

Izotza harriekin jolasean

Ana Galarraga Aiestaran / Koldo Nuñez Betelu

Elhuyar / Geologoa



SCIENCE / KESSLE

Zirkulu perfektu hauek Norvegiako Spitsbergen-en daude.

Toki hotz askotan, lurzorua tamaina heterogeneoko pikorrez eratuta dagoenean, harri eta pikor xeheak antolatu eta harrizko irudi harrigarriak osatzen dira. Batzuetan, harriek poligonoak edo zirkuluak eratzen dituzte, beste batzuetan ilaratan azaltzen dira, hainbatetan labirinto-moduan... Zerk edo nork egiten ditu marrazki horiek? Orain, ordenagailuz egindako eredu baten bidez, erantzun matematikoa, eta ez intuitiboa, eman zaio galdera horri.

ZIENTZIALARIEK ASPALDITIK ZEKITEN ERAKETA HORIEK EZ ZIRELA IRATXOEN edo estralurtarren lanaren ordaina; azalpena, noski, askoz ere lurtarragoa da, eta zeri-kusi handia dute klimak eta lurzoruetak. Eraketa bakoitzarentzako azalpen bat aurkitzen saiatu dira, eta, orain, eragile guztiak biltzen dituen eredu osatu bat aurkeztu dute zientzialari batzuek. Ikerketa AEBetako Mark Kessler eta Brad Werner geologoen burutu dute, eta emaitzak *Science* aldizkarian argitaratu dituzte.

Alaskan, Norvegiako uharte batzuetan eta ingurune alpinoetan azaltzen diren harrizko eraketetan jarri dute arreta geologo horiek. Haien ustez, eraketa guztien sorreran bi indar nagusik

agintzen dute; bietatik indartsuena zein den, horren arabera antolatuko dira harriak era batera edo bestera. Horretaz gain, badira kontuan hartu beharreko beste eragile batzuk ere, eta nahikoa da eragile horietako batean aldaketa ñimiño bat gertatzea, eraketa batetik bestera iragaiteko.

ARTXIBOKI



Kanadako leku batzuetan, horrelako sareak daude

Aldagai horiekin guztiekin, eredu numeriko bat prestatu dute, eta ordenagailuz lortutako emaitzak bat datoz naturan azaltzen diren eraketekin. Hori dela eta, ikertzaileek matematikoki azaldu dituzte harri-eraketen nondik norakoak. Nonbait, ereduak aurretik ezagutzen zena azaldu du, alegia, mekanismo nagusia izozte- eta desizozte-prozesuen ziklikoek osatzen dutela eta, horien ondorioz, lurzoruan harriak mugitzeko gai diren mugimenduak gertatzen direla.

Izotzak sortutako sorgin-gurpila

Harrizko eraketa bitxi horiek pikor xeheko lurzorua eta harriak banatu eta antolatzean sortzen dira, dezimetro bat eta metro bat bitarteko sakonera duten lurzoruetan. Hasieran, lurzoru horietan harriak eta pikor xeheak nahastuta egoten dira, eta tartean ura egoten da. Izotz-kristalak eratzen direnean, ur likidoak flotatu eta gaineko geruza hedarazten du. Gainera, ura izozten denean bolumen handiagoa hartzeak ere laguntzen du hedatze horretan. Ondorioz, harrien eta lurzoruaren arteko interfazea ezegonkortu egiten du.

Horretaz gain, lurzoruan harri handiak gainaldean egoten dira, eta pikor txikiak, berriz, azpiko geruzetan, pikor xeheak harrien tartetik beherantz joaten baitira. Geruza horien artean gertatzen diren izozte- eta desizozte-pro-

zesuek, ordea, egitura hori aldarazi egiten dute. Izan ere, lurzorua izoztean, isoterma goitik behera jaisten da, eta azkarrago izozten dira goiko harriak pikor xeheko lurzorua baino, harriak lehorrak baitira. Aldi berean, lurzoruak ura galtzen du, lehortu eta trinkotu egiten da. Toki aldapatsuetan, prozesu horrek lekuz aldatzera behartzen ditu harriak eta pikor xeheak.

“eraketa guztien sorreran bi indar nagusik agintzen dute; bietatik indartsuena zein den, horren arabera antolatuko dira harriak era batera edo bestera”

Izotza urtean, trinkotutako lurzoruak ura xurgatzen du berriro eta hedatu egiten da. Baina bertikalean hedatzen denez, ez du lehen gertatutako alboetako leku-aldatzea berdintzen. Horren guztiaren ondorioz, harriak gorantz eta harri-kontzentrazio handia dagoen alderantz mugitzen dira, eta lurzorua, berriz, beherantz eta lurzoru-kontzentrazio handia dagoenerantz. Prozesu horri albo-sailkapena deitu diote eta,



Alaskako laku horretan sortutako eraketak lurzoru-motaren ondorio dira.

SCIENCE / KESSLE

horren ondorioz, izozte- eta urte-zikloak behin eta berriro gertatu ondoren, harriak eta lurzorua banatuta gelditzen dira.

