

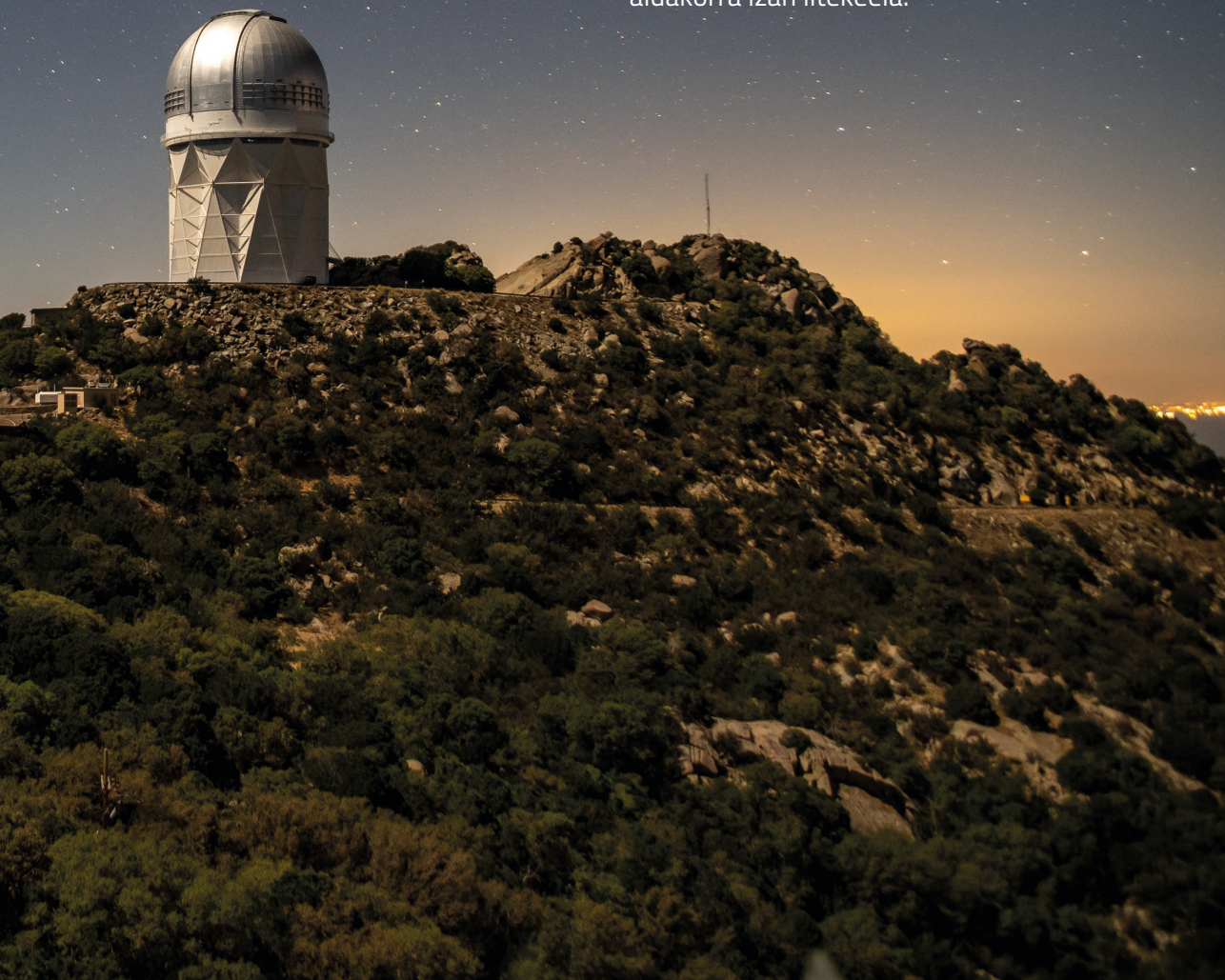


Arizonan, Kitt Peak Behatoki Nazionalean dago
DESI, Energia Ilunaren Espektroskopia Tresna.
ARG.: Marilyn Sargent/Lawrence Berkeley
National Laboratory.

