

LURRIKARAK NOIZ GERTATUKO DIREN IRAGARTZEA DA
SISMOLOGOEN BETE GABEKO NAHI HANDIENETAKO BAT

ZER bai NOIZ ez

Domino-pieza bati bultza egitean ondoan dauden guztiak erortzen diren bezala, lurrikara baten ondorioz gertatzen den lurrazalaren mugimenduak ondoko lurrazal-zatiak mugitzen ditu. Lehenengo lurrikara baino magnitude txikiagokoak izaten dira atzetik datozenak, eta, “lurralde osoa berriz egonkortu arte, hainbat hilabetez gerta daitezke”, azaldu du Arturo Apraiz EHUko geologia-irakasle eta tektonikan adituak.

Lorcan, adibidez, 50 erreplika izan dira 5,1 magnitudeko lurrikara nagusiaren atzetik. Japonian, berriz, Ritche eskalako 5 magnitudeetik gorako erreplikak bakarrik kontuan hartuta, bostehun baino gehiago izan ziren apirilaren bukaera bitartean, hango Meteorologia Agentziak jakinarazi duenez. Haietatik bost 7 magnitudeetik gorakoak izan ziren, eta, hirurogeita hamabost, 6tik gorakoak. Lehenengoaren erreplikatzat jotzen dira guztiak ere.

Ondoko lurrazal-zatietan duten eraginetik harago, Estatu Batuetako Sismologia Elkartearen

urteroko batzarrean, apirilean —hau da, Japoniakoa gertatu eta berehala—, hizketagai izan zuten azkenaldian ez ote den lurrikara handien serie bat piztu. Izan ere, 1900. urtetik zazpi lurrikara baino ez dira izan 8,8 magnitudekoak baino handiagoak, eta, horietatik, hiru, azkeneko sei urteetan gertatu dira: 2004an, Sumatran (Indonesian); 2010ean, Txilen, eta aurreko martxoan, Japonian.

Ikerketa-hipotesi hau proposatu zuten Texasko Unibertsitateko eta Estatu Batuetako Geologia Zerbitzuko (USGS) bi ikertzailek: lurrikara handi batean askatzen den energia Lurraren azalean hedatzean, ez ote dira beste lurrikara handi batzuk eragingo munduaren beste eremu batzuetan? Azkenean, ezetz ondorioztatu zuten. *Nature Geoscience* aldizkarian argitaratu zuten, “lurrikara handiek —7 magnitudeetik gorakoek— bi mila kilometroko distantzian baino ez dute lurrikarak sortzeko gaitasuna. Zehazki, lehenengo lurrikarak desegonkortutako lurrazal-eremuak duen luzera halako bi edo hiruko distantziatar irits daiteke eragina”.





Hiriko kale batean gelditu zen itsasontzia Japoniako Ofunato hirian, martxoaren 11ko lurrikararen atzetik izandako tsunamiaren eraginez. ARG.: MATTHEW BRADLEY/DVID.

OZEANO PAZIFIKOAREN ERTZA, EREMU AKTIBOA

Edonola ere, Lurrak ez du lurrikara handien garai batean egon beharrik Indonesian, Txilen eta Japonian lurrikara handiak gertatzeko. Izan ere, eskualde horiek guztiak berez dira oso lurralde aktiboak geologikoki. Ozeano Pazifikoaren ertzean daude denak; alegia, suzko eraztuna deritzon eremuan. Izen hori eman zaio Ozeano Pazifikoaren ingurabide horretan gertatzen baita Lurreko jarduera bolkaniko eta sismiko handiena.

Ozeano Pazifikoaren ertz osoan, plaka tektonikoak elkarrengana hurbiltzen ari dira. Batetik, Ozeano Pazifiko gehienak azpian duen Pazifikoaren plakak mendebaldean eta iparraldean eratzen ditu subdukzio-zonak (bata bestearen azpian sartzea), Australia-Indiako, Filipinetako, Eurasiako eta Ipar Amerikako plakekin, hain zuzen. Japonia, zehazki, azkeneko hiruren artean

dago. Ozeano Pazifikoaren mendebaldeko muturretan, bestetik, Cocos eta Nazca plakek erazten dituzte subdukzio-zonak ozeanoaren ertzeko plaka kontinentalekin; alegia, Karibeko eta Hego Amerikako plakekin.

