

Ilargiko izotzaren bila

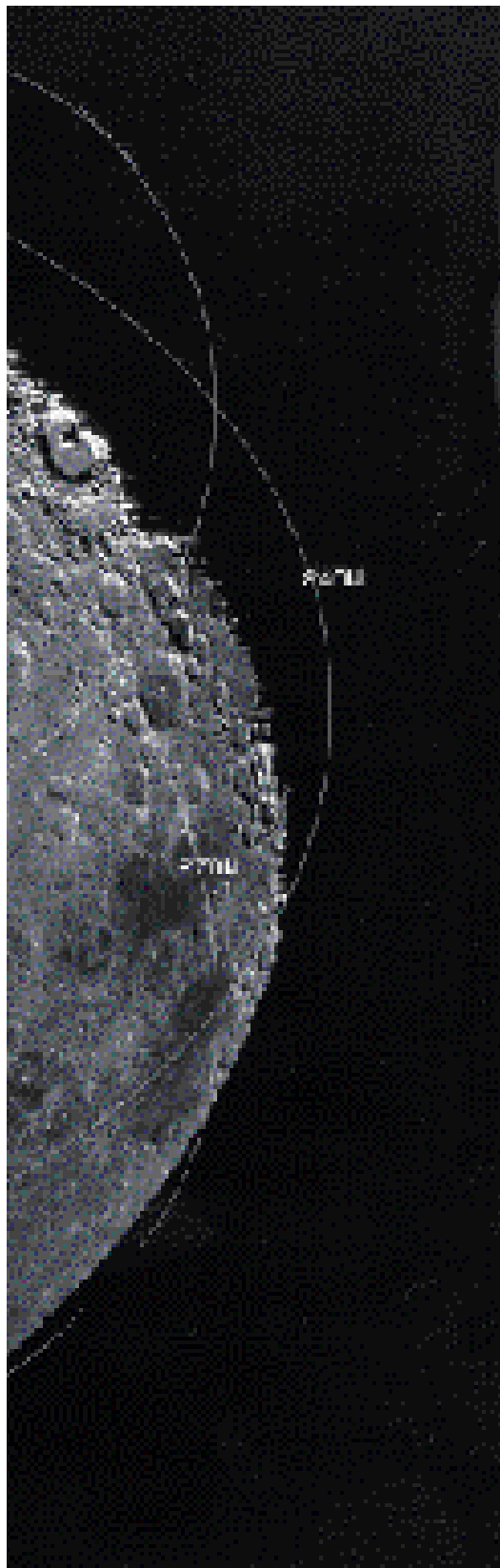
James D. Burke*

XVII. mendearen hasieran Johannes Kepler-ek *Somnium (Ametza)* izeneko nobela idatzi zuen. Ilargian bizi zen irudizko zibilizazioaz ziharduen liburua 1630. urtean argitaratu zen, bere egilea hil eta gero. Bi aste irauten zuen egunean zehar Ilargia asko berotuko zela pentsatu zuen Kepler-ek; ho-

rregatik, bere pertsonaiek bizitza bitxi eta motela zeramaten bertako eguzki-galdatan. Filosofo izatea berezko zuten beste zenbaitzuek, berriz, mende askotan Ilargiari buruzko hausnarketetan jardun ondoren, Ilargiak leku hezea eta lohitsuia, elur-pilota gisakoa, izan behar zuela erabakia zuten. Teleskopio-ikerketak hobetzen

joan ziren heinean argi gelditu zen, ordea, Ilargian ez zegoela atmosferarik, eta astro oso lehorra izango zela seguruenik.

J.D. Cassinik, Parisko Behatokiko lehen zuzendariak, Ilargiaren higadura arretaz aztertu ondoren, 1. irudian agertzen diren legeak zehaztu zituen 1692. urtean. Ilargiaren ardatz polarra Eguzkiaren



NASA

izpiekiko ia zut zegoelarik, Eguzkiaren argiak beti horizontala izan behar zuten poloetan. Sartzen eta ateratzen zen erradiazioaren balantzearen ondorioz temperatura baxuak sortzen dira han. Zehazki zeinen baxuak ziren ez zekien inork, garai hartan ez baitzegoen Ilargiko temperatura neurtzeko modurik.

1667an Robert Hooke-k, Ilargiko kraterren jatorria ulertu nahian, irakiten ari zen igeltsuan burbuiak nola lehertzen ziren aztertu zuen, eta bolatxoak lohira bota zituen, krater bolkanikoen eta talka-kraterren arteko diferentzia ikusteko. 300 urte pasatu ziren talkaren hipotesia gailendu zen arte eta zientzialariak Ilargiko krater gehienak talka-orbainak, eta ez eraikuntza bolkanikoak, zi-rela ados jarri ziren arte. Ilargiko zelai ilunen kontua argitu gabe gelditu zen, gizakiaren aurpegia diruditen ezaugarriena alegia. Ikertzaile grekoek lehen egin zuten bezala, 1610ean Galileok "maria" (itsasoak) izena eman zien. Gero etorri ziren zientzialariek ere ozeanoak izango ote ziren pentsatu zuten, behar bada ur gainean itsasontziak zituztenak. Baina Galileok bi arrazoi eman zituen hipotesi hori ezinezkoa zela frogatzeko: lehenik, ozeanoak Eguzkiaren isla puntu argitsuan ageriko zuten; bigarrenik, ozeanoak eta atmosfera dituen munduan *gorputz-adarrak* deitzen diren ertzak ez lirakeke ikusiko, baina Ilargiaren ezaugarriak argi eta garbi ikus ditzakegu, *gorputz-adar* eta guzti.

Lurraren zientzia, espazio-zientzia

Ilargiaren benetako egituraz gain, Ilargia izar hezea ala lehorra zen eztabaidatzen jarraitu zuten zientzialariek XX. mendearen erdira arte. Zenbaitek ez zuten uste Ilargia lehorra izan zitekeenik, erreka bihurrien gisako ezaugarri bolkanikoak zituela ikusten baitzuten. Lurreko sumendiek lurrin-kopuru handiak jaurtikitzen dituzte, eta laba gehienek konposizioan ura ageri da. Ilargian ura ba ote zegoen ala ez punta-puntako hiru zientzialariren lanari esker argitu zen; Harold Urey, Gerard Kuiper eta Eugene Shoemaker-i esker.