Energia iluna argitzeko leiho bat

Egoitz Etxebeste Aduriz · Elhuyar Zientzia

Eredu onartuenaren arabera, unibertsoaren bi heren osatzen ditu; baina ez dakigu zer den. Energia iluna deitzen diogu. Eta energia hori zer den edo nolakoa den argitzeko, esperimentu handiak daude martxan. Haietako baten lehen emaitzak eman zituzten udaberrian, eta haien interpretazioak hautsak harrotu ditu, iradoki baitute ustez konstantea behar zuena aldakorra izan litekeela.



Violeta González Pérez
 Madrilgo Unibertsitate
 Autonomoko fisikari teorikoa;
 DESI lankidetzan parte hartzen du



Ruth Lazkoz Saez
 EHUko Fisika Teorikoa eta
 Zientziaren Historia saileko
 irakasle eta ikertzailea



“Oraingoz, oro har, datuak bat datoz orain arteko unibertsoaren eredu onenarekin; baina badira diferentzia interesgarri batzuk ere, iradokitzen dutenak energia iluna aldakorra izan litekeela, eboluzionatu egiten duela”. Horrela aurkeztu zituen DESI lankidetzako zuzendari Michael Levik, joan den apirilean, esperimentu horren [lehen emaitzak](#).

Interpretazio horrek kosmologoen artean hautsak harrotu baditu ere, inork ez du zalantzan jartzen DESI k lortutako emaitzen balioa. Kosmosa ikertzeko egin den esperimentu handiena da. Eta aurrekaririk gabeko unibertsoaren kartografia bat aurkeztu dute: sei milioi galaxiaren eta 450.000 quasarren hiru dimentsioko mapa, hamaika mila milioi urtetan materiaren banaketa nolakoa izan den erakusten duena. Hori guztia energia iluna zer den ulertzen saiatzeko; horretarako diseinatu baitzuten DESI, Energia Ilunaren Espektroskopia Tresna ([Dark Energy Spectroscopic Instrument](#)).

“Daukagun unibertsoaren eredurik onenean, unibertsoaren % 95ez ez dakigu ezertxo ere”, dio Violeta González Pérezek. Madrilgo Unibertsitate Autonomoko fisikari teorikoa da González, eta DESIn lankidetzan parte hartzen ari diren 900 zientzialarietako bat. “Alegia, unibertsoa materia eta energia guztia kontuan hartuta, % 95 ulertzen ez dugun zati ilun bati dagokio. Horregatik da garrantzitsua kosmologia. Gizaki gisa, ulertzeko beharra dugu unibertsoa zerez egin dagoen”.

Izan ere, materia arrunta, ikusi dezakeguna, eza gutzen duguna, unibertsoa materia eta energia osoaren % 5 baino ez da. Gainerako guztia materia iluna (% 27) eta energia iluna da (% 68). Materia

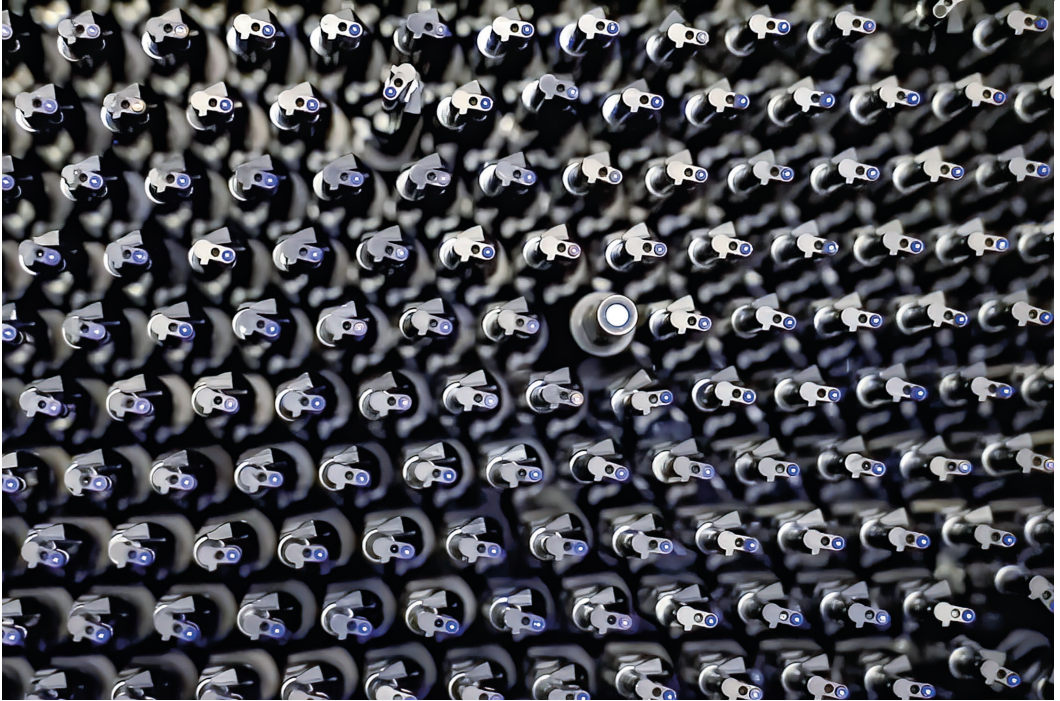
ilunak izarrak eta galaxiak elkartuta atxikitzen ditu, eta energia ilunak, berriz, unibertsoaren hedapena gero eta azkarragoa izatea eragiten du.