Kasu guztietan plaketako bat ozeanoaren azpikoa denez eta bestea kontinentearen azpikoa, eta kontinenteen azpikoak ozeanoen azpikoak baino zortzi aldiz lodiagoak direnez, ozeanoak dira kontinentalen azpian sartzen direnak. Mugimendu horretan, plakek nekez egiten dute aurrera, eta ertzetan izugarritzko marruskadura gertatzen da. Baina plaken mugimendua eteten ez denez, tentsioa metatuz joaten da. Goma elastiko bat tenkatzean bezala, ordea, tentsioa ezin da mugagabe pilatu. Eta, orduan, *krak*, haustura gertatzen da, eta, horrekin batera, lurrikara, metatutako energia guztia bat-batean askatzen baita.



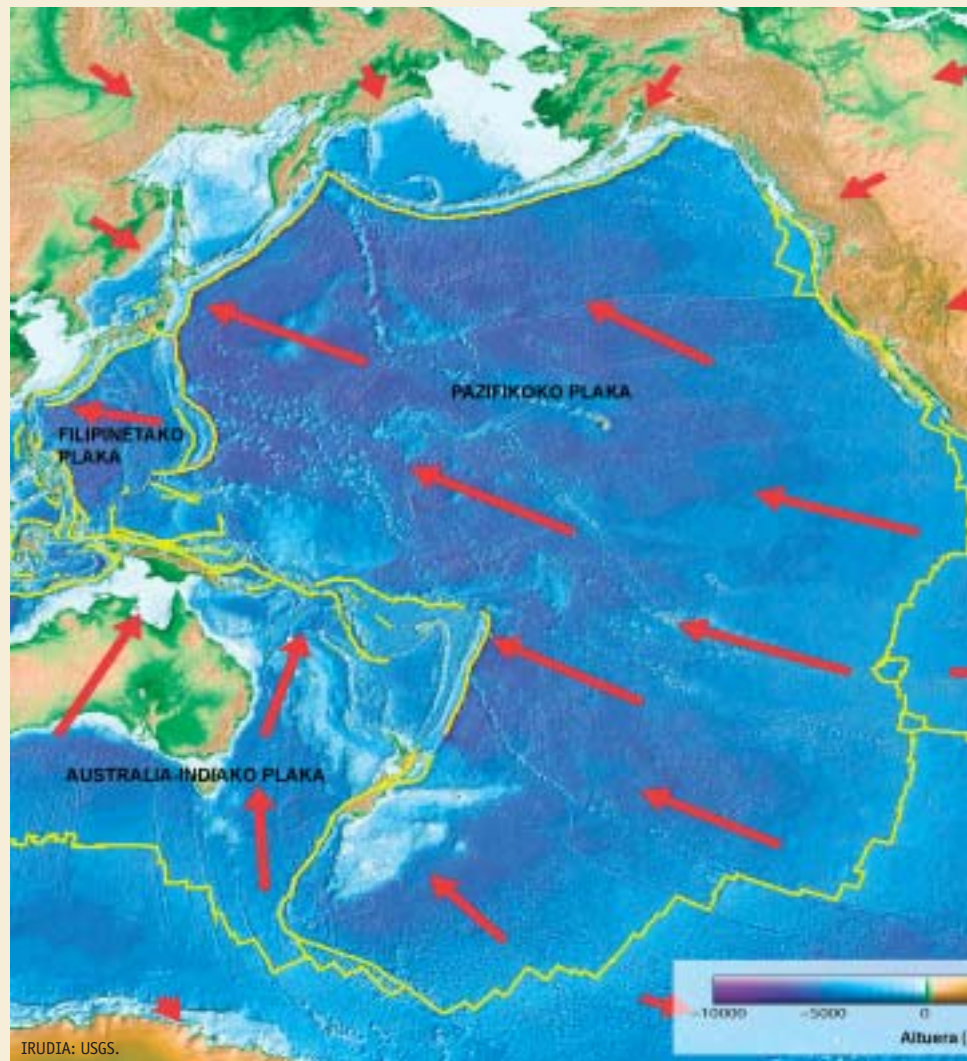
Muga konbergenteetatik kanpo, lurrikara ahulagoak

Plaken mugimendu guztiek eragiten dituzte lurrikarak, baina ez dira berdinak batzuetan eta besteetan gertatzen direnak. Oro har, zenbat eta handiagoa izan plaken arteko marruskadura, lurrikara handiagoak gertatzen dira.