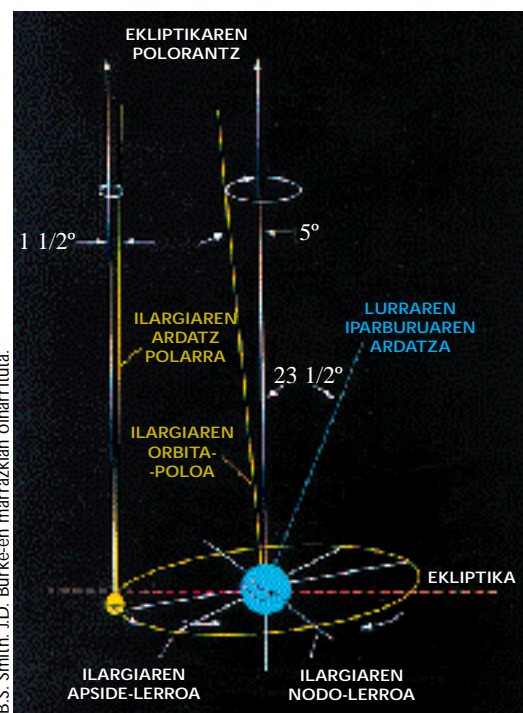
Urey-k, deuterioa (hidrogenoaren isotopo astuna) aurkitzeaga-

tik Nobel saria irabazi zuen kimikariak, bere bizitzaren bukaera aldera Ilargiaren ikerketari ekin zion sutsuki, eguzki-sistemaren hasierako eboluzioa azal zezakeela uste baitzuten.

Kuiper-ek, mundu osoan ezaguna zen astronomoak, bere energiaren zati bat gertuko Ilargiari buruzko ikerketetan erabili zuen, lankide gehienak zabaltzen ari zen unibertsoan urruti zeuden galaxiez arduratzen ziren bitartean. Shoemaker geologo trebeak, berriz, Ilargia eta planeten gainazalaren ezaugarriak ikasteen estratigrafia erabiltzeko lehen pausoak proposatu zituen, horrela beste munduen historia ikertzeko zientzia-alor berria asmatuz.

50.eko hamarkadan, eta 60.ekoaren hasieran, Urey eta Shoemaker-ek eztabaida latza izan zuten,

1. irudia. XVII. mendeko J.D. Cassini astronomoak Ilargiaren ardatzaren higidura eta bere orbitaren lerrokadura deskribatu zituen. Ardatz polarra ekliptikarekiko (Eguzkia eta planetak erdibitzen dituen irudizko planoarekiko) ia erabat zut dagoenez, Ilargian ez dira urte-sasoak bereizten.



ASTRONOMIA

Kuiperren behaketak eta Arizonako Unibertsitatean EEBBetako aire-armadaren dirulaguntzarekin prestatutako Ilargiaren argazki-mapak zirela eta.

Ilargia zer ote zen, beste zenbait meteoritoren antzeko erlikia, substantzia organikoak, ura eta eguzki-sistemaren sorreraren az-tarnak zituena, ala Lurra adina garatu zen gorputza, eta geroko gertakizunen ondorioz bere fun-tsezko egitura galdu zuena?

Shoemaker-ek irabazi zuen ezta-baida. Espazio-ontziak Ilargira heldu baino lehen teleskopioaren bidez Ilargiko itsasoak laba likidozko putzu handiz osatuta zeudela frogatu zuen, eta mendiak izugarri zaharrak zirela. Halaber, irudiek garbi adierazi zuten itsa-

soak nahiz mendiak garai batean urtuta egon zirela.

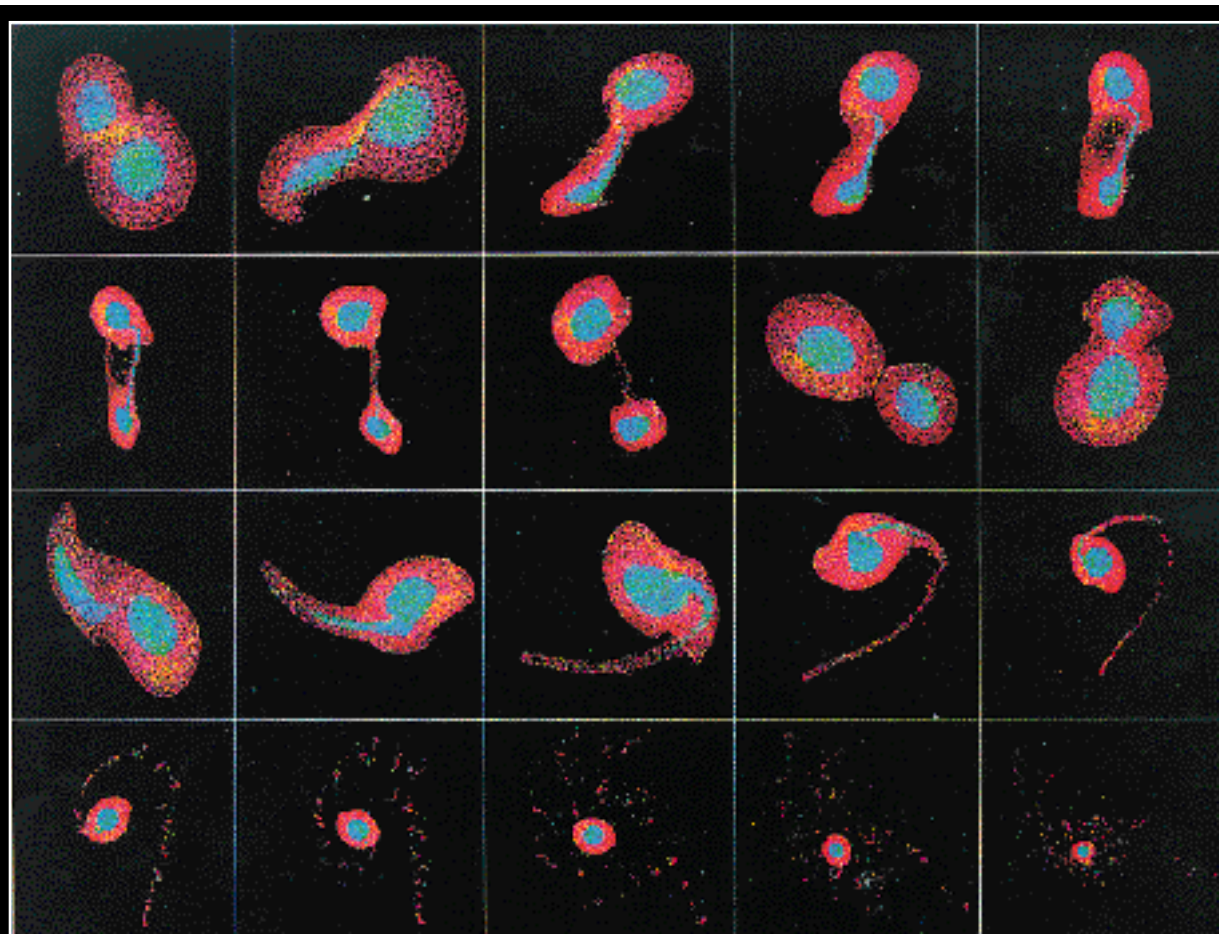
Historia horren arabera, ia ezinezkoa zen Ilargian ura edo beste substantzia lurrinkorrik aurki zitekeenik pentsatzea, beroketaren ondorioz denak lurrindu egingo baitziren. Izan ere, *Apoloko* astronautek eta *Luna* espazio-robot sobietarrak Ilargitik ekarritako lur- eta arroka-laginak aztertuz, erabat gogorrak zirela ohartu ziren, eta ez hori bakarrik, beren milaka milioi urtetako bizitzan ez zutela urarekin inolako kontaktu-rik izan ere bai.

