

MATEMATIKA

garuna ezagutzeko tresna

ANA GALARRAGA AIESTARAN
Elhuyar Zientzia

“**N**ire garunaren funtzionamenduaren emaitza naiz”; hala dio Pedro Larrañaga matematikariak. Garuna ezagutzeko xedea duten bi egitasmotan dabil lanean, eta, haren arabera, azken urteotan aldatu egin da gure burua ikusteko modua: “Bioinformatikaren hastapenetan, gure geneen emaitza ginela uste genuen. Orain, ordea, bere konektoma dela aldarrikatzen du Sebastian Seung Princeton Unibertsitateko ikertzaileak (“*I am my connectome*” da bere TED hitzaldiaren izenburua). Nik, berriz, garunaren funtzionamenduaren emaitza garelako esango nuke”.

Larrañagarentzat, gorputzeko organo “misterio-tsuen eta konplexuena” da garuna: “1,3 kg in-

guru pisatzen ditu, eta 85.000 milioi neurona ditu, eta mila bilioi konexio daude beraien artean”. Haren ustez, konplexutasun horren funtzionamenduak definitzen gaitu.

Ez du ukatzen geneek ere egiten gaituztela, “baina baita bizi ditugun esperientziek”. Munduaren ikuspegi bayesiarrekin lotzen du: “Estatistikan bi ikuspegi daude; bati deitzen zaio frekuentista eta bestea da bayesiarra. Eta gaur egun gailentzen ari da garuna makina bayesiarizat hartzeko ikuspegia. Izan ere, estatistikan, ikuspegi bayesiarra izateak esan nahi du, arazo bat duzuenean, ez zarela hutsetik abiatzen, baizik eta aurrekari batzuk dituzula beti. Hau da,

a priori baduzu ezagutza bat, eta jasotako datuekin, bizitako esperientziekin, ezagutza hori aldatu daiteke. Orduan, *a priori* haiek bihurtzen dira *a posteriori*”.

Ziklo hori etengabe bizi dugula dio Larrañagak. Beste arazo baten aurrean, *a posteriori* horiek *a priori* dira, eta horiek ere alda daitezke, ebidentzien edo esperientziaren ondorioz. “Eta horrek zerikusia du gure buruaz dugun ikuspegiarekin. Guk hasieran badugu informazio genetiko bat, baina heziketaren eta bizi-esperientzien eraginez, horren emaitza moldatu egiten da”.

Ikuspegi horrekin lan egiten du, beraz, Larrañagak, garuna aztertzeke parte hartzen duen bi proiektuetan. Cajal Blue Brain da bata, Madrilgo Unibertsitate Politeknikoaren eta CSICen Cajal Institutuaren artekoa, eta Human Brain Project bestea, Europa mailakoa.

IZENA DUEN GUZTIA OMEN DA

Cajal Blue Brain proiektuaren zuzendaria CSICeko Cajal Institutuaren ikertzaile Javier de Felipe da, eta Larrañaga, modulu baten arduraduna. Hamar urteko proiektua da, eta dagoeneko erdialdean daude. Oinarritzko zientzia egiten dute; alegia, ez dute aplikazio zuzenik bilatzen, ezagutzea baizik. “Neuroanatomia egiten dugu eta garunaren azalaren, kortexaren, zutabeak aztertzen ditugu”, azaldu du Larrañagak.

Neuronen elementu guztiei buruzko informazioa jasotzen eta aztertzen dute. Zehaztu duenez, gaur ezin dute lortu informazio hori

modu masiboan. “Estatubatuarren aldean, bes-telako lana egiten dugu guk. Haiek neuroteknologia garatu nahi dute; azken finean, datuak masiboki jasotzea ahalbidetuko duten tresna teknologikoak lortu nahi dituzte. Elektrofisiologian interes handia dute, hau da ikusi nahi dute, neurona jakin bat aktibatzen denean, zer probabilitatearekin aktibatzen diren inguruko neuronak. Adibidez, Allen Institutua horretan dabil”.