Plaken konbergentziaren ondorioz subdukzioa gertatzen den eremuetan izan ohi dira lurrikara handienak; Ozeano Pazifikoaren ertzean, adibidez. Ozeanoetan, dena den, kontrakoa ere gertatzen da; alegia, dibergentziaren ondorioz plakak elkarrengandik urruntzea. Plaken artean Lurraren mantuko material urtua ateratzen da gune horietan, eta ozeanoak handituz joaten dira. Ozeanoetako gandorrek erazten dira zabaltze-eremuetan.

Ozeano guztietako gandor nagusiek eremu goratu ia jarraitua osatzen dute. 60.000 kilometroko luzera du denera, gutxi gorabehera, eta 1.000-3.000 kilometroko zabalera. Ozeano Atlantikoaren erdiko gandorretik hasita, ozeanoa iparraldetik hegoaldera zeharkatzen du; ekialderantz eginez, Indiako Ozeano bi gandorrek daude (hego-mendebaldekoa eta hego-ekialdekoa), Australia-Antartikakoa gero, Ozeano Pazifiko-Antartikako gandorra dago ondoren, eta Ozeano Pazifikoko ekialdeko gandorrean bukatzen da. Gandor horren azkeneko muturra Kaliforniako Golkoan bukatzen da, San Andresko failatik hurbil.

San Andresko faila da, hain zuzen, plaka tektonikoen artean gertatzen den hirugarren mugimendutaren adibiderik ezagunena. Ez konbergentzia-, ez dibergentzia-zonarik; eremu horretan, plakek mugimendu horizontala dute: Pazifikoko plaka Ipar Amerikakoaren kontra "igurtzen" da, iparralderantz mugitzen ari baita. Lorcako lurrikara ere mota horretan mugitzen den faila baten eraginez gertatu zen.



“Energia askatu arte zenbat denbora iraun dezakeen eta zenbat tentsio meta dezakeen, lurrazalak eremu horretan duen material-motaren eta duen faila-kopuruaren arabera da, besteak beste —argitu du Apraizek—. Hau da, apurtzen den gorputzaren zurruntasunaren arabera da: oro har, zenbat eta zurrunago eta zenbat eta apurketa gutxiago egon gorputzean, tentsio gehiago pilatzeko aukera du, eta, hortaz, lurrikara handiagoak eragiteko. Baina lurrazala oso heterogeneoa da, eta, hortaz, zaila da zenbat tentsio metatzeko gai den jakitea”.

Japonian, 9 magnitudeko lurrikararekin batera, urtetan eta urtetan metatutako tentsioak uhar-tea bi metro eta erdi ekialderantz mugitzea eragin zuen. Hala eman zuen jakitera ESaren Envisat sateliteak. “Bat-batean askatu denez energia, bat-batean mugitu da hori guztia. Gerta zitekeen 9 magnitudeko lurrikara baten or-

➔ *Gorputz bat zenbat eta zurrunago izan eta zenbat eta apurketa gutxiago eduki, orduan eta arrisku handiagoa dago han lurrikara handiak gertatzeko.*

dez 6 magnitudeko milaka lurrikara gertatzea, eta orduan ere mugituko zatekeen bi metro eta erdi, baina apurka-apurka”, dio Apraizek.

LURRIKARAK IRAGARTZEA, ESTADISTIKA-KONTUA ORAINDIK

Plaka tektonikoak etengabe mugitzen direnez, espero daiteke lurralde jakin batean aldian-aldian gertatzea lurrikarak, eta lurrikara horien magnitudea ere gehiegi ez aldatzea. Eta, hain zuzen, datu historikoetan oinarrituta egiten dira lurrikaren iragarpenak gehienetan. Japonian, esate baterako, ez zuten espero halako lurrikara bortitzik gertatzea.

Kaliforniako Teknologia Institutuko Hiroo Kanamori sismologoak azaldutakoaren arabera, “azkeneko mendeetan gutxi gorabehera 8 magnitudeko lurrikarak izan dira eskualde horretan. Inoiz ez, ordea, 9rainokorik”. Kontuan izanda






Larrialdietako ibilgailuak Sukuiso herria zeharkatzen. ARG.: DYLAN MC CORD/AEBKO ITSAS ARMADA.