Ilargi beroaren hipotesia zuzena zen, eta azkenean zientzialariak Ilargia hainbeste nola bero zitekeen azaltzeko ados jarri ziren. William Hartmann eta bere lanki-

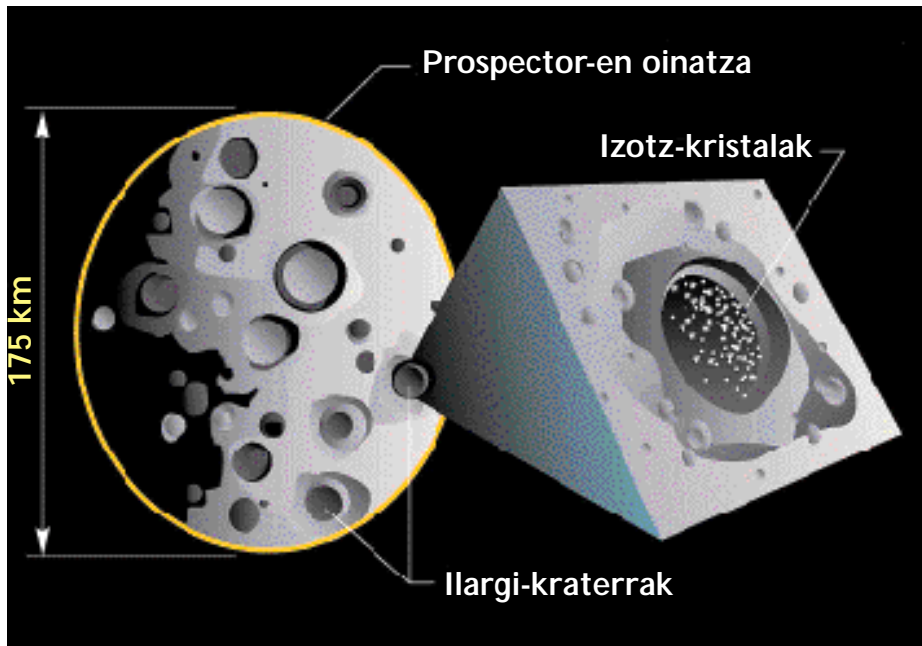
deek nahiko sinesgarria zen honako prozesua deskribatu zuten: eguzki-sistemaren historiaren hasieran, eguzkiaren nebulosaren hauts eta gasetatik planetesimalak gauzatzen hasi zirenean, proto-Lurra bereizi zen, hau da, burdina eta antzeko material astunak erdialdean gelditu ziren, nukleoa osatuz, eta airean zebiltzan arroka arinagoek mantu eta azala osatu zuten. Ordurako Marteren tamainako beste gorputzak garapen bera lortua zuten. Bi gorputzek talka egin zuten! (2. irudia), katastrofe ikaragarri horren ondorioz Lurraren orbitan hodeia sortu zelarik (gehienbat mantua-ren material arinaz osatuta zegoena). Material horren zati bat Ilargiko kraterretan gelditu zen.

2. irudia. Ordenadoren eraturako irudi honetan Marteren tamainako gorputzak Lur gaztearekin gogor talka egin eta berehala zer gertatu zen adierazten da, betiere A.G.W. Cameron eta bere lankideen hipotesiaren arabera.

A.G.W. Cameron, Harvard-Smithsonian Astrofisika Behatokitikoa.



Lehen talkaren ondoren, eta minutu batzuk geroago, bigarrena gertatu eta detritu-hodeia sortu zen. Orbitan sartu ziren hondakinetako zati batek proto-Ilargia osatu zuen orduan.



Ilargiko poloetako kraterretan izotz-kristalak egon zitezkeelako hipotesia 1961ean plazaratu zen lehen aldiz.

NASA

Harrietatik ura atera nahian

Aurkikuntza zientifikoak oro har onartu zirenean, gizakia Ilargira bidali nahi zutenek honako auziari aurre egin behar izan zioten: Ilargia mundu latza zen, bizitzako substantzia garrantzitsuena, hau da, ura, falta zuena. Ura Lurretik Ilargira bidaltzea ikaragarri garesti izango litzatekeela argi zegoenez, Ilargian baseak ezartzeko lanetan zihardutenek bertara ura eramateko beste bideak aztertzen hasi ziren. Meteorito batzuk ehuneko 10 edo 20 ura dira. Horiek asteroideen zatiak direla onartzen denez gero, asteroide egokiak lortzen ahalegindu beharko zuten aurrerantzean, eta horietatik ateratako ura Ilargira eramaten.

Aukera horren azterketa sakonena 1990eko udan Toronton egin zen. Alor askotako unibertsitate-ikasle eta aditu gazteen talde batek 10 astetan zehar Nazioarteko Espazio Unibertsitatean diseinuan bikaina burutu zuen. Lan-taldeko zientzialari eta injineruek bero, indar eta propulsiorekin bidez asteroideen ura Ilargira bidal zitezkeela frogatu zuten. Teknikoki egin zitezkeena, ordea, ez zen ekonomi eta negozio-adituen ustetan bideratzen erraza, kostuak eta horiek ordaintzeko

modua aztertu ondoren, etekinik lortzea ezinezkoa zela konturatu baitziren.

Ilargian ura lortzeko beste modua ur hori bertan lortzea izan zitekeen, eguzki-haizearen hidrogenoa Ilargiko arroka eta lurtean dagoen oxigeno ugariarekin nahastuz. Eguzki-haizeak hidrogenoa eta substantzia lurrinkorrek utzi ditu Ilargiko lurretan, besteak beste helio-3a, fusio-erreaktoreak inoiz errealitate bihurtzen badira fuel-olio gisa erabiliko dutena. Substantzia lurrinkorrek beroaren bidez Ilargiko lurretatik erraz atera daitezke, baina prozesu horretan material gordineko kopuru izugarriak tratatu behar dira gas-kopuru erabilgarria lortu nahi bada. Nolanahi ere, eta zenbait analisen arabera, lan neketsu hori Ilargian behar den hidrogenoa Lurretik eramatea baino hobeto litzateke.

Zergatik ez zuten astronautek urik aurkitu?

Argi dago prezio egokian Ilargian ura aurkitzea onura izugarria izango litzatekeela. Ba al dago beste iturririk? Teorian egon behar luke. 1961ean Kenneth Watson, Bruce Murray (Planeta Elkarrearen sortzaileetako bat, gaur egun lehendakari dena) eta Ha-

Lunar Prospector-ek Eugene Shoemaker-en errautesak Ilargira eramán ditu

Inoiz egin den omenaldirik bitxienean, joan den uztailan auto-istripuz hildako Gene Shoemaker-en errautesak Lunar Prospector espazio-ontzian sartu zituzten. Urte betez ur, mineral eta gas bila ibili ondoren Ilargiaren kontra talka egin eta desagertu egingo da Prospector-a. "Ekintza hau oso garrantzitsua da guretzat", esan zuen Gene-ren alargunak, Carolyn Shoemaker-ek. "Gure sentimenduak biltzeko aukera ematen digu nolabait. Ilargira begiratzen dugun bakoitzean Gene han dagoela jakingo dugu hemendik aurrera."