Cajal Blue Brainen, ordea, beste bide batetik jo dute. Hain zuzen, neuronen sailkapen automatikoa egitea dute helburu, neurri morfologikoak erabiliz, eta dagoeneko argitaratu dituzte horri buruzko zenbait artikulua; esaterako, iaz analisi bat plazaratu zuten *Nature Reviews Neuroscience* aldizkarian, *New insights into the classification and nomenclature of cortical GABAergic interneurons* izenburuarekin.

Larrañagak gogoratu duenez, euskal esaera bategi egoki islatzen du horren atzean dagoen ideia: “Izena duen guztia omen da”. Rafael Yuste neurobiologo ospetsuak ere erabili izan omen du esaera hori bere artikuluetan eta hitzaldietan, “eta hori da guk egin nahi duguna, neuronei izena jarri”.

SAILKAPENAK, DISEINUAK ETA AURREIKUSPENAK

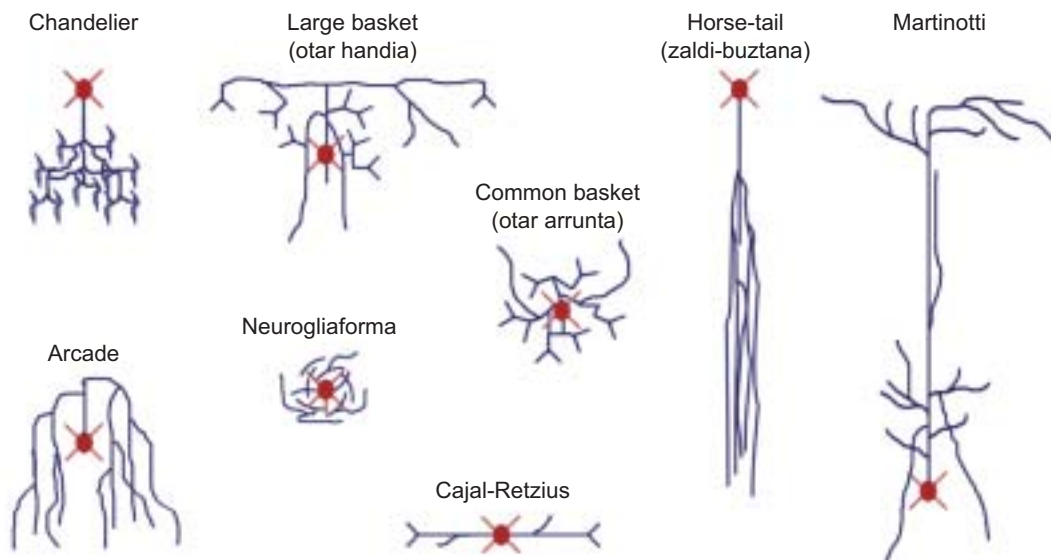
Hain zuzen, bi eratako neuronak daude, piramidalak eta interneuronak. Piramidalak elkarren artean antzekoak dira; interneuronak, berriz, era askotakoak dira, itxura-aldetik. “Horregatik,