Ritcher eskala logaritmikoa dela, 8tik 9ra pasatzeak lurrikararen indarra 30 aldiz handiagoa izatea dakar berekin.

Japoniako seismo-erregistroa Baron Dairoku Kikuchi matematikariak deskribatu zuen 1904. urtean argitaratutako *Recent Seismological Investigations in Japan* liburuan. Han jaso zuen 2.000 lurrikara zeudela erregistratuta Japoniako historia osoan, eta lehenengoa 416. urtekoa zela. Hala ere, lurrikaren behaketa sistematikoa egiten 1875. urtean hasi zirela aipatu zuen.

Hurbilketa estatistikoa eginda, eta azkeneko lurrikara gertatu zenetik zenbat denbora pasatu den kontuan hartuta, zientzialariek jakin dezakete lurralde jakin batean lurrikara bat gertatzeko probabilitatea handia edo txikia den, eta gertatzekoa den lurrikarak zer magnitude izan dezakeen gutxi gorabehera. Baina “ezinezkoa da gaur egun lurrikara bat noiz gertatuko den iragartzea”, dio José Luis Granjak, Madrildo Unibertsitate Konplutentseko Geofisikako irakaslea.

 *Ezinezkoa da gaur egun lurrikara bat noiz gertatuko den iragartzea.*

BESTE IRAGARPEN-METODOAK, HASTAPENETAN

Aldian-aldian lurrikarak gertatzen badira, denbora-tarte horretan gehiago eutsi ezin izaterainoko tentsioa metatzen delako da. Beraz, lurrikarak izateko joera dagoen lekuetan harikaitzetan metatuz joaten den tentsioa neurtea lurrikarak iragartzeko modu zehatzago bat izan daiteke. Eta hasiak dira horretan zientzialariak, “batez ere Japonian eta Estatu Batuetan, lurralde garatuen artean haiek jasaten baitute lurrikara gehien”, aipatu du Apraizek.

Alabaina, oso gutxi dira horrelako neurgailuak dituzten eskualdeak. USGSren esanean, “Estatu Batuetan, San Andres failan bakarrik daude tentsioaren jarraipena egiteko eta iragarpenak egiteko modukoak”.

USGSren webgunean azaltzen dutenez, sistema horren bidez “jakin daiteke noiz iristen diren arrokak puntu kritikora plaken mugimenduen ondorioz”. Dena den, puntu kritikora iritsita ere, Apraizek dioenez, “lurrazala hain denez heterogeneoa, eta hainbeste direnez lurrikarak

gertatu edo ez gertatu baldintzatzen duten faktoreak, oso zaila da metodo zientifiko fidagarririk zehaztea lurrikararen unea noiz iritsiko den iragartzeko”, gaineratu du Apraizek. Ildo bereetik doaz José Luis Granjaren hitzak: “Ziklo sismikoak ez dira konstanteak, eta parametro eta kanpoko aldagai asko daude, kontrolatu ezin ditugunak eta ezagutzen ez ditugunak. Izan ere, nahiko mugatua da Lurraren barrualdeari buruz dugun ezagutza”.

Apraizek azaldu duenez, gaur-gaurkoz “nahiko ondo finkatuta dagoen eredu matematiko bakarra da lurrikara handi baten ostean gertatu ohi den erreplika bortitza noiz gertatuko den eta zenbatekoa izango den iragartzen duena. Horretarako ere, dena den, beharrezkoa da lurraldeko geologia zehatz-mehatz ezagutzea”.


Aipatutako metodoez kanpo, noiz edo noiz agertzen da animalien portaera aztertuta lurrikarak iragar daitezkeela dioenik. Edo bestelako iragarpen-metodoak proposatzen dituenik. Adibidez, 2009an, L'aquila (Italia), 6,3 magnitude-

ko lurrikara izan baino lehen, Gran Sasso Laborategi Nazionaleko teknikari batek, Giampaolo Giuliani izenekoak, alarma piztu zuen. Radon gas noblearen gorabeherak hauteman zituen hainbat radometro bidez gerora epizentroa izan zen inguruan, eta berehalakoan lurrikara izango zela iragarri zuen.

