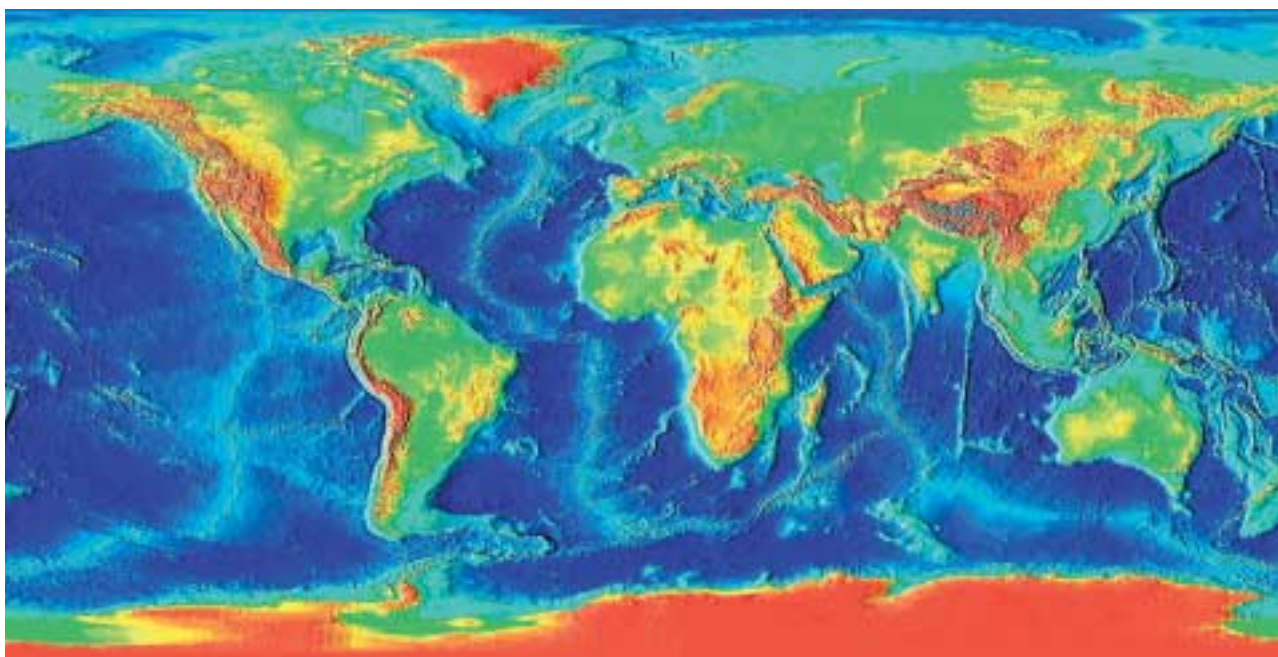


# ...eta plaka-tektonika hasi zen

*Etxebeste Aduriz, Egoitz*

Elhuyar Zientziaren Komunikazioa



CORNELL UNIVERSITY

**Gaur egun planetak duen itxura plaka-tektonikari zor zaio, neurri handi batean. Plaka tektonikoak etengabe sortzen eta desagertzen ari dira, eta jarduera horretan sortutako indarrez eginak dira lurreko mendi, irla, lautada abisal eta itsaspeko mendizerrak. Geologian guztiz onartua dagoen teoria da. Baina, beti izan al da horrela? Edo, noiz hasi zen plaka-tektonika?**

FISIKA ETA KIMIKARENTZAT ATOMOAREN EGITURAREN AURKIKUNTZA edo biologiarentzat eboluzioaren teoria bezala da, geologiarentzat, plaka-tektonikaren teoria. Ia dena azaltzeko balio du.

XX. mendearen hasieran, Alfred Lothar Wegener alemaniarrek Kontinenteen Jitoaren Teoria plazaratu zuen. Kontinenteen formak, fosilak eta abar kontuan hartuz, garai batean Pangea kontinente handi bakar izan zena gaur egungo kontinenteetan zatituz joan zela proposatu zuen. Hortik abiatuta, plaka-tektonikaren teoria garatu zen

gero. Eta, egun, inork ez du zalantzan jartzen. Lurrazala hainbat plakaz osaturik dago. Plaka horiek mugimenduan daude, dortsal ozeanikoetan sortu eta subdukzio-aldeetan desagertzen dira; hau da, plakak bat bestearen azpian hondoratzen dira, eta mantuan urtu.