Unibertsoaren zati ilun hori guztia ezin dugu ikusi; ez, behintzat, zuzenean. “Galaxiak, gasa eta abar mugitzen diren moduak esaten digu hor materia eta energia iluna daudela”, azaldu du Gonzálezek. “Hori, edo, bestela, ez dugu grabitate ongi ulertzen”.

“Daukagun unibertsoaren eredurik onenean, unibertsoaren % 95ez ez dakigu ezertxo ere”

Ikus dezakegunaren mugimenduan eta bilakaeran eragiten duenez, argia erabil daiteke iluna ulertzen saiatzeko. Eta horixe ari da egiten DESI: galaxietatik eta quasartetatik datorren argia jasota, haiek zerruan duten posizioa eta zein distantziatara dauden zehaztuz, hiru dimentsioko mapak osatzen ari da. Eta mapa horien bidez aztertu ahal izango da unibertsoaren hedapena nolakoa izan den denboran zehar.

Izan ere, mapa kosmikoak denboraren makinak ere badira. Iragana erakusten digute. Gertuen ikusten ditugun objektuak denboran ere gertuen daudenak dira, argiak denbora gutxiago behar izan baitu gu gauden lekura iristeko. Ilargia ikusten dugu 1,3 segundo lehenago zen moduan; Eguzkia 8 minutu lehenago zen moduan; izar distiratsuenak duela hamarkada edo mende batzuk ziren moduan; eta,



DESIn plano fokalean 5.000 posizionagailu robotiko daude; horietako bakoitzak zuntz optiko bat du, galaxien argia jaso eta aztertzeko. ARG.: DESI lankidetzak.

galaxiak, duela milioika urte bezala. DESI duela 11.000 milioi urteko unibertsoa ikustera iristen da. Bada zer bait, unibertsoak 13.800 milioi urte inguru dituela kalkulatzen baita.