Kasu horretan egindako iragarpena bete bazen ere, Granjaren iritziz, “behar bezala kontrastatu gabeko metodologia da, eta ez du behin betiko emaitzarik eman, hainbat ikerketa-talde amerikar, japoniar, txinatar eta abarrek frogatu ahal izan dutenez. Horrelako metodoen bidez iragarri asmatzeak ez dio sinesgarritasunik ematen; behingo kontuak besterik ez dira”.

IRAGARPENAK, PREBENTZIOA HELBURU

Lurrikarak zehaztasun handiz iragarri ahal izango balira, heriotzak saihesteko metodo ezin hobea lortuko litzateke. “Interes handia dago, eta iragarpen-metodo on bat lortzen duenak Nobel saria irabaztea mereziko luke —dio Apraizek—. Izan ere, lehen mailako ikerketa-es-

 Ziklo sismikoak ez dira konstanteak, eta parametro eta kanpoko aldagai asko daude, kontrolatu ezin ditugunak eta ezagutzen ez ditugunak.



Lurrikarak, Lurraren barrualdea ezagutzeko lanabesa

Lurrikaren indar suntsitzaila ale batera utzita, zientzialarientzat “oso erabilgarriak” direla aipatzen du Arturo Apraiz EHUko geologia-irakasle eta tektonikan adituak. Besteak beste, “lurrikaretako uhin sismikoei esker ezagutzen dugu Lurraren barrualdea”, dio. Uhin sismiko horiek abiadura desberdina dute zeharkatzen duten materialak zer dentsitate duen. Zenbat eta dentsitate handiagoa izan, azkarrago zeharkatuko dituzte materialak. Ikertzaileek, uhin sismiko horiek duten abiadura eta puntu batetik bestera iristeko behar duten denbora aztertuz, Lurraren barnealdea nolakoa den jakin dute.

Lurrikarak gertatzen direnean, hiru dimentsioetan hedatzen dira uhin sismikoak. Harri-koskor bat uretara botatzean energia bi dimentsiotan zabaltzen den antzera, baina hirutan. Bi motatako uhinak ateratzen dira lurrikara sortu den fokutik: P uhinak eta S uhinak (primarioak eta sekundarioak). P uhinak malgukien antzera mugitzen dira, luzatuz eta uzurtuz, eta, hortaz, uhin-propagazioaren

norabide berean eragiten dute oszilazioa. S uhinak, berriz, soka bat goitik behera astintzean bezala, ohiko uhinak bezala oszilatu dute. Bakoitzaren mugimenduen eraginez, P uhinak S uhinak baino azkarrago egiten dute aurrera (horregatik dira primarioak); lehenen abiadura bigarrenen halako 2,7 da, hain zuzen.

Lur osoaren konposizioa berdina balitz, uhin sismikoei beste edozein uhinak beste edozein mediotan duen portaera bera izango

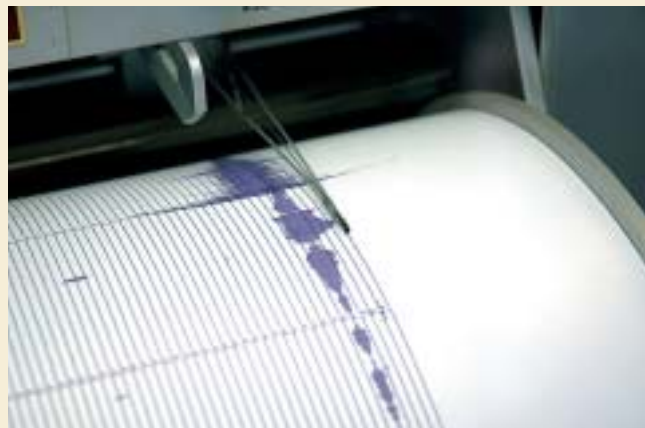
lukete, eta, besteak beste, aurrea egin ahala abiadura eta indarra galduz joango liriteke. Lurrikarak gertatzen direnean, ordea, urrunago iristen diren uhinak azeleratu egiten direla ikusi da. Horretaz jabetu zen lehenengo ikertzailea Andrija Mohorovicic kroaziarra izan zen. Hark neurtu zuen 200 kilometroraino baino gehiagora iristen ziren P uhinak abiadura handiagoa zutela hortik behera iristen zirenek baino. Hori ikusita, ondorioztatu zuen P uhinak haien abia-

dura handitzen duen medio bat zeharkatzen dutela, eta, hortaz, dentsitate handiagoko medioa dela.