Lurraren barruko beroa da plaka tektonikoen motorra, eta mantuaren eta lurrazalaren propietate fisiko-kimikoak garrantzitsuak dira teoria sostengatzeko. Baina, denboran atzera eginez gero, faktore horiek oraingoan antz gutxiago izateko probabilitate handia-

goa dago. Zientzialari batzuek argudiatu izan dute behinola material bero eta bigunaren gainean zeudekeen lurrazal-plakak lodiegiak eta flota-korregiak ziratekeela bata bestearen azpian hondoratzeko, gaur gertatzen den moduan, eta plakak modu oso desberdinean mugitzea eragingo zuela lurrak hasieran zuen tenperatura altuak.

Lurraren antzeko beste planeta batzuetan ere ez da ikusi plaka-tektonikaren gisako fenomenorik. Planetek ez dute, nahi eta ez, modu horretan funtzionatu beharrik, eta, zientzialarien ustez, Lurrak ere ez du beti funtzionatu izan gaur bezala.

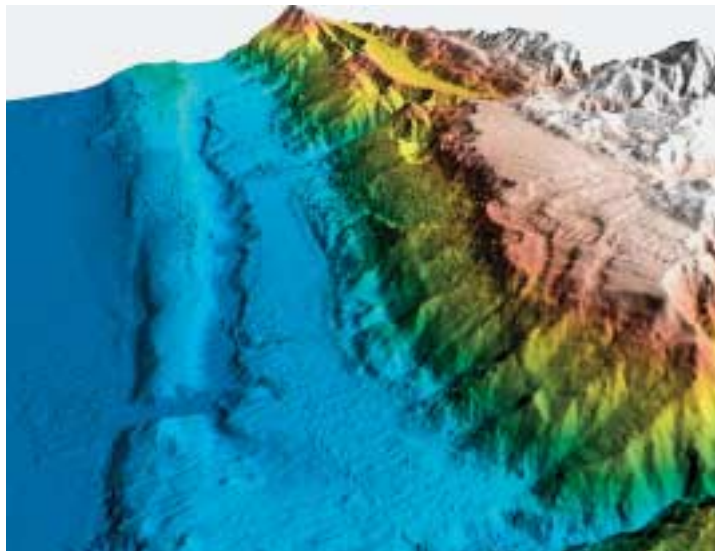
## **Plaka-tektonikaren gakoak**

Plaka-tektonikaren jatorria argitzea, ordea, ez da lan erraza. Batetik, egon

daitezkeen arrastoak urriak eta interpretatzeko gaitzak dira, eta, bestetik, ez da erraza finkatzea zer faktore diren ezinbestekoak plaka-tektonikaren teoria azaltzeko. Zientzialari guztiak ez datoz bat, eta hainbat definizio ematen dituzte plaka-tektonikarentzat. Hala ere, gehienak ados daude teoriaren hiru gako-osagairekin: Lurraren azalean plaka zurrunak daude, plaka horiek hedapen ozeanikoaren bidez mugitzen dira lurrazal berria sortzen den heinean, eta plakak bat bestearen azpian hondoratzen dira subdukzio-aldeetan.

Baina hiru ezaugarri horietatik bat, eta ia bi, plaka-tektonikarik gabe ere gerta litezke Lurrean. Hau da, plaka zurrunak egon daitezke eta elkarrekiko mugitu, baina horrek ez du esan nahi, derrigor, plaka-tektonika dagoenik. Adibidez: ikerketa paleomagnetikoen arabera, Arkear garaian (orain 3.800-2.800 milioi urte) lurrazal-plakak bat bestearrekiko mugitu zirela ikusi dute ikertzaileek; baina izotz-puskak ere modu berean mugitzen dira itsaso polarrean, eta ez daude plaka-tektonikaren eraginpean.

Hiruren artean, subdukzioak dirudi plaka-tektonikaren diagnosirako ezaugarriarik egokiena. Subdukzioa plaka bat bestearen azpian hondoratzeko prozesua da, mantuan birziklatzeko. Horretarako, beharrezkoak dira plaka zurrunak, eta baita beste nonbait lurrazal berria sortzea ere, bestela, lurrazala desagertzen joango litzateke eta.



Subdukzio-aldeetan ohikoak dira sumendiak eta mendikateak.