Errautesak polikarbonatozko kapsula batean sartu ondoren, espazio-ontziko zoko batean kokatu dituzte, beste hegaldietan probatu ondoren hutsean itxitako aluminiozko sakel batean gordeta. Kapsula letoizko orri batez estali dute, eta bertan Hale-Boop-en irudia, Ipar Arizonako Meteorok Kraterren irudia eta William Shakespeare-ren Romeo eta Julietako pasarte bat agertzen dira. Pasartearen itzulpena honakoa da:

Eta hiltzen denean.

Bere gorputza milaka izar txiki egiten baduzue.

Ortzia neurri gabe edertuko du.

Eta mundu osoa, Eguzki harroa ukatzeraino.

Gauarekin maiteminaraziko.

Shoemaker-en Carolyn Porco ikasle ohiak prestatu zuen karga berezia Shoemaker familia eta NASAREN laguntzarekin. "Planetekin lan egiten duen zientzialari-komunitate osoak dakienez, Gene-ren nahia Ilargira Apoloko astronauta gisa joatea izan zen beti, eta astroaren geologia bertan ikertzea", esan zuen Porco-k.

Osasun-arazoak zirela eta, Shoemaker-ek ezin izan zuen Ilargira heltzen zen lehen geologoa izan. Horren ordez, Apoloko astronautak aukeratzen lagundu zuen, eta behar zuten prestakuntza ematen ere bai, Ilargiaren geologiari zein inpaktu-kraterrei buruzkoa. Gero *Clementine* proiektuko zientzialari-taldearen buru izan zen.

Ekintza honek kultura arteko eztabaida eragin du, eta Navajo herriak Shoemaker-en errautesak Ilargira bidaltzea "jatorriz Amerikar diren askoren usteen kontra doan eraso bihozgabea" dela salatu du. NASAK publikoki barkamena eskatu du, eta aurrerantzean antzeko zerbait gertatu gero "jende gehiagoren iritzia eskatuko duela" agindu du.

Jennifer Vaughn,

The Planetari Report-eko Editore Laguntzailea

rison Brown-ek honakoa adierazi zuten: kometen bidez garraiatutako substantzia lurrinkorrek itzalean zeuden Ilargiko krater polarretan lurperatutako izotz gisa betiko iraun zezaketen. 1979an James R. Arnold-ek aukera hori sakonago aztertu zuen, Ilargiko substantzia lurrinkorren iturriak eta horiek lortzeko moduak iker-tuz. Ikerketa horien ondorioa Ilargiko poloetan izotza egon ahal izatea izan zen, eta izotza beti ilunpean dauden eskualdeetan egongo zela, 40 Kelvin graduko (-233 °C inguruko) temperatura lor zezaketen guneetan, alegia. Ordura arte Ilargiaren tenperatureri buruz genekiena Lurrean egindako neurketetan oinarrituta zegoen: 1927an Mt. Wilson Behatokian izpi infragorrien bidez E. Pettit eta S. Nicholson-ek lehen aldiz egindako neurketak lehenbizi; 60.eko hamarkadaren hasieran Egiptoko Kottamia Behatokian lortutako irudi infragorriak eta Kaliforniak Aerospace Corporation-eko B. Gary eta bere lankideek 3 milimetroko uhin-luzeran egindako mikrouhin-zundaketa geroago. Poloetako gune hotzetan izotzik ba ote zegoen ala ez frogatzeko behaketa-prozedurak aurkitu beharra zegoen oraindik. Aukerarik zuzenena, hau da, beharrezko ziren tresnez hornitutako ibilgai-

luen bidez laginak hartzea, kanpo gelditu zen, arriskutsuegia eta garestiegia baitzen. Espazio-robot sobietar eta amerikarrak, eta *Apolo* espedizioak ere bai, injinerutza eta segurtasun-arrazoien arabera Ekuatoretik gertuegi zeuden latitudeetan lurreratu ziren; beraz, poloetan izotza aurkitzeko bide bakarra urrutiko detekzioa zen.

Zoriturrez, izotza bilatzen hasteko aukera gauzatzen ari zen unean bertan mundu osoko Ilargiaren esplorazio-programek porrot egin zuten. EEBBek *Apoloren* bidez SESB lehiakide nagusiari Gerra hotzean irabaztearen ondorioz, SESBk Ilargirako proiektuak bertan behera utzi zituen, eta bi nazioek espazioko beste zereginetara jo zuten. Hamarkada luzeetan zehar espazioaren esplorazio-proiektuetan gauza berriak egiteko ikuspegia nagusitu zen: "hor egona naiz, hori egina dut". Ilargiari buruz ikertzen ari ziren zientzialariek Lurreko behatokietatik ikusten zutenarekin, *Apolo* eta *Lunak* lortutako arrokak eta lur-laginekin, eta Ilargitik Lurrera eroritako meteoritoekin konformatu behar zuten. Behaketa-, aztertze- eta maketagitza-teknikak asko hobetu ziren garai hartan eta, ondorioz, ikerketek ere zertxobait aurrera egin zuten. Hala ere, Ilargian izotzik ba

ote zegoen galderari ez zitzaion erantzunik eman.

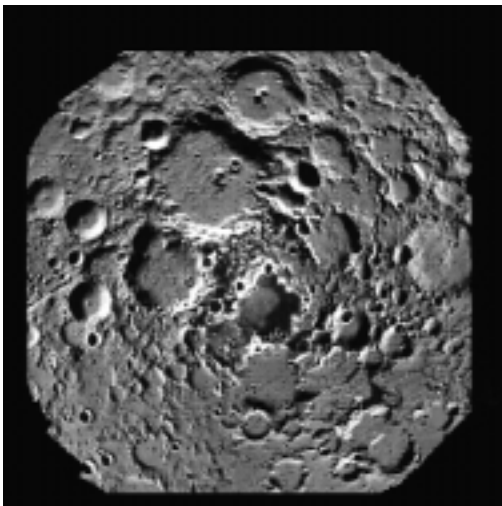
Clementine-ren arrastoak

Apolo bukatu ondoren, Ilargiari buruz ikertzearen aldeko zirenak urte askotan gogor saiatu ziren Ilargiaren ikerketa zientifikoarekin jarraitzeko baimena lortzen. 1989an George Bush EEBBetako presidentek Ilargira etengabe ikertzaileak bidaltzeko eta Marten ikertzen hasteko proiektua iragarri zuen, baina bere asmoa ez zen gauzatu, Kongresuak dirulaguntza ukatu egin baitzuen. Europa eta Japonian Ilargiari buruzko ikerketek aurrera jarraitu zuten (Japonian *Lunar A* izeneko zultzaile sismikoa lantzen ari ziren), baina EEBBetan robotekin martxan jarritako ikerketak ere eten egin ziren.