Bigarren mekanismo nagusiaren bidez, berriz, harriek lerrokatzera jotzen dute. Izoztean eta desizoztean gertatzen diren mugimenduek harriguneak igorazten dituzte; lurzorua, berriz, sakonago gelditzen da. ➔

Hotzaren eragin geologikoa gure latitudeetan

Artikuluan aurkeztutakoa goi-latitudeetan egindako ikerketa-lan baten azalpena da, baina emaitzak beste latitudeetara ere zabal daitezke kondizio egokiak izanez gero. Izan ere, klima hotza, zikliko izoztu eta desizoztu egiten den lurzoru hezea eta harri-koskorrak besterik ez dira behar aipatutako eraketa geometrikoak sorrarazteko. Horregatik, Pirinioetako, Sierra Nevadako eta Iberiar Penintsulako mendietako gune bakan batzuetan ere ikus daitezke aipatutako eraketetako bakar batzuk. Hala ere, ez dira bereziki ikusgarriak, izotzak, Pirinioetan zein Euskal Herriko gainontzeko mendietan, eremu harritsuaren higaduran baitu ondorioz nabarmenena. Ondorioz, elurra eta izotza pilatu ohi diren lekuetan morrenak sortu izan dira; gainerako eremuetan, gehienbat labarren oinetan pilatzen diren legarreta handiak daude.

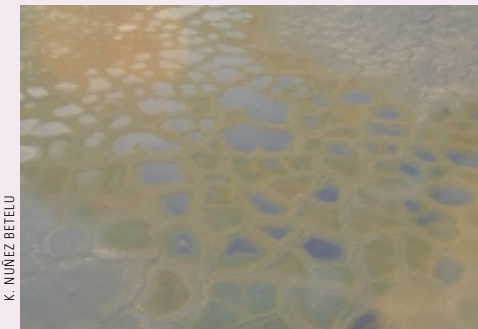
Poligonoak, eraztunak eta besteak altitude handiko eskualdeetan, hala nola Gavarnien eta Perdido mendiaren inguruan, Aneto eta erdi Pirinioetan ikus daitezke, gehienetan gutxi garatuta badaude ere.

Bestelakoa da kuarternarioko glaziazioen kontua, ordukoak baitira gure mendietan ikusten diren zenbait eraketa geomorfologiko. Horietan ikusgarrienak paleomorrenak dira, bestelako gehienak ondoren metatutako lurzoruek ezkutatu baitituzte edo, gehienetan, aspaldi higatu baitziren. Paleomorrenak Pirinioetan, Aralar aldean, Anboton eta beste zenbaitetan ikus daitezke oraindik. Gure latitudeak egungo goi-latitudeen parekoak zireneko lekuko isilak dira.

Harririk ez dagoenean

Harririk ez dagoen tokietan ere sortzen dira poligonoak eta bestelako eraketa geologikoak. Adibidez, buztinezko lurzoruetan poligono ederrak sortzen dira, harriekin egindakoak baino handiagoak. Hala ere, badago alde bat: erdialdea ez dago beti altxatuta, barrurantz baizik, eta, horregatik, ura ager daiteke bertan.

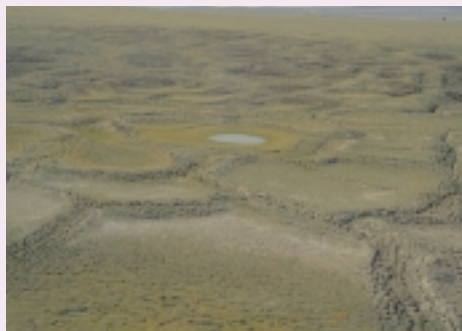
Guztietan ere, azaletik 30-50 cm-ko sakoneran, permafrosta dago; lurzoru izoztua, alegia.



K. NUÑEZ BETELU

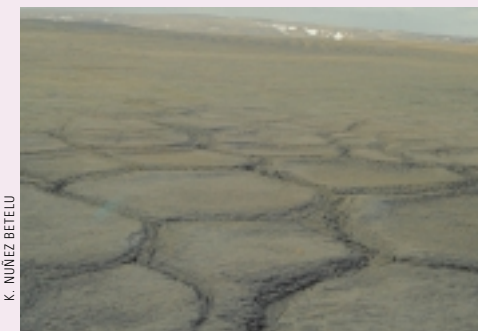
Tundra-poligonoak Ellesmere irlan, Kanadako Artxipelago Artikoan. Ia ikusten ez badira ere, bertan idi musketadunak daude. Poligonoek 4-6 metroko diametroa dute.

Aurrekoaren antzekoak dira, baina poligono barruan gutxi garatutako poligono txikiak daude.



K. NUÑEZ BETELU

Eraketa hauek May Pont-en daude, Axel Heiberg irlan, Kanadako Artxipelago Artikoan. Poligonoek mugak jaitsita dituztenez, poligonoa gorago azaltzen da.