DURHAMGO UNIBERTSITATEA

*“plaka-tektonikaren jatorria argitzea ez da lan erraza; egon daitezkeen arrastoak urriak eta interpretatzeko gaitzak dira”*

Beraz, zientzialari batzuen ustez, garai hartan plaka-tektonika martxan zegoen adierazgarri dira subdukzio-arrastoak.

### Subdukzioaren arrastoan

Robert Stern geologoak eraman du muturrenara argumentu hori. Iaz argitaraturiko lan batean proposatu zuen Lurrazal ez duela plaka-tektonikarik izan bere bizitzaren lau bostenetan, eta soilik 1.000 milioi urte dituela eredu horrek.

Bi ideia nagusitan oinarritzen da Stern. Batetik, plaka-tektonika ezin has zitekeela lurrazala nahikoa hoztu arte —eta hori, gutxi gorabehera, duela 1.000 milioi urte izan ei zen—. Eta, bestetik, subdukzioaren arrasto fidagarri bakarrak berriagoak dira, Sterneren aburuz.

Subdukzio-arrasto gisa, hiru arrokamota hartzen ditu aintzat Sternek. Batetik, ofiolitoak; lurrazal ozeanikoaren zati bereizgarriak dira, eta, askotan, subdukzioaren eraginez kontinenteen ertzetan xehaturik agertzen dira. Bada, Sterneren esanean, oso ofiolito gutxi dira mila milioi urte baino zaharragoak. Bestetik, eskisto urdinak basaltoari presio altua baina tenperatura baxua eragitean sortzen dira. Egun, subdukzio-aldeetan sortzen dira, baina eskisto urdin zaharrenak ez ditu 800 milioi urte baino gehiago. Eta, azkenik, plaka bat bestearen gainera igotzean, presio oso altuen bidez, sortzen diren egitura bereziek ere gehiezin 630 milioi urte dituzte.

Beste puntu bat ere aipatzen du: plaka-tektonika bezalako prozesu baten hasierak planeta mailako ondorioak izango litzuzke. Eta orain 780 eta 580 milioi urte artean glaziazio oso gogorrak izan omen ziren. Sterneren ustez, plaka-tektonikaren hasierarekin, planeta hoztu zuen jarduera bolkanikoa handitu zen, eta horrek eragin zituen glaziazio haiek. ➔



CHRIS 73

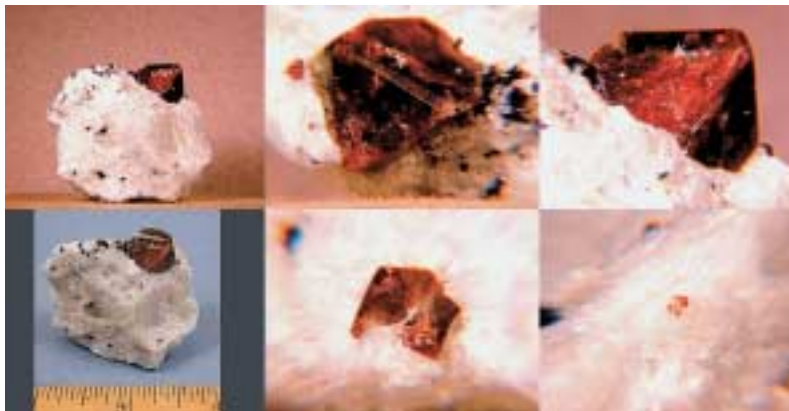
Zubi honek Eurasiako eta Ipar Amerikako plakak lotzen ditu. Bien artean lurrazal berria ari da sortzen.

## Lurra, artean gazte eta bero zela

Ikertzaile gehienek iritziz, zaharragoa da plaka-tektonika. Alfred Kröner, Alemaniako Mainzgo Unibertsitateko ikertzailea, ez dator bat Stern argudioekin. Alemaniarraren ustez nahikoa ebidentzia dago pentsatzeko orain 3.100 milioi urte, gutxienez, martxan zegoela plaka-tektonika: lan geokimikoak, irudi sismikoak eta baita ofiolito gutxi batzuk ere.

Geoff Davies modelatzaile australiarrek berriki argitaratutako lan batek, gainera, hasiera goiztiarra esplikatzen du zegoen arazo handienetako bat konpondu du. Hain zuzen, Daviesek eta beste ikertzaile batzuek proposatu zuten, 1990eko hamarkadaren hasieran, Lur goiztiarrean lurrazala lodiegia eta flotakorregia zatekeela plaka bat bestearen azpian sartu ahal izateko. Baina orain, kalkulatuak erabiliz, lurrazala uste zen baino meheagoa izan zitekeela proposatu dute, 4 km-koa edo gutxiagokoa, egungoa baino ere meheagoa. Beraz, alde horretatik ez litzateke ezinezkoa plaka-tektonika uste baino goizago hasi izana.

