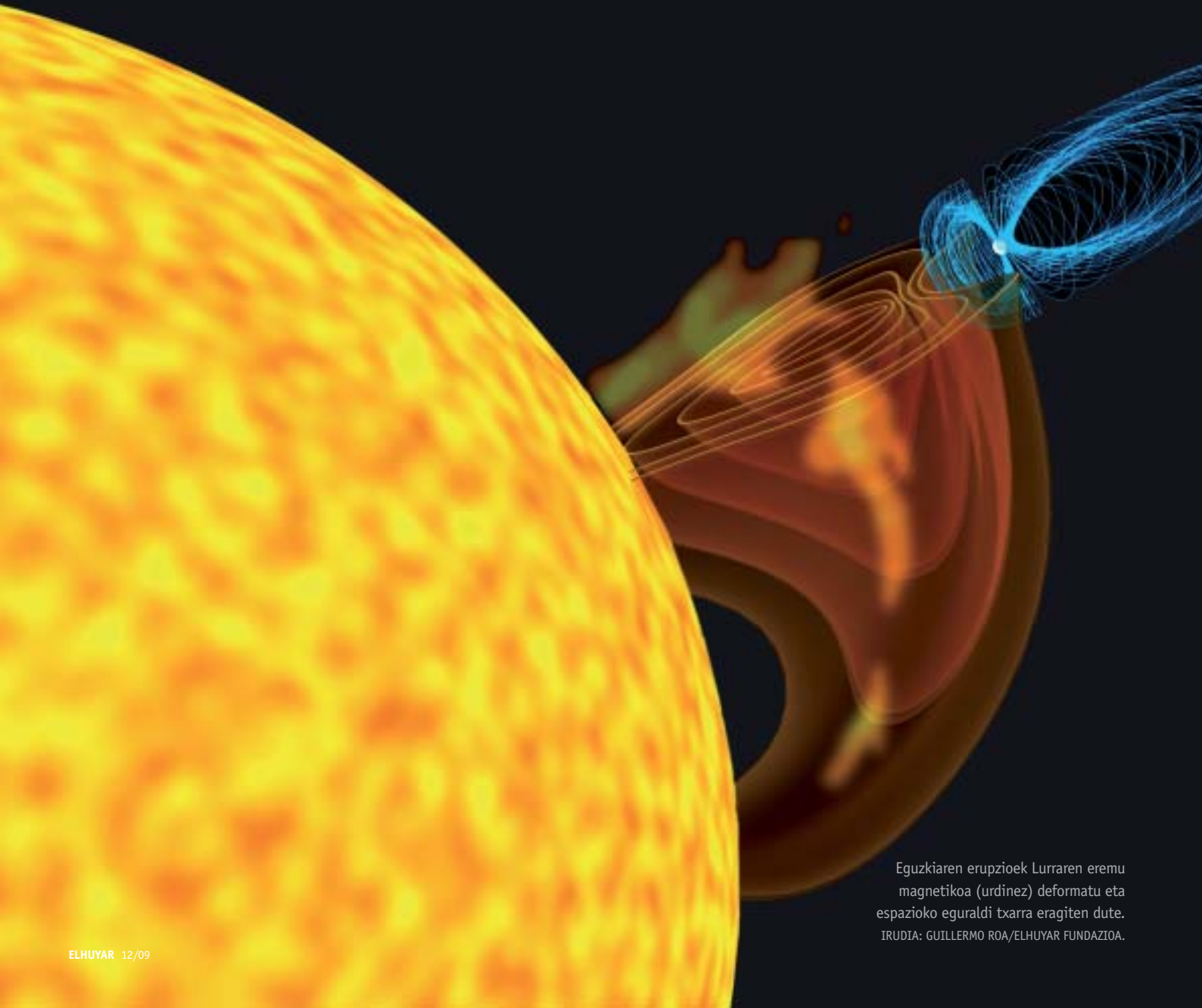


EGURALDI heliosferan



Eguzkiaren erupzioek Lurraren eremu magnetikoa (urdinez) deformatu eta espazioko eguraldi txarra eragiten dute.
IRUDIA: GUILLERMO ROA/ELHUYAR FUNDAZIOA.