5.000 robot txiki

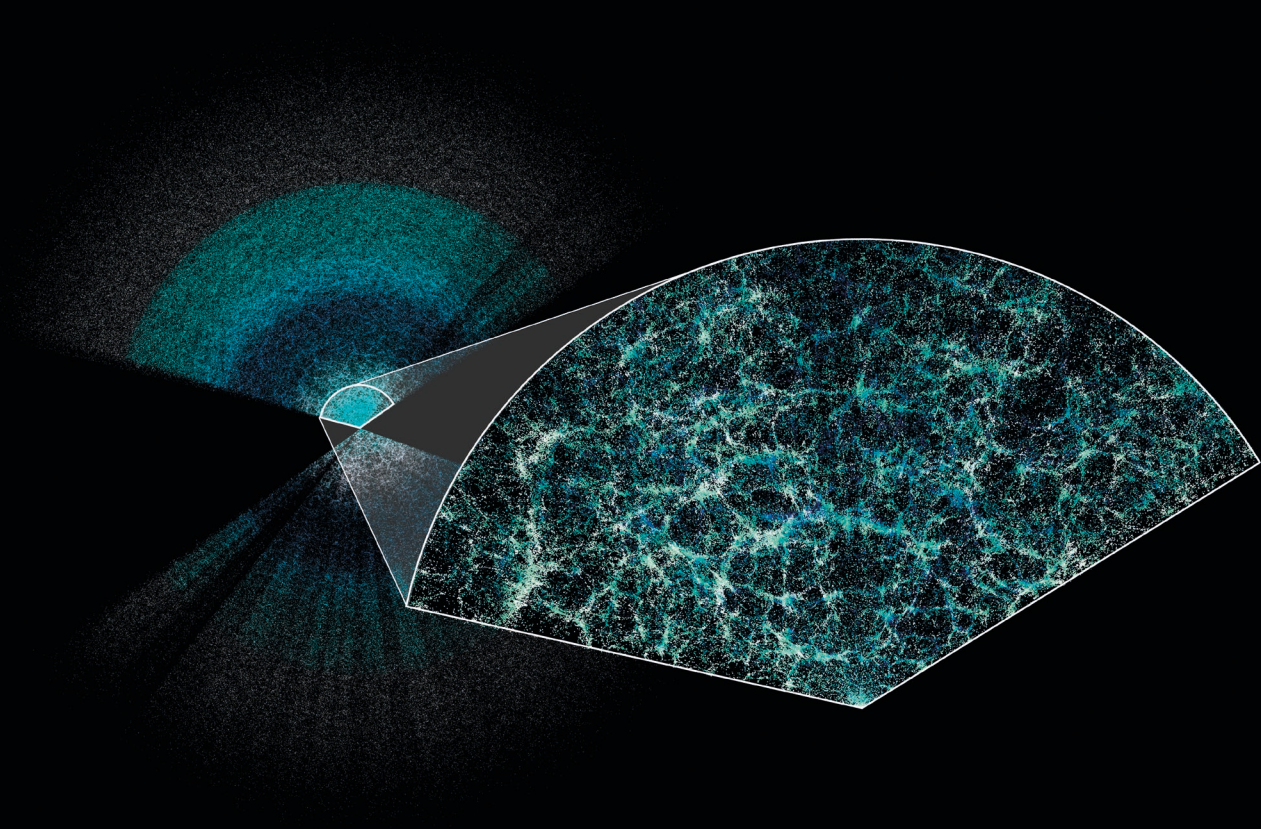
“DESI baino lehen, [SDSS](#)ren (Sloan Digital Sky Survey) mapak ziren onenak”, dio Gonzálezek. “Behaketa bakoitzerako aluminiozko plaka handi bat behar zen, gutxi gorabehera mila zulotxorekin. Eta, gauero, behaketa bakoitzerako, mila zulo horietan norbaitek zuntzak jarri behar zituen eskuz”. Zuntz horietako bakoitzak galaxia edo objektu batetik datorren argia espektrografo batera eramaten du. Izan ere, distantzia jakiteko, gugandik ze abiaduratan ari den urruntzen neurtzen da. Eta hori espektrometria oso zehatz baten bidez egiten da, objektuaren igorpen-lerroen [gorriranzko lerrakuntza](#) neurtuta.

DESIn 5.000 robot txiki ditu zuntzak automatikoki posizionatzeko. Behaketa bakoitzean 5.000 objektu behatu ditzake, eta, haien distantziak ongi zehaztutakoan, hurrengo behaketa egitera pasa daiteke.

“Behatzen ari garen objektuaren arabera aldatzen da, baina igorpen-lerroak dituzten galaxien kasuan, adibidez, hamar bat minutu nahikoa ditu distantzia zehaztasun handiz neurtzeko”, azaldu du Gonzálezek. SDSSk 20 urtean bi milioi objektu kartografiatu ditu; DESIk, berriz, lehenengo urtean sei milioi egin ditu. “Sekulako jauzia da, datuei dagokionez”, azpimarratu du Gonzálezek.