Oso antzinakoak dira, halaber, Australia mendebaldeko Jack Hills eskualdeko zirkoioak. Horiek zeren arrastoa eman dezaketek jakitea, ordea, ez da gauza erraza. Zirkoioak garai Hadearrean (Lurra sortu zenetik, orain 4.570 milioi urte,



Zirkoioak garai Hadearreko kristalak dira, eta arroka gazteagoetan txertaturik agertzen dira.

duela 3.850 milioi urte arte) sortutako kristalak dira, geroago arroka gazteagoetan sartuak. Mark Harrison Kaliforniako Unibertsitateko geokimikariaren eta haren kideen ustez, lurrazal kontinentala duela 4.400-4.500 milioi urte existitzen zela adierazten dute Jack Hillseko zirkoioek.

*“muturreneko hipotesiak dio Lurra ez duela plaka-tektonikarik izan bere bizitzaren lau bostenetan”*

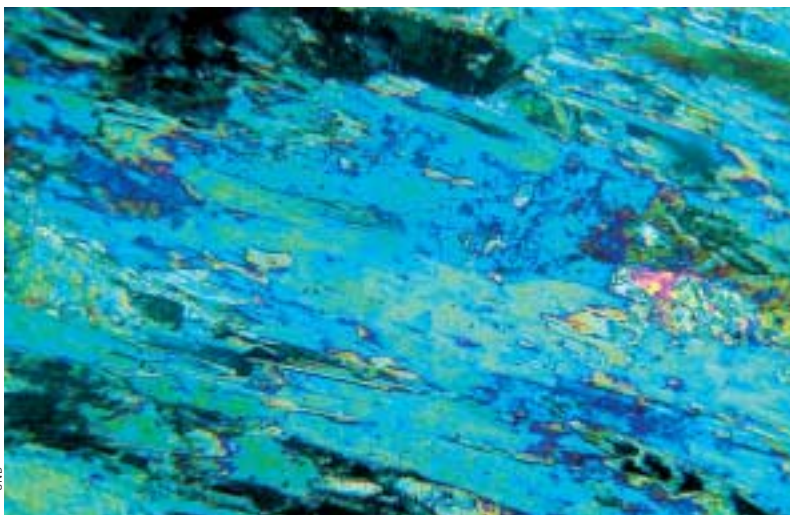
Ondorio hori zirkoio-kristaletan aurkitutako hafnio-isotopo erradiaktiboen proportzioetatik atera dute. Izan ere,

$^{176}\text{Hf}/^{177}\text{Hf}$  proportzioen arabera lurrazala eta mantua desberdin daitezke. Bada, azterketa horien bidez ondorioztatuta dute garai hartarako bazela lurrazala, eta, gainera, berehala birziklatu eta mantu bihurtu zela. Eta hori plaka-tektonikaren gisako prozesuren baten bidez gertatzea litekeena dela uste du Harrisonek.

Baina Australiako Curtin Unibertsitateko Simon Wilde-ren ustez, ezin da hain urrutira joan Jack Hillseko zirkoioekin ondorioak ateratzen. Arroka horiekin tentuz ibili beharra dagoela dio, zirkoien puntu batetik besterako hafnio-proportzio desberdinen interpretazioak hainbat izan daitezkeelako. Bat dator Harrisonekin esatean nola baiteko lurrazala bazegoela garai hartan, baina ez dator bat birziklapenaren eta plaka-tektonikaren puntuekin.

## Haitz beraren bi aurpegi

Australia mendebaldean bada beste egitura interesgarri bat: Pilbara deituriko harkaitz-egitura oso zahar bat. Hura ikertuta, Hugh Smithies geologoak dio plaka-tektonika duela 3.300 milioi urte hasi zela. Egitura beraren bi eremurik historia arras desberdina gordetzen dute, Smithiesen aburuz. Pilbararen ekialdeak 3.500-3.200 milioi urte ditu, eta ez du egungo plaka-tektonikaren lorratz nabaririk. Badago subdukzioa iradoki dezakeen adierazle geokimikorik, baina bestelako prozesu ez-tektonikoekin ere erraz esplikatu daitezke.