TXARRA

Kanadako Anik E1 eta Anik E2 telebistarako sateliteek 1994an huts egin zuten Eguzkiaren jardueraren ondorioz. Geoestazionarioak ziren —oso orbita altukoak—, eta urtarilaren 20ko eguzkihaize bortitzak asko eragin zion sateliteen elektronikari. E1 satelitearen seinaleak zazpi orduko etenaldia izan zuen. Eta seinalea berreskuratu eta ordubetera, E2-ren giroskopio bat hondatu zen; haren funtzioa satelitearen orientazioa egonkortzea zen, eta, matxuraren ondorioz, sateliteak orientazioa galdu zuen.

Bost hilabetez, sateliteak ezin izan zuten Lurre-rantz begira iraun, eta seinale guztia E1 satelite-tik pasarazi behar izan zuten. Telebistako teknika-riek egokitu behar izan zituzten kanadarren antenak seinalea E1 satelitetik jasotzeko, eta hilabeteak pasa ziren E2 konpondutakoan hasiera ekoerara itzuli ahal izan zuten arte.

Eguzki-haizeak eragindako kaltea telebistaren seinalea galtzea baino handiagoa ere izan daiteke. Itzalaldiak izan dira eguzki-ekaitzen ondorioz; adibidez, aurtengo martxoaren 5ean, X motako erupzio handi bat izan zen Eguzkian —mota guztietan indartsuena da hori—, eta Australia, Txina eta Indiako irrati-uhinen bidezko komunikazioa eten egin zen.

Sateliteei dagokienez, nabarmentzekoa da GPS zerbitzua. Haren sateliteak ez dira geoestazionarioak, baina bai orbita altukoak, eta etengabe ari dira jasaten espazioko eguraldiaren erasoak. Adituen arabera, ekaitz magnetiko batean, GPS sistemak 100 metroko gorabeherak izan ditzake posizionamenduan. Ehun metroko aldaketa handiegia da GPSaren zehaztasunaren mende dauden jardueretarako: nabigaziorako, itsasoko petrolio-plataformei leku zehatzean eusteko, topografiarako, arkitekturarako eta abar.

ESPAZIOKO EGURALDIA

Historian erregistratu den eguzki-ekaitz handiena Carringtonen ekaitza izan zen, 1859an. Ekaitzak eragindako aurora borealak Kariben ere ikusi zituzten. Garai hartan ez zegoen sateliterik, baina telegrafoaren seinalea eten zuten European eta Ipar Amerikan. Gaur egun, ordea,

horrelako ekaitz bat hondamen teknologikoa izango litzateke.

Galerak ahalik eta txikienak izateko, lehen urratsa ekaitza iragartzea izango litzateke. Meteorologian bezala, etengabeko iragarpen zerbitzuak beharko lirateke.

Iragarpenak badaude, baina mugatuak dira. Gaur egun, eguzki-haizearen behaketa zorrotzera Van Hallen gerrikoetan egiten da, Lurraren inguruko bi gune orbitaletan, han baitaude satelite gehienak. Baina ez guztiak: orbita altuko satelite asko, geoestazionario guztiak eta GPS sistemakoak bezalako beste batzuk, Van Hallen gerrikoetatik kanpo daude, Lurretik urrutiago. Orbita urrun haiek arrisku handiagoa dute, eta gaur egungo iragarpen-ahalmena ez da nahikoa. Horregatik, iragarpena hobetzeko proiektuak

Heliosfera barruan dago Lurra. Eguzkiaren argia eta beroa iristen zaio, bai eta eguzkihaizea ere. Eta haizea indartsua denean, gailu elektronikokoak huts egiten hasten dira, eta astronautek babesa behar izaten dute. Ekaitz bat da. Lurrak badu babesten duen ezkutua magnetiko bat, eta, hala ere, espazioko eguraldia iragartzeko beharra dago.

Lurraren ezkutua ahultzen

Duela 780.000 urte eman zuten buelta azken aldiz Lurraren eremu magnetikoak. *Homo erectusek*, adibidez, bizi izan zuten prozesu hori. Geroztik, ez da gertatu, baina zientzialariek kalkulatu dute hori batez beste 250.000 urtean behin gertatu izan dela. Jadanik gertatu beharko luke, baina dagoeneko hasi al da gertatzen?