K. NUÑEZ BETELU

Malda dagoenean, lurzoru buztintsuan 30-50 cm-ko diametroa duten bolak sortzen dira, lurra permafrostaren gainean behera labaintzen baita. Bola hauek Ellesmere irlakoak dira.



K. NUÑEZ BETELU

Gainera, harriguneak alboetatik mugatuta gelditzen dira. Igoera-diferentzialarengatik, lodiera handiko guneeetatik txikikoetara mugitzen dira harriak; hala, ardatz batean luzatzen dira. Azkenean, lerrokatuta gelditzen dira.

Bi mekanismo horietatik indartsuena zein den, horren arabera sortzen dira mota bateko zein besteko eraketak. Hala ere, beste eragile batzuk ere hartu behar dira kontuan. Garrantzitsuenak malda eta lurzoruaren harri-kontzentrazioa dira; nahikoa da horietako eragileren batean aldaketa txiki bat gertatzea, era batera antolatuta egotetik beste eraketa batera pasatzeko.

“harrizko eraketa bitxi horiek pikor xeheko lurzorua eta harriak banatu eta antolatzean sortzen dira”

Eraketa batetik bestera

Ordenagailuz egindako ereduari, eragile guztiak kuantifikatu dituzte, eta aldagaien balioa aldatuz, zer gertatzen den ikus dezakete. Horri esker, zirkuluak, labirintoak, uharteak, lerroak edo poligonoak sortzean, aldagai bakoitzak zenbaterainoko eragina duen ikus dezakete, baita eraketa batetik bestera iragateko zer aldatu behar den ere.

Adibidez, zirkuluz osatutako eraketa bat edukiz gero, nahikoa da albotik eragiten duen indarrari zero balioa ematea eta harri-kontzentrazioa txikitzea (1.000 harri/m²-ra, esaterako) labirinto bat azaltzeko. Harri-kontzentrazioa are txikiagoa bada, 700 harri/m²-koa edo, harrizko uharteak lortzen dira. Aldiz, harri-kontzentrazioa 100 harri/m²-koa bada, malda handitu ahal, harrizko uharteak maldan behera jaisten diren lerroetara iragaten dira.

Bestalde, albotik eragiten duen indarra edo harriak lerrokatzera behartzen dituena handia bada, uharte-itxuran antolatuta egotetik poligonoak eratze-ira iragaten dira harriak.

Fisikoki ere azal daiteke iragaite hori. Alde batetik, lurzorua ez du hain trinkoa izan behar eta, bestetik, harriek handiak izan behar dute. Harri handien artean aire hotzeko tarte irekiak gelditzen direnez, osatzen dituzten harriguneak azkar izozten dira. Lurzorua trinkoegia ez izatean, alboko sailkapena eragiten duen mekanismoa nahiko ahula da, eta horrek ezegonkortasuna sortzen du harriguneeen sakoneran. Azkar izozteak, baina, alboko mugimendua areagotzen du, harriguneak estutu eta luzatzera behartzen ditu. Horregatik, uharteak azaldu beharrean, poligonoak eratzen dira.



Denali Highway-en osatu diren irudiak oso konplexuak dira.



Alaskako Tangle Lakuaren inguruko eraketek azalera handia hartzen dute.

“ordenagailuz egindako ereduari, eragile guztiak kuantifikatu dituzte, eta aldagaien balioa aldatuz, zer gertatzen den ikus dezakete”

Poligonoak, eraketa konplexuenak

Dinamika konplexuena poligonoak sorrarazten dituena da. Hain zuzen ere, bi mekanismo nagusien elkarrekintza-oren ondorioz sortzen dira. Ordenagailuz egindako ereduari esker, poligonoak batuta eratzen diren sare horien ezaugarrietako bat zergatik eta nola azaltzen den frogatu dute. Izan ere, poligonoak elkartzen diren guneean, hiru aldeko eta angelu bereko ebaketa-puntuak azaltzen dira, bai ordenagailuan bai naturan.

Geologoek esanean, harriak ebaketa-angelu txikiak osatuz antolatzen direnean, harri horiek mugatutako lurzoruzatian ahulagoa da harriguneak estutzera bultzatzen dituen mugimendua. Hori dela eta, harriek ebaketa-angelu txikiak sortzen den modura antolatze-ira jotzen dute. Lau edo bost aldeko ebaketak, berriz, ezegonkorak dira, eta hiru aldekoak osatzera iragaten dira. Antzeko joera ikusi da xaboi-burbuiletan eta fluido magnetikoen aparretan.

Azken batean, naturan gertatzen diren fenomenoak eta ordenagailuan azaltzen direnak bat datozela ikusi dute geologoek. Beraz, harrizko eraketei begiratuta, haien sorreran eragile bakoitzak izan duen garrantziari buruzko arrastoak igar daitezkeela uste dute, eta baita lurzorua ezaugarri buruzkoak ere. Horregatik, azalpen osatua emateko balio izateaz gain, lurzorua zein propietate dituen jakiteko ere baliagarria izan daiteke eredu hori. 