Eskisto urdinak subdukzio-aldeetan sortzen dira, presio altuen eraginez.

## Lurrean bakarrik?

Lurra izan daiteke eguzki-sisteman plaka-tektonika duen planeta bakarra, hura baita, dirudienez, bolkanikoki eta tektonikoki aktiboa den bakarra. Garai batean Marte, Ilargia eta, ziurrenik, Merkurio ere bolkanikoki oso aktiboak izan baziren ere, egun jarduera bolkanikorik gabeko gorputzak dira. Horrelako jarduerak izateko, beharrezkoa da barne-energia edukitzea. Eta Martek, Merkurio eta Ilargiak, Lurra baino askoz txikiagoak izanik, askoz azkarrago galdu zuten barne-beroa.

Artizarra, aldiz, aktiboa izan daiteke oraindik. 1979an, sufreakantitate handia detektatu zuten goi-atmosfera, eta hurrengo urteetan behera egin zuen kantitate horrek. Zientzialarien ustez, sumendi-erupzio bat izan zitekeen. Gainera, 1990ean radar-irudiek ezaugarri bolkanikoak eta Lurreko zanga ozeanikoen antzeko bailara estu sakonak jarri zituzten agerian.

Ganimedesen azala (Jupiterren sateliteetako bat), bestalde, Lurreko plaken antzeko hainbat zatitan apurturik dago, eta zati



Marte bolkanikoki oso aktiboa izan zen, garai batean.

batzuen artean sakonune estu eta luzeak ageri dira. Baina inork ez daki aspaldiko plaka-tektonika baten fosilak ote diren, edo forma aktiboa ote den.

Mendebaldeko eremuak, aldiz, 3.300-3.000 milioi urte ditu, eta tektonikaren arrasto ugari. Bestela esplikatu ezin daitezkeen lorratz geokimikoak daude batetik; eta, bestetik, arku ozeaniko baten aztarnak ikusten ditu Smithiesek harkaitzen ezaugarri batzuetan. Arku ozeanikoak subdukzio-aldeetan sortu ohi diren irla-multzoak dira.

Baina hipotesi horrek ere badu aurkari bat. Galesko Cardiff Unibertsitateko Julian Pearce-ren ustez, Pilbararen mendebaldeko zatian aurki daitezkeen arrasto guztiak —esaterako, ezohiko ur-kantitatea duen magma edo leku desberdinetako lurrazal-materialak nahastea— plaka-tektonikaren beharrik gabe esplikatu daitezke, bestelako fenomeno bidez.

Harkaitzen egiturak aztertuz, subdukzioaren arrastoak aurki daitezke.



## Zenbat buru, hainbat aburu

Bada plaka-tektonika denboran zehar aldatu egin dela defendatzen duenik ere. Marylandeko Unibertsitateko Michael Brown geologoaren ustez, bi motatako tektonikak egon izan dira: egun ezagutzen duguna, eta bertsio

*“gehientsuenek orain 3.000-4.000 milioi urte artean kokatzen dute plaka-tektonikaren hasiera”*

goiztiarrago bat, duela 2.700-700 milioi urtekoa. Mineralen ezaugarriak hartzen ditu kontuan Brownek. Presio txikiagoan eta tenperatura altuagoan sortzen diren mineralak tektonika-mota zaharraren adierazle dira. Lur beroago bat iradokitzen dute, non subdukzioz ez zen gertatzen. Presio handian sortzen diren mineralek, aldiz, egungo plaken tektonika adierazten dute. Mineral horien ezaugarriak kontuan hartuz, benetako plaken tektonika, egungoa, duela 700 milioi urte hasi zela uste du Brownek.

Azkenik, beste batzuek proposatzen dute plaka-tektonika hainbat aldiz hasi eta gelditu dela Lurraren historian zehar.

Ikus daitekeenez, ez dago adostasun handirik egun munduari forma ematen dion prozesua noiz hasi zen esatean. Aztarna beretik abiatuta ere, interpretazioak oso desberdinak izan daitezke, zientzialarien arabera. Badirudi, hala ere, gehientsuenek orain 3.000-4.000 milioi urte artean kokatzen dutela. Baina eztabaida gori dago, oraindik. Eta geologoen tektonikaren arrastoan jarraitu beharko dute, lorratz berriak noiz aurkituko. 