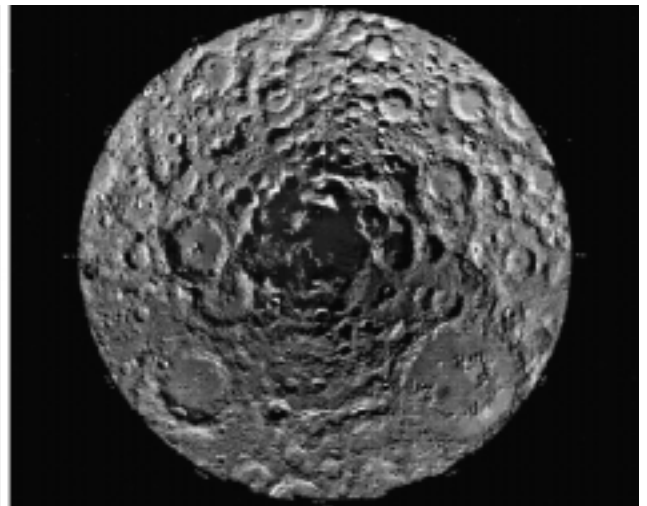
Ilargiarekiko jakin-nahia bat-batean eta ustekabean berpiztu zen 1994ko *Clementine* proiektuarekin (3. irudia). Defentsa Estrategiaren Proiekturako ("Star Wars" deitu zenarentzako) sentsoreak probatzeko kostu txikiko tresna gisa diseinatu bazen ere, *Clementine*-k urrutiko detekziorako tresna-multzoa jarri zuen Ilargiaren orbita polarrean. Tresna horiek espektro anitzeko irudiak eta Ilargi osoaren mapa topografikoak lortzen zituzten. Zientzialari-taldea osatzen zutenen artean Shoemaker eta

3. irudia. Clementine

Misioko fotomuntaiari Ilargiko poloetan beti itzalean dauden guneak ageri dira; hego poloa eskuinean dago, eta ipar poloa, berriz, ezkerrean. Baliteke *Lunar Prospector* espazio-ontziak aurkitutako izotza gune horietan egotea.



Ipar poloa



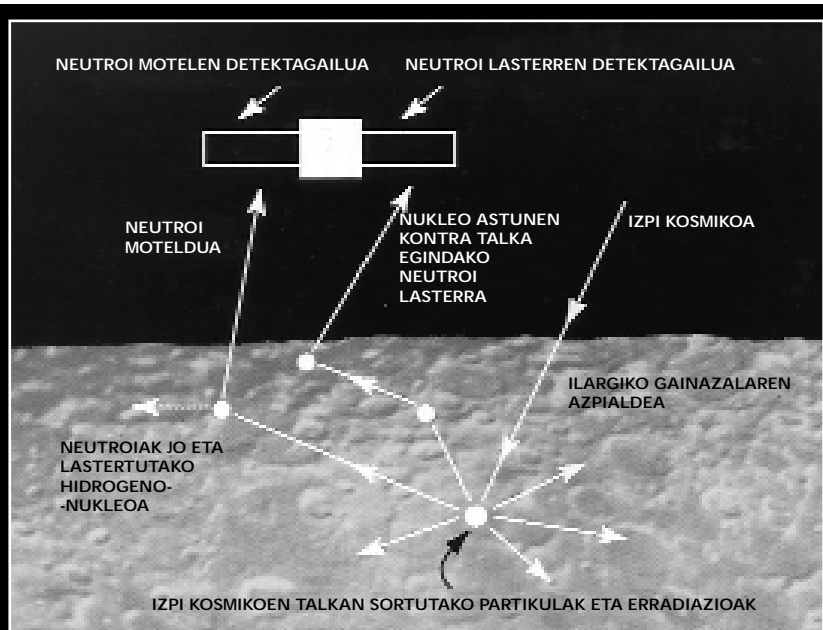
Hego poloa

Ilargiaren ikertzaileen hurrengo belaunaldiko Paul Spudis zeuden. Spudis-en *Lehenago eta Etorkizuneko Ilargia* liburuak (Smithsonian Press, 1996) Ilargiari buruzko zientzi lanen laburpen sakona egin zuen, eta Ilargiaren behaketen historia ere bai, *Clementine*-k lortutako informazioa barne.

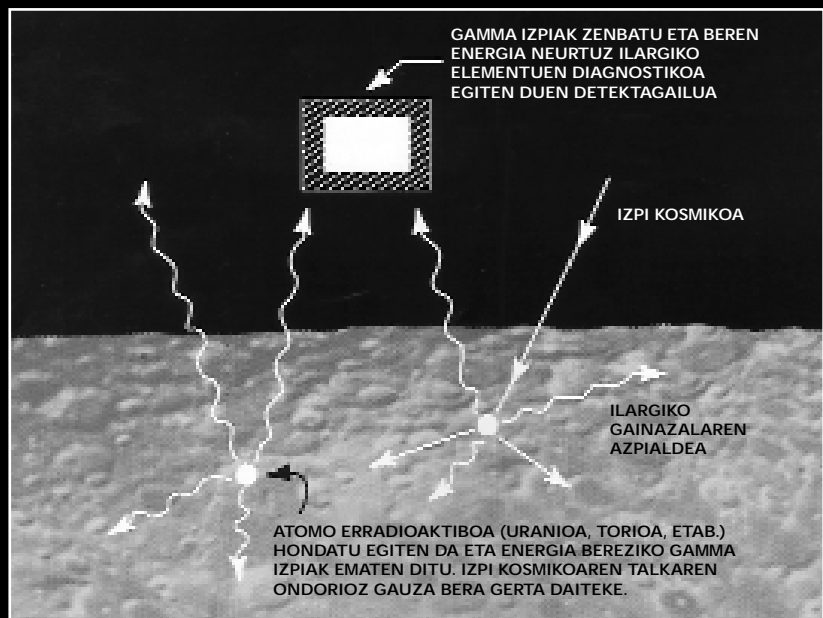
Clementine proiektuaren ezaugarriak honakoak izan ziren: azkar lan egiten zen, lan-taldeak txikiak ziren, eta arazoak konpontzeko irudimena erabiltzen zen. Giro horretan aurretik antolatu gabeko saiakuntza erradikalak gauza zitezkeen. Espazio-ontzia dagoeneko Ilargiaren orbitan zegoenez, S. Nozette-ek eta bere kideek irrati-seinaleari Ilargian errebote eginaraztea eta sakabanatutako seinalearen ezaugarriak aztertzea erabaki zuten. Lurrean kokatutako radarrek erabiliz, D. Muhlemann-ek eta Kaliforniako Teknologia Institutuko bere kideek izotza zirudien zerbait ikusia zuten jada Merkurio planeta beroaren polo inguruetan; Cornell Unibertsitateko lan-talde batek Arecibo-n radarra erabiliz Ilargiari buruz egindako antzeko saiakuntzak emaitza negatiboak izan zituen.