Simulazioek diote milaka urteko bilakaera dela. Hasieran, eremu magnetikoa ahultzen da, gero polo magnetiko berriak sortzen dira, eta ordura arteko ipar eta hego polo magnetikoek bakarrak izateari uzten diote. Polo gehiago dira, baina ahulagoak. Eta horrek aldatu egiten du erabat Lurraren eta Eguzkiaren arteko harremana. Eguzki-haizea Lurraren toki gehiagotara iristen da, erradiazioak mutazioak ugaritzen ditu bizidunen material genetikoa, eta ekosistemak aldatu egiten dira. Erradiazio horrek ez du eragiten, adibidez, desagerpen masiborik, baina Lurraren kondizioak aldatu egiten dira. Azkenean, egoerak atzera egiten du bi polo bakarrik geratzen diren arte, hasierakoan alderantzizkoak, eta eremua indartu egiten da.

Litekeena da Lurra prozesu horren hasieran egotea. Azken 150 urtean % 15 ahuldu da eremu magnetikoa. Baina litekeena da hala ez izatea ere.

WILLIAM DEAN PESNELL:

“SDO misioaren zailtasun handiena da datuen jarioari behar bezala eustea”

NASAKo fisikaria. SDO behatokiaren arduradun zientifikoa



William Dean Pesnell. ARG.: NASA ©

Eguzki-haizea ekaitz noiz bilakatuko den iragartzeko, oso garrantzitsua da izarrari etengabe begiratzea eta hango jardueraren datuak ere etengabe eskuratzea. Lan horretan jarduten duten misioetako bat SDO satelitearena da, NASAK kudeatzen duen *Solar Dynamics Observatory* behatokiarena. Misioaren arduradun zientifikoa William Dean Pesnell da; *Elhuyar* aldizkariarentzat hitz egin du Pesnell-ek SDOari eta haren lanari buruz:

“NASAKo Goddard Space Flight zentroan egiten dut lan, zientzialariek eta ingeniari-ekin SDO behatokia martxan mantentzeko, datu-baseetarako datu zientifikoaren transmisioa zaintzen, eta lan egiten dut espazio-ontziaren eta haren tresnen osasuna adierazten duten datuekin. Gure lantaldea hainbat tokitan dago: Goddard zentroan, Coloradoko Unibertsitatean, Stanford Unibertsitatean eta Lockheed Martin enpresan. Horrek esan nahi du mezu asko irakurri eta idatzi behar ditudala, bakoitzak gure ordutegian lan egiten dugulako.

SDOk orbita geoestazionarioa duenez gero, estazio bakarra nahikoa da datu guztiak etengabe jasotzeko. Estazio hori Mexiko Berriaren hegoaldean dago. Han datuak SDOtik jaso eta

zientzialari taldeetara banatzen ditugu. Ontziak beste orbita-mota bat izango balu, datuak gorde beharko litzuzke zentroaren gaineko hurrengo igaroaldian transmititu arte.

Misioaren zailtasun handiena datuen jarioari behar bezala eustea da. Orain arteko arazo guztiak lurrian sortu zaizkigu: itzalaldi batzuk, kable-mozketa batzuk eta eguraldiak berak eten izan du datuen jarioa. Baina izandakoak izanda ere, lortu dugu espazio-ontziak bidalitako datuen % 99,97 jasotzea eta gordetzea.

