur de dimetil, que reacciona amb l'oxigen per produir ions sulfat, ideals per sembrar els densos núvols blancs que veiem flotar sobre els nostres ulls. Aquests núvols poden refredar la Terra perquè la part superior llisa de la seva superfície blanca reflecteix l'energia solar i la torna a l'espai.

James Lovelock va descobrir que el sulfur de dimetil es troba per tota l'atmosfera que hi ha sobre el mar. Juntament amb altres col·legues, va proposar una simple retroalimentació «gaiana» termoreguladora que afectava els núvols i les

algues. Si la temperatura de la Terra augmenta, el creixement algal es reforçaria i això provocaria més núvols i, per tant, el refredament global. Una Terra més freda no seria bona per a les algues, cosa que crearia menys núvols i, per tant, hi hauria encara més superfície marina exposada al sol, s'escalfaria la Terra i així successivament.

De nou, aquesta retroalimentació negativa hauria de tendir a regular la temperatura de la Terra dins dels límits favorables per a la vida. De fet, els científics que observen bombolles d'aire atrapades fa molt de temps en el gel antàrtic han descobert que la retroalimentació és complexa i difícilment comprensible. Sigui com sigui, sembla cert que els núvols sembrats per les algues han estat molt importants a determinar la temperatura de la Terra durant almenys els últims 178.000 anys.

Recentment, els científics «gaians» han descobert que les plantes terrestres també refreden la Terra perquè alliberen quantitats prodigioses de substàncies químiques que sembren els núvols. Penseu en els núvols que es formen damunt de la selva amazònica cada dia, que refreden la Terra i reciclen una aigua molt preuada que torna cap al bosc. Els arbres mateixos han sembrat aquests núvols en alliberar substàncies cap a l'atmosfera. L'efecte refrescant global dels núvols sembrats de vida és prodigiós: sense ells, la Terra tindria molts menys núvols i seria com a mínim de 10 a 15 graus més calenta del que és avui dia. A més, l'erosió biològicament assistida de les roques refreda el planeta entre 15 i 45 graus més.

Els crítics de la hipòtesi Gaia han afirmat que és incompatible amb la teoria de la selecció natural. Són incapaços de veure que les algues o els arbres podrien evolucionar i emetre núvols o erosionar roques pel bé de tota la vida perquè seria fàcil destruir un sistema així d'altruista. Però la hipòtesi Gaia no necessita un altruisme global com aquest.

Els organismes «gaians» clau influeixen enormement en els ecosistemes globals com a conseqüència indirecta de perseguir el seu benestar individual. Els ar-





Jan Rehse

bres de la selva emeten substàncies que sembren els núvols, cosa que estimula la pluviositat i rescata nutrients de l'aire. Els arbres, els líquens i els bacteris erosionen les roques per trobar nutrients. Les algues marines fabriquen el precursor del seu gas que sembla els núvols com a reacció contra l'estrès salí que troben al mar i, segons William Hamilton i Tim Lenton, fan això per promoure la dispersió i s'enlairen en els corrents d'aire generats per condensació dels núvols. La hipòtesi Gaia proposa que molts d'aquests efectes locals s'entrellacen i es lliguen en una propietat emergent sorprenent i inesperada: la capacitat que té la Terra com a un tot de regular les variables clau essencials per a la vida, de la mateixa manera que ho fa el conjunt d'éssers vius. D'aquesta manera, la hipòtesi Gaia estén la selecció natural a l'evolució dels organismes i el seu medi físic com a un tot fortament acoblat.

De la recerca «gaiana» portada a terme durant més de vint anys, s'ha després una simple regla: qualsevol organisme que desestabilitzi Gaia experimenta retroalimentacions que fan que disminueixi de nombre. Aquí hi ha lliçons clares per als humans. A la llarga, no podem danyar la Terra; al final, al cap de milions d'anys, es recuperarà. Però sí que podem causar-nos danys a nosaltres mateixos i a molts dels milions d'espècies que són aquí amb nosaltres. Gaia s'ha recuperat de contratemps greus en el passat i probablement pot tornar a fer-ho. En promocionar un creixement econòmic que escalfa el clima i destrueix la natura, només podem posar en marxa retroalimentacions «gaianes» indesitjables, i possiblement catastròfiques, que escurçaran o eliminaran aquestes activitats.

Així, doncs, quina ha de ser la nostra relació amb Gaia? Per als grecs, Gaia era la divinitat venerada de la Terra. Van adonar-se que ella seria amable amb aquells que obeïssin les seves regles, mentre que destruiria implacablement els que no les seguïssin. Václav Havel, president de la República Txeca, va manifestar que Gaia ens ofería quelcom més gran que nosaltres mateixos i que hem de fer-nos-en responsables. No fa gaire, James Lovelock va expressar la seva ideologia

«gaiana» amb aquestes paraules: «Necessitem recuperar el nostre antic sentiment per la Terra com a organisme i tornar-la a venerar. Si confies en Gaia, pot ser un compromís tan feliç com el d'un bon matrimoni, en què els cònjuges confien l'un en l'altre».

El dia arriba a la fi, i l'aflorament de granit, el bosc i el riu se submergeixen en la foscor negra de la nit. Esperem que els nostres viatges cap a la creta i el núvol, el bosc i el líquen ens hagin donat un albirament de la reverència i de la confiança que ens inspira Gaia, un ésser moltíssim més vast que nosaltres i que ens arrisquem a ignorar. Si la humanitat ha de tenir un futur dins de Gaia, cal que tornem a aprendre a escoltar el «món a més de l'humà». Ara ja no podem pensar només en nosaltres.



Stephan Harding, nascut a Venèçuela el 1953 va anar a viure a Londres als sis anys. Es va graduar en zoologia a la Universitat de Durham, va tornar a Venèçuela i allà va treballar

en de l'ecologia dels petits mamífers de les planes i els boscos de Caracas. Més tard va anar al Grup de Recerca en Ecologia de la Universitat d'Oxford, on va treballar sis anys en el seu doctorat sobre l'ecologia del cervol a Bretanya. Després fou professor de biologia a la Universitat Nacional de Costa Rica, on també va fer recerca sobre la selva plujosa. Actualment és coordinador del màster de Ciència Holística del Schumacher College del Regne Unit. Els seus interessos pel que fa a la recerca es basen en les idees de l'ecologia profunda i fonamentalment la teoria Gaia, impulsada principalment per James Lovelock, amb el qual ha col·laborat i encara col·labora per generar models de retroalimentació entre els éssers vius i el medi ambient. La teoria Gaia considera la Terra com un ésser viu o superorganisme (terme, aquest darrer, encunyat per Lynn Margulis) que crea el seu propi hàbitat.