Baina *Clementine* proiektuan radarrek emandako datuen arabera bazirudien Ilargiaren hego poloan izotza zegoela, eta horrek behin betiko erantzuna eman zezaketen tresnak bidali nahia eragin zuen. Alan Binder eta bere kideek hamar urte baino gehiago eman zituzten Ilargiaren orbitan mugitu zitezkeen kostu txiki eta doitasun handiko ontzia garatzen. Ontzia ikusi ezineko tresnaz horniturik egongo zen, eta horiek Ilargiaren magnetismoa, grabitatea eta gainazaleko egitura kimikoaren berri emango zuten. Bazirudien oraingoan NASAK proiektua onartuko zuela. Binder-en taldeak (ordurako NASAKo jendea zuen, besteak beste Ames eta Lockheed Martin) proposamen bat luzatu zion Discovery pro-

B.S. Smith, J.D. Burke-en marrazkietan oinarrituta



Irudi honetan gainazaletik gertu dagoen hidrogenoa neutroien bidez nola detektatzen den azaltzen da. Ilargira heltzen den izpi kosmikoak (energia handiko partikula itzelak) Ilargiaren gainazaleko atomo-nukleoekin talka egiten du, neutroi-dutxa sortuz. Neutroiak elementu astun baten nukleoa ukitzen badu (silizioa, oxigenoa), bere energia gehiena mantenduz errebote egingo du. Baina hidrogenoaren edo antzekoaren nukleoa arin baten kontra talka egiten badu, honi abiadura emango dio, eta ondorioz berea moteldu egingo da. Espektrometroak, Ilargitik ateratzen diren energia handiko eta txikiko neutroiak detektatuz, energia txikiko neutroi gehiegi edo energia handiko gutxiegi dauden adieraz dezake, gainazaletik gertu, dozenaka zentimetro tara, elementu arinak dauden ala ez argituz.



Irudi honek Ilargiaren gainazaleko erradioaktibitate naturala zein eragina azaltzeko gamma izpiak nola erabiltzen diren azaltzen du. Kasu honetan ere izpi kosmikoak dira lehen eragileak, baina espektrometroak Ilargiaren gainazaletik ateratzen diren gamma izpien (energia handiko argiaren) fluxua eta energia neurtzen ditu. Berez nahiz izpi kosmikoen eraginez erradioaktibo den elementu bakoitzak energia jakineko gamma izpiak emango ditu. Inguru-zarata ezabatzeko behaketa behin eta berriz egin ondoren, gamma izpien espektroak Ilargiaren gainazaleko erregolitoa zein elementuk osatzen duen azalduko du. Horietako bat deuterioa da, zeinak 2,2 elektronvolteko energiako gamma izpia ematen baitu. Deuterioa aurkitzen denean gainazaletik metro batera hidrogenoa dagoela esan nahi du.

Hasiera batean uste zen baino ur gehiago

Zientziaren esparru guztietan ditugu denbora luze eta eztabaida eta gorabehera askoren ondoren egin diren aurkikuntza garrantzitsuen adibideak. J.D. Burke-k hain ondo kontatzen digun Ilargiko uraren aurkikuntzarena aurten ebatzi dela esan genezake. Proiektu sendo bat behar zen urtetan garapen minimoa izan duen Ilargiaren azterketari berrekin eta *Clementine* zundak iradokitako ondorioak baieztatu ala ezeztatzeko. Discovery saileko *Lunar Prospector*-ak lan bi horiek bete ditu.

Aipatu dudan bigarren helburuari dagokionez, Burkeren artikuluak *Lunar Prospector*-aren arduradun-taldeak joan zen martxoan iragarritako lehenengo datuak biltzen ditu. Baina gaurkotasan handiko gaien inguruan datuen ondoz ondoko azterketak agudo azaldu ohi dira, eta kasu honetan ere hala gertatu da. *Lunar Prospector* misioko zientzialariek joan zen irailaren 3an argitara eman zutenenez, Ilargiaren poloetan hasiera batean uste zen baino ur gehiago egon liteke. Denera, ipar nahiz hego poloan dagoena kontuan hartuz, sei mila milioi tona inguru izotz egon liteke, martxoko prentsaurrekoan iragarri zena baino hogeita bat aldiz gehiago. Izotz hori 40 cm-ko geruza (erregolito lehorra) baten azpian egongo litzateke eta iparburuan hegoburuan baino % 15 gehiago egon daitekeela uste da. *Lunar Prospector*-arekin lortutako datuen analisiak ez du argitzen zein den izotzaren jatorria; baina probabilitate handiena duen hipotesia egiazkoa balitz, izotza Ilargira eroritako kometek ekarria izango litzateke eta kasu horretan ur ia purua izango litzateke. Honen guztiaren alde haxe esan daiteke: eman berri diren izotz-kantitatearen zenbatespenak bateragarriak direla kometek Ilargiari egindako izotz-ekarpina eta bertan iraun ahal izan duen izotz-kantitatea kalkulatzeko duten azken ereduak. Izan ere, eredu horiek aurreratu duten kantitatea ustez aurkitu dena baino bat edo bi magnitude handiagoa da.

Beste azken ohar bat baino ez. Izotzaren existentzia ez da azalpen bakarra *Lunar Prospector*-ak igorri dizkigun datuentzat. Dirudienez beste azalpenak gero eta indar gutxiagorekin agertzen dira, baina oraindik inor ez da ausartzen erabat baztertzeko.

Jesus Arregi Bengoa
Fisikaria eta EHUko irakaslea

grama berriko arduradunei, *Lunar Prospector* Discovery saileko hirugarren proiektua bilakatu zelarik. Aurreko biak honakoak izan ziren: Lurretik Gertuko Asteroideen Hitzordua (NEAR), John Hopkins Unibertsitateko Fisika Aplikatutako Laborategiak zuzendua, eta *Mars Pathfinder*, Jet Propulsio Laborategiak antolatua.