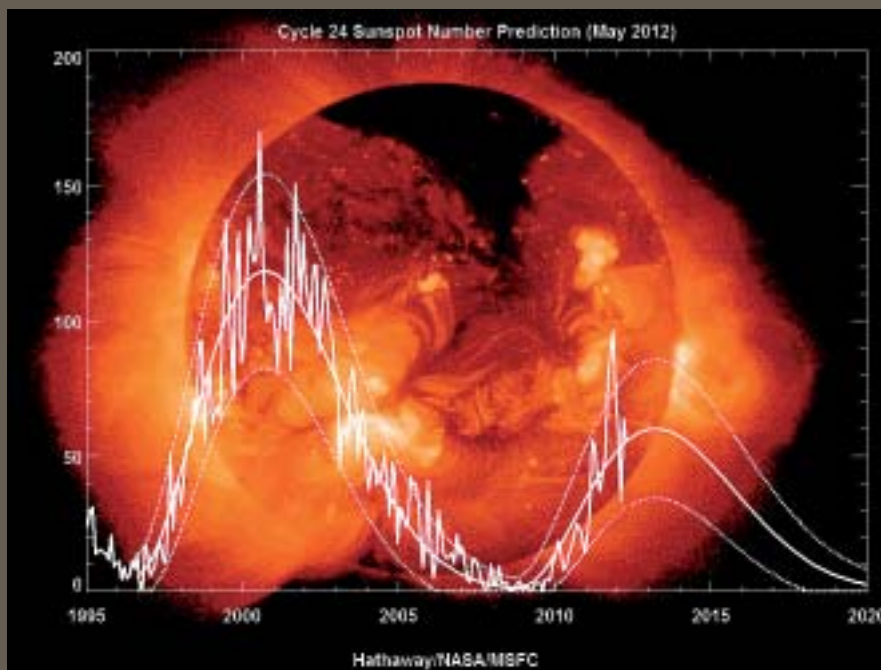
EVE izeneko tresna batek (*Extreme ultraviolet Variability Experiment*) Eguzkiaren energiaren zati txiki bat neurtzen du, alegia, 100 nm baino uhin-luzera txikiagoa duen erradiazioa-rena. Espektroradiantzia deitzen zaio. Uhin luzera horiek Eguzkiaren jarduerarekin aldatzen dira, batez ere eguzki-erupzioetan, eta espazioan neurtu behar ditugu, Lurraren atmosferak xurgatzen dituelako.

Eguzkiaren jarduerak 11 urteko ziklo bat du, eta irradiantzia % 0,1 aldatzen da gutxi gorabehera. Oso aldaketa txikia da, benetan, baina uhin-luzera batzuetan aldaketa oso handia da: 1.000 aldiz handiagoak dira erupzioetan. Beraz, irradiantzia osoaren aldaketa txikia da, baina zati baten gorabehera, berriz, oso handia. As-

tronomoek dakitenaren arabera, Eguzkiak ez luke horrela aldatu beharko. Baina aldatu egiten da, eta horrek zantzu bat ematen digu 11 urteko zikloa zerk eragiten duen ulertzeko.

Konbekzio-eremutik dator, Eguzkiaren barruko eremu batetik; han, beroa mugitzen da material berok osatutako burbuilak igotzen direlako azpitik. Eta zikloa sortzen da materialaren mugimenduak eremu magnetiko bat sortzen duelako; eguzkia dinamo bat da. Mugimendu horiek oso konplexuak dira, eta horregatik ez da erabat erregularra zikloa. “11 urteko” ziklo txikiena 9 urtekoa izan daiteke eta handiena 14 urtekoa.

SDOrri hiru urte geratzen zaizkio gure ikerketa-galderei erantzuteko: zerk eragiten duen Eguzkiaren eremu magnetikoa, nola suntsitzen den eta eremuaren ezaugarriak iragar litezkeen”.



Eguzkiaren jardueraren 23. eta 24. zikloak. Zikloak 1755 urtetik zenbatzen dira, eta gaur egun 24.ean gaude. Irudian, 23. zikloa osorik dago irudikatuta, oraingo zikloaren datuekin eta espero den bilakaerarekin batera. ARG.: NASA/MSFC ©.



Aurora boreala. 2011ko otsailak 10.

ARG.: QUICHEISINSANE/CC BY-NC-ND.

↘ *Lurrerako bidean, partikulek bi edo hiru egun ematen dituzte bidaian. Erradiazioak, berriz, zortzi minutu besterik ez du behar, argiaren abiaduran mugitzen delako.*

tuak jarri dira martxan, Europar Batasuneko Spacecast proiektua adibidez.

BI BOLADAKO EKAITZA

Eguzkiari begira dauden misioen datuek ere balio dute iragarpenak egiteko, ekaitz magnetikoa bi boladatan etortzen delako. Erupzio batek, partikula kargatuak isurtzeaz gain, erradiazioa igortzen du. Biek oso abiadura ezberdina dute. Lurrerako bidean, partikulek bi edo hiru egun ematen dituzte bidaian. (Carringtonen ekaitzean hamazazpi ordutan iritsi ziren). Erradiazioak, berriz, zortzi minutu besterik ez du behar, argiaren abiaduran mugitzen delako.