Proiektuaren helburua da bost urtean 37 milioi galaxia eta 3 milioi quasar kartografiatzea. “Behaketen hirugarren urtea bete berri dugu, eta, gutxi gorabehera, helburuaren % 60 kartografiatua dago, dio Gonzálezek. “Iragarritakoa baino zertxobait azkarrago goaz”.

Apirilean eman zituzten emaitzak lehen urteko behaketei dagozkie. “Datuak nahiko ongi doitzen dira gaur egun gehien onartzen den eredura”, dio Gonzálezek, DESIko zuzendariak bezala. “Baina ikusi dugu energia ilunaren dentsitatea konstante mantendu beharrean denboran zehar aldatzen uzten badiogu datuak hobetoxeago doitzen direla. Emaitza oso interesgarria da, baina zuhurtasun



DESik lehenengo urtean behatu dituen galaxien mapa. Erdian Lurra dago. Handitutako zatian ikusi daiteke materia arrunta unibertsoan nola banatzen den: galaxiak egitura harikarak osatuz pilatzen dira, eta tartean askoz objektu gutxiagoko hutsuneak daude. ARG.: Claire Lamman/DESI lankidetzeta/cmastro.

handiz hartu behar da, hobekuntza hori ez baita hain handia ere”.

“Uste dut hiru urteko datuak aztertu arte itxaron beharko genukeela”, gaineratu du Gonzálezek. “Eta hiru urteko datuekin gauza bera ikusten jarraitzen badugu, orduan bai hasi beharko dugu pentsatzen energia ilunen beste eredu batzuetan; kintesentziako eruedetan edo eredu exotikoagoetan”.

Oraingoz, unibertsoaren erreferentziatzko eredu Lambda-CDM da, non Lambda energia iluna den eta CDM (*Cold Dark Matter*) materia iluna. Materiak (ilunak zein arruntak) grabitate-indarraren eraginez, unibertsoaren hedapenaren aurkako indarra egiten du. Eta horren ondorioz Big Bangean hasitako hedapena moteltzen joango litzateke, pixkanaka. Horixe uste zen, 1998an, bi astronomo-taldek aurkitu zuten arte unibertsoaren hedapena, moteldu beharrean, azkartzen ari zela. Ondorioztatu zuten energia iluna dela unibertsoaren hedapena azkartzea eragiten ari dena. Orduan, energia ilunak

Einsteinen ekuazioetako lambda konstante kosmologikoaren lekua hartu zuen.

Interpretazio askotan, espazio hutsari lotutako energiatzat hartzen da. Unibertsoa hedatzen den heinean, espazio gehiago sortzen da, eta horrek, aldi berean, energia ilun gehiago sortzen du. Hala, energia ilunaren dentsitatea konstante mantenduko litzateke.

Konstantea ala aldakorra

“Energia ilunaren propietateak konstanteak direla onartzen badugu, eredu nahiko samurra da”, dio Gonzálezek. “Baina, eboluzionatu egiten duela esaten badugu, orduan aukera asko irekitzen dira. Eta badira makina bat eredu energia iluna denborarekin nola alda litekeen azaltzen dutenak. Adibidez, azkenaldian atentzioa gehien eman didanetako bat da litekeena dela energia iluna zulo beltzen barruan egotea, eta zulo beltzen bilakaera galaxien bilakarearen arabera eta, beraz, unibertsoaren bilakae-

raren araberakoa denez, horrek azaldu lezakeela energia ilunak ere denboran bilakaera bat izatea”.

“Beste aukera bat da grabitatea ez dugula ongi ulertzen”, dio Gonzálezek. Alegia, Einsteinen ekuazioak ez direla zuzenak. “Badira grabitatea aldatzen duten ereduak. Baina arazoa da eguzki-sistema oso oso ongi ikertua eta neurtua daukagula, eta grabitatearen edozein aldaketa egiten duen eredu batek eguzki-sistemarako daukagun zehaztasun-maila hori gainditu beharko lukeela. Eta hori oso zaila da”.