Ilunpetan ura "ikus" zuten

1998ko urtarrilaren 6an, Minute-man ICBM teknologia erabiltzen duen fuel solidoko Lockheed Martin Athena II kohete berriak *Lunar Prospector* ontzia (ikus 4. irudia) jaurti zuen Cañaveral lurmuturreko espazio-portu berritik. Ilargiko bidaia biribila izan zen eta, bitarteko zenbait orbita-maniobraren ondoren, ontzia polotik polora doan orbita biribilean jarri zen, 100 kilometro inguruko altueran. *Prospector*-ek honako tresnak zaramatzen: gamma izpiko espektrometroa, neutroi-espektrometroa, bi eratako detektagailu magnetikoak, Ilargiko gas erradioaktiboaren emisioak behatzeko alfa partikulen detektagailua eta Doppler grabitatea neurtzeko irrati-seinaleen emisorea. Neutroi espektro-

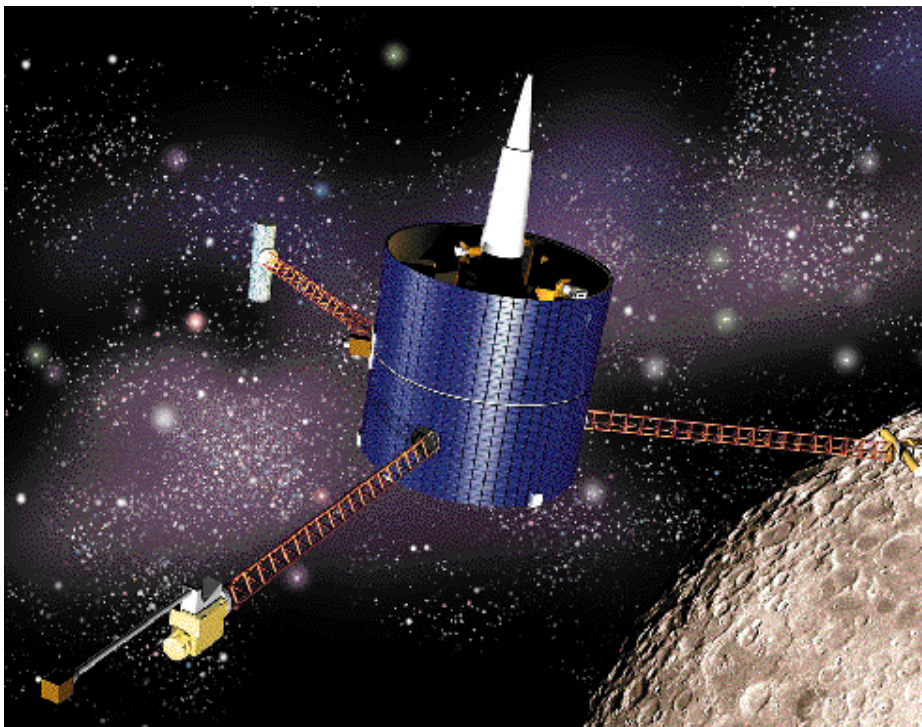
metroak hidrogenoa aurkitzen du; gamma izpiko espektrometroak, berriz, deuterioa. Bi espektrometroak Los Alamos Laborategi Nazionaleko W. Feldman-en zuzendaritzapean egin ziren, eta Ilargiaren gainazaletik metro batera dagoen izotza aurkitzeko gai dira (tresna horiek beste zenbait erabilera dituzte: neutroi-espektroak Ilargiko tenperaturen diagnostikoa egiten du, eta gamma izpien espektroak Ilargiko lur-arroketa-ko zenbait osagai kimikorena).

1998ko otsailean, NASAren babesean egindako prentsaurrekoan, Feldman eta Binder-ek honako jakinarazi zuten: bildutako neutroi-espektroek argi uzten zuten Ilargiko bi poloetan ura zegoela (gamma izpien bidezko behaketen emaitzak biltzen eta aztertzen ari ziren artean, baina bazekiten tresna behar bezala zebilela).

Aste batzuk geroago, Houstongo Ilargi eta Planetei buruzko XXIX. Zientzi Kongresuan, Binder-ek Feldman-ekin batera jasotako emaitzak aurkeztu zizkien entzule zientzialariei. Energia handiko neutroi-jarioan poloko gunetan behar kadak ageri ziren. Horrek talkaren ondorioz eratutako Ilar-

4. irudia. *Lunar Prospector* espazio-ontzia Ilargiaren orbitan poliki biratzen, adar zabalduetan zientzi tresnak dituelarik.

NASA/AMES Research Center





Mike Stovall'ek Eagle Engineering-entzat egina.

Goiko irudia: Irudizko etorkizunean, Ilargiaren ikertzaileak pozez zoraturateke polo batetik gertu dagoen kraterreko lur hotz eta iluna zulatuz izotz-pixka bat aurkituko balute.

Behoko irudia: Ilargiko base batean infragorri kriogeno eta uhin milimetrikoko teleskopioek zeruaren erdi ikuskorra aztertzen dute. Handik gertu, elektrizitate-dorreak Eguzkiak etengabe bidaltzen duen energia biltzen du, elektrizitatea, berokuntza eta tenperatura handia behar duten prozesuetarako beroa emanez. Berez teleskopioak lur azpiko habitatetatik urrutia gokatuko lirateke, beren inguru lasai eta hotza ez asaldatzeko.

giaren gainazalean neutroiek osagai arin baten nukleoarekin kontaktua izan zutela esan nahi zuen, eta osagai hori hidrogenoa izango zen ziurrenik. Zientzialari guztiak ez dute uste hidrogenoak ur izotzuan iraun dezakeenik. *Apolo 17*ko astronauta den Harrison Schmitt geologoak eguzki-haizeak utzitako hidrogenoa izan daitekeela uste du, eta Ilargiko poloetako giro bitxia dela eta, portzentaia txikia kontzentratu dela.

Ilargian ur-izotza dagoela erabat baieztatzeko gainazaleko ibilgailu baten tresnek lortutako zuzeneko laginak lortu beharko dira lehenbizi (orain dela gutxi atzera bota den Europako Espazio Agentziaren misio-proposamen batek, *Eurommon* izena izango zuenak, horixe zuen helburu), eta Ilargiko izotzaren auzia espazioko politika errealaren eremuan sartuko da orduan. Baldin izotza behar adina eta prezio egokian lor badaiteke, giza-

kiak aurrerantzean Lurretik kanpo bizitzeko ahaleginak erabat aldatuko dira. Ilargiko ura baliabide ordainezintzat hartu beharko da, naturaren altxorrak gizakioi bizimodu ona eskaintzen jarrai diezagun (Lurrean nahiz Ilargian) eta kontu handiz erabili eta birziklatu beharko dugu.



* *The Planetary Report*-eko Editore Teknikoa.

A

STRONOMIA

Ez zen giro 1958ko urriaren batean. Gerra hotza munduko bi potentzia handien artean: Ameriketako Estatu Batuen eta Sobietar Errepublikaren artean. Edozein alor biek ordezkatzeko zuten sistema politiko-ekonomikoen lehiarako eremu zen eta, jakina, baita espazioaren esplorazioa ere.

Inaki Irazabalbeitia*

NASA

NASA



Egun horretan bertan sortu zen NASA (National Space and Aeronautics Administration). Ez zen ezerezetik sortu, orduarte espazioaren arazoetan haren aitzindari zen NACA (National Advisory Committee for Aeronautics) irentsi zuen; haren 8.000 langile, 100 milioi dolarreko aurrekontua eta hiru ikerketa-laborategi nagusiak barne. Honi beste laborategi eta erakunde batzuk erantsi zitzaizkion: Naval Research Laboratory, Jet Propulsion Laboratory eta Army Ballistic Missile Agency izenekoak. Azken honetan Wernher von Braun eta bere laguntzaileak ari ziren lanean kohete handien diseinuan.