Horregatik, lehendabizi erradiazioaren eragina nabaritzen da. Ezustean eta inor aurrez ohartu gabe, sateliteen elektronikak jasaten du eraso. Lurraren eremu magnetikoak poloetara desbideratzen du erradiazioa, baina neurri batean bakarrik; ekaitz magnetiko oso indartsuak poloetatik urrun ere nabarmenak dira. Martxoaren 5ean bezala. Bat-batean, irrati-komunikazioak eten egin ziren Asian eta Ozeanian.

Gero, bi ordu geroago gutxi gorabehera, partikula kargatu azkarrenak hasten dira iristen Lurrera, abiadura handienekoak. Gutxi izaten dira, baina bigarren boladaren hasiera da. Hortik aurrera partikulen fluxua ez da eteten, eta, bi edo hiru egunen buruan, partikula kargatu gehienak iristen dira. Erradiazioaren eta partikulen abiaduren arteko alde horri esker, ekaitzaren

bigarren bolada iragar daiteke. Lehen boladak bigarrenaren iragarpena dakar. Horrela jakin zuten martxoaren 7an eguzki-haizea oso indartsua izango zela. Dena dela, gaur egun, iragarpen horren zehaztasuna ez da handia.

NEUTROIAK IRAKURTZEN

Iragarpen-sistemak fintzeko modua denboran atzera begiratzea izaten da; horixe egin du Delaware Unibertsitateko neutroien detektagailuekin lan egiten duen talde batek. Pasatutako ekaitzetako datuak hartu, eta aztertu dute ea sistema gai den ekaitz horien eragina kalkulatzeko. Antartika toki ona da, Lurraren eremu magnetikoak poloetara desbideratzen dituelako partikula gehienak, eta oso zaila delako neutroien detektagailu bat Ipar poloan mantentzea, han lurrik ez dagoelako. Eta neutroiak detektatzeko ere arrazoi bat du: eguzki-haizearen adierazleak dira. Ez dira partikula kargatuak; ez da neutroirik izaten eguzki-haizean. Baina eguzki-haizearen protoiek eta elektroiek atmosferaren goialdeko atomoen kontra talka egin, eta, horrek bai, neutroiak askatzen ditu.

Delaware Unibertsitateko fisikarien sistemak aztertzen ditu Lurrera iristen diren lehen partikulak, bigarren boladaren hasiera alegia, eta horrekin kalkulatu du noiz eta zenbateko indarrarekin iritsiko diren boladaren partikula gehienak. Oraingoan, emaitza onak lortu dituzte, baina ikerketaren hasieran besterik ez daude. ●



ARG.: BROCKEN INAGLORY/CC BY-SA

Azken oparia, batzuetan berde

Jules Vernek ospetsu egin zuen izpi berdea, eleberri bat idatzita. Zerua oso garbi baldin badago, batzuetan, ilunabarrean ikusten da itsas mailatik: azken eguzki-izpia berdea da. Kondizio hoberean, azken bi segundoak izaten dira, gutxi gorabehera. Kondaira batek dio izpi berdea ikusten duten bi pertsona elkarrekin maitemintzen direla, eta Vernek kondaira horri heldu zion eleberria idazteko. Eta kondaira eta eleberriaren ospea direla eta, askotan jarri da zalantzan izpi berdea ez ote den asmakizun bat besterik.

Baina izpi berdea ez da asmakizun bat. Benetako fenomeno optiko bat da. Azalpen fisikoa ez da konplexua; argia angelu txiki batez iristen zaionean, atmosferak prisma batek bezala jokatzen du, alegia, argiaren koloreak hainbat norabidetan errefraktatzen ditu. Eta, kondizio jakin batzuetan, efektu hori ikusi egiten da. Ilunabarrean edo egunsentian. Ikusleari izpi berdeak iristen zaizkio.

Oso noizean behin, gainera, errefrakzioa izpi urdinak ere ikusteko bezain handia da. Oso zaila da Eguzki urdina begi hutsez ikustea. Berdea ikustea ere zaila da; horren froga da izpi berdearen argazki gutxi egotea, ilunabarraren argazkiekin alderatuta. Errazagoa da izpi berdea tropikoetan ikustea, baina, kondizioak egokiak direnean, latitude handiagoan ere ikusi daiteke.