“DESI baino lehen ere, beste datu eta behaketa batzuekin, hainbat ikertzailek argitaratu izan ditugu energia iluna ebolutiboa dela aurrez aurre ereduak”, azaldu du Ruth Lazkoz Saez EHUko Fisika Teorikoa eta Zientziaren Historia saileko irakasle eta ikertzaileak. Haren taldeak energia eta materia iluna bateratzen zituen [eredu berri bat aurkeztu zuen 2013an](#), adibidez; eta eredu horretan ere energia iluna dinamikoa zela proposatu zuten. Eta berriki egin duten [lan batean](#) ere halaxe proposatu dute. “Ez da hain arraroa energia iluna ebolutiboa izatea —dio Lazkozek—; lan asko daude hori horrela izan litekeela erakusten dutenak”.

Lazkozen ustez DESIren emaitzen zati garrantzitsuena datuena da: “Datuen fisika eta datuen astrofisika”. Alde kosmologikoarekin, berriz, zalantza gehiago ditu. “DESIko taldeak interpretazio bat egin du, baina zehaztugabetasuna nahiko handia da, eta hor dago gakoa. Datuetatik datorren zehaztugabetasun horren barruan nola ondorioztatzen den energia iluna aldakorra dela edo hori zehaztugabetasun horren ondorio bat den; hori ez dago batere argi”.

“Froga gehiago eta osagarriak beharko dira hau egia den ala ez jakiteko”, gaineratu du Lazkozek. “Horrelako emaitza edo ondorio iraultzaile bat ongi frogatu beharra dago, eta hainbat alderditatik sendotu behar da, hainbat emaitza desberdinekin. Azken finean, fisika eta zientzia horixe da: emaitzak eta ondorioak errepikatu ahal izatea”.

“Arazoa da fisikoki Lambda-CDM baino hobea den eredu bat aurkeztea oso zaila dela”, dio Lazkozek. “Zintzoak izanda, nire ustez, gainerako eredu gehienek oinarri matematikoa baino ez dute; oinarri fisikoa falta zaie”.

“Konstantea izan edo ez, oso desberdina izan liteke unibertsoaren etorkizuna”