Wernher von Braun alemaniarra zen jatorriz. Bigarren Mundu Gerran Peemündeko basean izan zen lanean V-1 eta V-2 koheteak diseinatzen. Gerra bukatu zenean, EEBBek zein SESBk Peemündeko zientzialari eta injineruak fitxatu zituzten beren kohete-propulsiozko sistemak martxan jartzeko eta horien artean von Braun egon zen, gero, *Apollo* programaren garapenean berebiziko pisua izan zuena.

Ez zen giro EEBBetan, sobietarrak nagusi baitziren espazioaren esplorazioan. Urte bete lehenago, 1957ko urriaren 4an, *Sputnik1* satelitea jaurtia zuten eta gertara hark guztiz joko kanpo harraipatu zituen EEBBak. Pearl Har-

bour moduko bat izan zen. Garai hartako fisikari ezagun bati ilargira iritsiz gero bertan zer espero zuten aurkitzea galdetu ziotenean, 'sobietarrak' erantzun zuen. Etsipena zen nagusi eta etsipen horri aurre egiteko sortu zen NASA.

EEBBetako makina ekonomikoa, teknologikoa eta zientifikoa ziztu bizian jarri zen martxan. Horrela, baliabide guztiak prest izan zituen NASAK bere lana garatzeko, baita erronka zehatzak ere: 1960ko hamarkadaren bukaera baino lehen gizakia ilargian jartzea.

Hasieran, sobietarrak lortutako abantailari eusteko gai izan ziren: lehen izaki biziduna espazioan, lehen gizakia espazioan eta lehen espazio-ibilaldia, esaterako. Ala-



k 40 urte

baina, erronka nagusian huts egin zuen. Izan ere, *Apolo XI*aren bidez EEBBk iritsi ziren lehenak Ilargira 1969an.

Arrakastak, nolabait, NASA irentsi zuen. Askoren ustez, Ilargira iristearekin NASAk bere egin-beharra betea zeukan, sobietarrek garaitzea, eta, orduz gero, etengabeko borrokan ari da NASA baliabide egokiak eskuratzeko. Datu bat nahikoa izan daiteke: 1991an 14.000 milioi dolarreko aurrekontua zuen eta 1998an 13.500 milioi dolarrekoa du.

Ilargira iristeak ere lehiakide bakoitzak bere bidea hartzea ekarri zuen. Sobietarrek, gizakia ilargiratzeko lehia galduta, iraupen luze-ko misioak egiteari eta espazio-estazioak garatzeari ekin zioten bereziki. NASAk, bestetik, laster ahaztu zuen Ilargia, 1972an ilargiratu baitzen atzen *Apolo* ontzia, 17. zenbakia zuena. Bi bide nagusi hartu zituen NASAREN jardunbideak: batetik, misio robotikoen bidez Eguzki-sistema esploratzea eta, bestetik, behin baino gehiagotan erabiltzeko ontzien diseinua.

Lehen bidearen kume ditugu *Pioneer* edo *Voyager* zundak, kanpo-planeta erraldoiak esploratuz gure planeta-sistemaren ikuspegia zeharo aldatu digutenak. *Columbia* eta bere klaseko transbordadore espazialak behin eta berriz erabiltzeko diseinatutako ontziak dira. Ez dira gertatu uste bezain merke eta eraginkorrak, *Challenger*-en istripuak eragindako segurtasunaren mamua alde batera utzita ere, eta NASAk alor honetan eginda-

ko aukera estrategikoa jaurtitzailer aruntan alorrean ordaindu du. Izan ere, egun, ESA (Europako Espazio Agentzia) eta Errusia nagusi dira jaurtigailu edo kohete arruntetan fidagarritasunean zein espazioan jar dezaketen masa-kantitatean.

1990eko hamarkadak filosofia berria ekarri du espazioaren esplorazioan. Gerra hotza bukatu, lehia amaitu da eta, egun, nazioarteko lankidetzaren aroa da, Nazioarteko Espazio Estazioa leku. Bestetik, kostuak merketu eta misioen eraginkortasuna emendatzeko asmoz, beste filosofia bat aplikatzen ari da NASA egun: txikia, merkea eta eraginkorra. Helburu zehatzagoak aukeratuz eta teknologiaren aurrerakada profitatuz, misioen kostuak asko murriztea lortzen ari da NASA, lortzen dituen datu zientifikoen kalitatean galera nabarmenik izan gabe. Horren adibide paradigmaticoa, *Mars Pathfinder* (Marteren Esploratzailea) misioa izan da.

Dena den, ez ditu garai errazak NASAK, espazioaren esplorazioak ez baitu garai bateko lehentasunik eta erakargarritasunik. Beraz, NASAk etengabeko borrokan aritu behar du giza zein dirubaliabide egokiak lortzeko eta horrela azal daiteke NASAK azken aldi jorratzen ari den komunikazio-politika erasotzailea, azken *Discovery*yn John Glenn espazioratzea, esaterako.

* Elhuyar

Nasaren kronologia Misio garrantzitsuenak

Urtea	Izena	Misioa edo gertaera
1958	<i>Explorer 1</i>	Lurra orbitatzea
1959	<i>Pioneer 3</i>	Ilargi ondotik pasatzea
1961	<i>Merkurio 7</i>	Alan B. Shepard-en hegaldi orbitala
1962	<i>Friendship 7</i>	John Glenn-en hegaldi orbitala
1962	<i>Mariner 2</i>	Artizar ondotik pasatzea
1964	<i>Ranger 6</i>	Ilargiaren gertuko argazkiak egitea
1964	<i>Mariner 4</i>	Marte ondotik pasatzea
1966	<i>Surveyor 1</i>	Ilargiratzea
1969	<i>Apolo XI.a</i>	Lehen gizakia Ilargian
1971	<i>Mariner 9</i>	Marte orbitatzea
1972	<i>Pioneer 10</i>	Jupiter ondotik pasatzea
1972	<i>Apolo 17</i>	Gizakiaren azken ilargiratzea
1973	<i>Skylab</i>	Espazio-estazioa
1973	<i>Pioneer 11</i>	Jupiter eta Saturno ondotik pasatzea
1975	<i>Viking 1 eta 2</i>	Marten lurreratzea
1975	<i>Apolo Soizuz</i>	Lehen nazioarteko misioa
1977	<i>Voyager 1</i>	Jupiter, Saturno, Urano eta Neptuno ondotik pasatzea
1977	<i>Voyager 2</i>	Jupiter eta Saturno ondotik pasatzea
1981	<i>Columbia</i>	Lehen transbordadore espaziala
1986	<i>Challenger</i>	Transbordadorearen leherketa
1989	<i>Galileo</i>	Jupiter orbitatzea eta zunda atmosferan sartzea
1990	<i>Discovery (STS-31)</i>	Hubble espazio-teleskopioa
1994	<i>Discovery (STS-60)</i>	Lehen kosmonauta erusiarra ontzi estatubatuar batean
1996	<i>Mars Explorer</i>	Marten lurreratzea eta ibilgailu automatiko bat askatzea
1997	<i>Cassini</i>	Saturno orbitatzea