1909an, Lurreko lehenengo geruza-muga definitu zuten, lurrazala eta mantu bereizten dituen. Gaur egun badakigu mantuak bi zati dituela- Lurrazaletik hurbilen dagoena solidoa da, eta, lurrazalarekin batera Litosfera eratzen du, hau da, plaka tektonikoen multzoa. Besteak —100-200 kilometroraino dago—, berriz, “plastilina oso bigun baten ehundura du”, Apraizek azaldu duenez.

Lurraren mantutik barrurago nukleoa dagoela eta nukleoa likidoa dela Beno Gutenberg sismologoak aurkitu zuen, 1914an. P eta S uhinaren arteko desberdintasun bat izan zuen oinarri horretarako: P uhinak ez bezala, S uhinak ezin dituela medio likidori zeharkatu.

Gutenbergek ikusi zuen S uhinak ez direla iristen lurrikara gertatu den lekuaren antipodaraino. Hortaz, zeharkatu ezin zuen geruza likido bat dagoela ondorioztatu zuen.



© ISTOCKPHOTO.COM/FURCHIN



1906ko lurrikarak San Franciscon eragindako sarraskia, Sacramento kaletik ikusita. ARG.: ARNOLD GENTHE.

parrua da, bizitzak salbatuko bailituzke, suntsipen handiak aurreikusiko, eta abar”.

➔ *Ezin duzu lurralde bat urteetan hutsik utzi, lurrikara noiz gertatuko zain.*

Gaur egungo metodoekin, ordea, “egin daitekeen gauza bakarra prebentzioa da”, aitortu du. Hala egiten dute Japonian, esate baterako: lurrikaren mugimenduen aurrean zutik ahal bezainbeste irauteko eraikitzen dituzte etxeak, industriari ahalik eta babes gehiena jarri diote, eta abar. Hain zuzen, Japonia da, Granjaren esanean, “lurrikaren aurrean hobekien prestatuta dagoen herrialdea. Lurrikarekin batera tsunamia gertatu izan ez balitz, azpiegituretan kalte txikiak eta kaltetutako oso pertsona gutxi egongo ziratekeen”.

Horrenbestez, “prebentzio-neurriak hartzeko eta lurrikara noizbait gertatuko dela jakiteko balio dute iragarpenek, baina ezin da ebakua-

zio-planik egin; ezin duzu lurralde bat urteetan hutsik utzi, lurrikara noiz gertatuko zain”, argitu du Apraizek.

Une honetan, egoera horretan daude Kalifornian, San Andres failaren inguruan. The Big One izena eman diote adituen ustez gertatzeaz dagoen lurrikarari. Estatistikoki hau da garaia 1906. urtean izan zuten lurrikara handia berriz gertatzeko, historikoki ehun urtean behin gertatu baitira halakoak. Apraizek esandakoaren arabera, ordea, “gerta daiteke orain izatea, edo hemendik berrogei urtera. Izan ere, oso denbora-tarte laburreko erregistroa dugu; azkeneko 5.000 urteetako lurrikaren erregistroa izango bagenu, hurbilketa zehatzagoak egin ahal izango genituzke. Gainera, eskala geologikoan, berrogei urteko tartea huskeria bat da. Orduan, zer da egoera horretan egin beharrekoa? San Francisco jendez hustu? Noiz arte? Eta lurrikararik ez badago? Badakizu azkenean izango dela, baina ez dago eperik, eta urteak pasatu daitezke iragarritakoa betetzen denerako”. ●



Euskal Herria, lurrikara-arrisku txikian

Eurasiako plakan duen kokapenarengatik, “lurrikarak izateko arrisku minimoa dugu Euskal Herrian; oso eremu egonkorrean bizi gara —azaldu du Arturo Apraiz EHUko geologoak—. Mugimenduak gertatzen dira, plaka guztiak mugitzen direlako, baita lurrikarak ere, baina 2-3,5 magnitudekoak izaten dira, eta noizean behin sumatzen dira. Baina, berez, oso zailtzat jotzen da 4 magnitudetik gorako lurrikarak gertatzea. Inoiz ez da horrelakorik erregistratu. Ezin da esan, dena den, ez denik horrelakorik gertatuko. Gerta daiteke 2.000 edo 5.000 urtean behin lurrikara handiago bat gertatzea, eta gu ez izatea horren jakitun”.