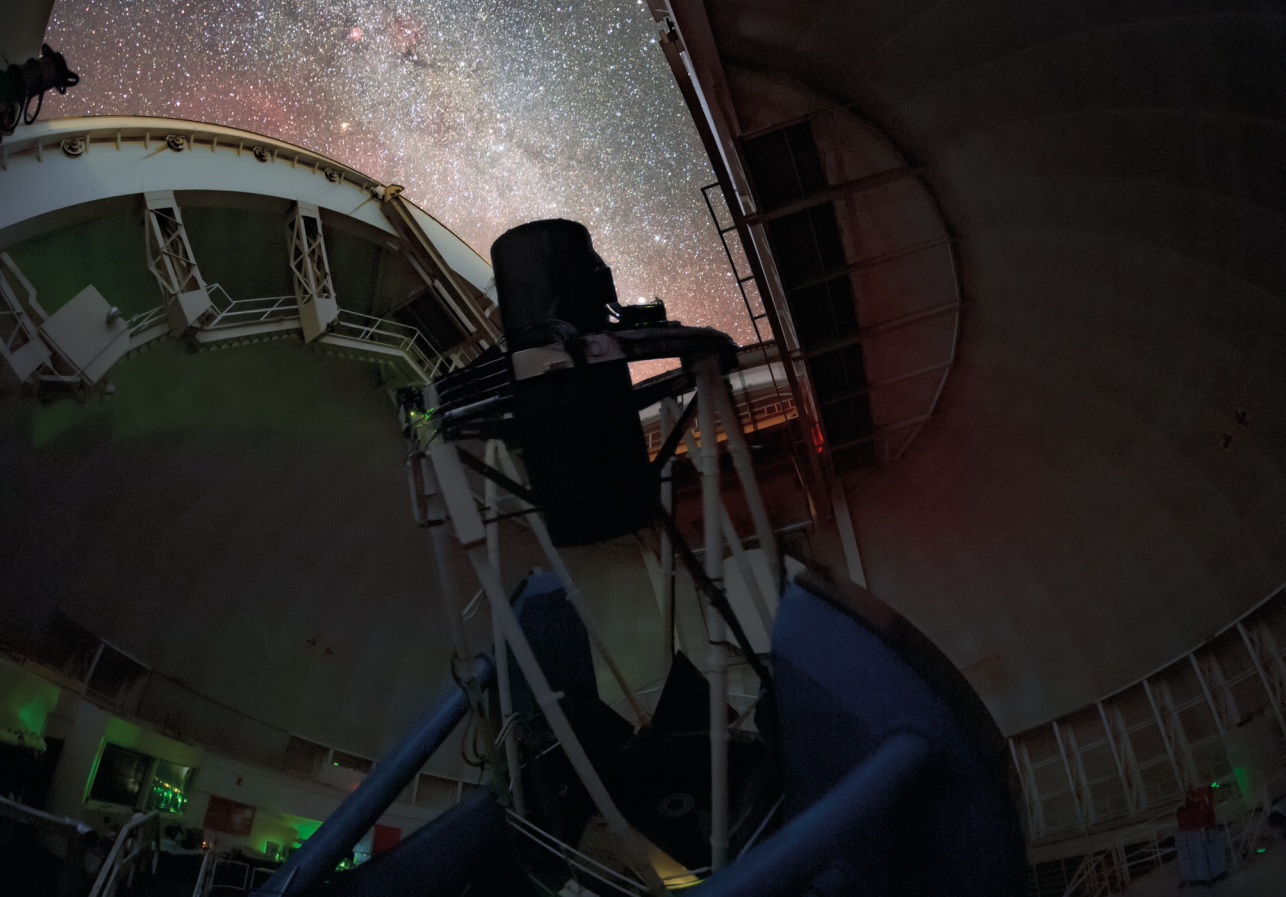
Etorkizuna, ezezaguna

“Kontua da ez dakigula energia iluna zer den”, dio, garbi, Gonzálezek. “Eta ez badakigu zer den, ez dakigu konstantea den edo ez”.

Eta konstantea izan edo ez, oso desberdina izan liteke unibertsoaren etorkizuna.

Konstantea bada, unibertsoak hedatzen jarraituko luke, eta pixkanaka dena banandu eta desegin egingo litzateke: galaxiak, izarrak, planetak, eta, azkeneko, baita atomoak ere. *Big Rip* edo Urratze Handia esaten zaio horri.

Aitzitik, DESIren datuetatik interpreta litekeen gisara, energia iluna diluitzen ariko balitz, hedapena



DESI (Mayall teleskopioan), unibertsoa behatzen. ARG.: KPNO/NOIRLab/NSF/AURA/T.Slovinský.

gelditzen joango litzateke, eta grabitatearen eraginez dena inplosio edo *Big Crunch* batean bukatuko litzateke. Horixe zen teoria nagusia energia iluna agertu aurretik.

“Unibertsoaren hedapena azkartzen duen grabitatearen aurkako presio horri deitzen diogu energia iluna”

Emaitza gehiago etorriko dira; DESIrenak, eta beste esperimendu batzuenak, hala nola Euclid, Vera Rubin, Nancy Roman eta 4MOST. Eta guztien artean, ehunka milioi objektu nola urruntzen ari diren jakin ahal izango dugu. Akaso orduan jakingo dugu hobeto zer den energia ilun misterioitsu hori.

Izan ere, gaur gaurkoz, zer dakigu energia ilunari buruz? “Benetan dakiguna? Bada, unibertsoaren

osagai nagusia dela eta azelerazioa sortzen duela”, erantzun du Lazkozek. “Hori nahiko frogatuta dago. Hori ez da eztabaidatzen”. Eta antzera erantzun du Gonzálezek ere: “Unibertsoaren hedapena azkartzen duen grabitatearen aurkako presio horri deitzen diogu energia iluna. Presio hori ez balego, unibertsoaren hedapena moteltzen joango litzateke, gelditu arte. Segurtasunez, hori baino ez dakigu”.

Alegia, unibertsoaren bi herenak osatzen dituen horri buruz oso gutxi dakigula oraindik. Eta zientziaren misteriorik handienetako bat izaten jarraitzen duela. “Bai, materia ilunarekin batera —dio Lazkozek—; bi horiek dira, oraindik, kosmologiaren misteriorik handienak”. ●