Pedro Larrañaga

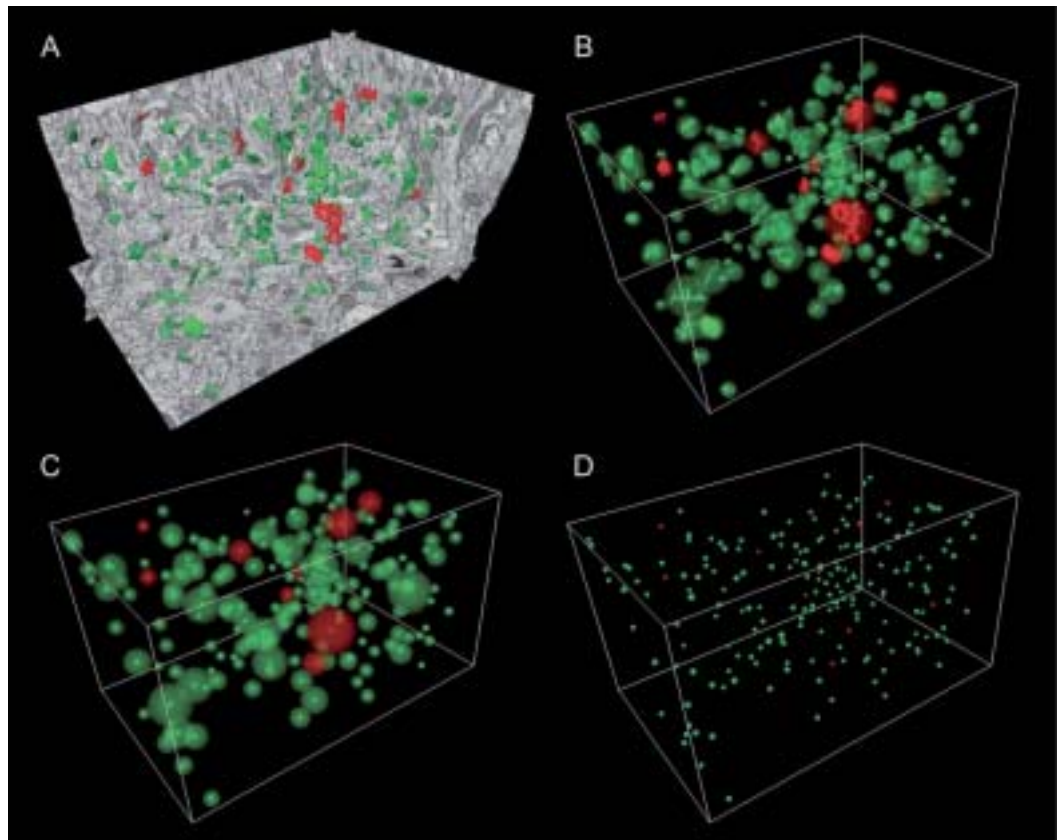
Matematikaria da, Informatika-zientzietako eta Adimen Artifizialeko irakaslea da Madrilgo Unibertsitate Politeknikoan. Computational Intelligence Group-eko zuzendaria ere bada han. ARG.: PEDRO LARRAÑAGA.

“Garunaren funtzionamenduaren emaitza garela uste du Pedro Larrañagak”



Interneurona-motak. ARG.: NATURE REVIEW NEUROSCIENCE.

Sinapsien kokapena,
hiru dimentsiotan.
ARG.: CEREBRAL CORTEX.



ez da erraza denok izen berdina erabiltzea, denok ez ditugulako berdin sailkatzen”. Alde horretatik, iaz argitaratutako analisisia oso interesgarri eta baliagarritzat jotzen du. “Guk clusterrak sortu ditugu; hau da, antzeko ezaugarriak dituztenak elkarrekin jarri ditugu, talde berean, eta beste ezaugarri batzuk dituztenak, beste talde batean, eta, horrela, sailkatzeko sistema bat eratu dugu”.

Neuronak sailkatzeaz gain, galdera bati ere erantzun nahi diote Cajal Blue Brain proiektuan: garunak ba ote du diseinu optimorik? “Biologoek esaten dutenez, garuna arau batzuen arabera dago diseinatuta, eta arau horietako bat da zuhaitz dendritikoen luzera minimoa duela. Gu saiatu gara hori frogatzen, adimen artifizialeko teknikak erabilia, eta, gure ikerketen arabera, ez da guztiz optimoa. Izan ere, gure garunak baino emaitza hobea lortu dugu makina batekin. Hortaz, badugu hobetzeko tarte”, esan du Larrañagak, erdi txantxetan.

Bestalde, sinapsiak zoriz edo eredu jakin baten arabera antolatzen ote diren ere aztertu dute, eta ikusi dute sinapsien kokapena ez direla erabat ausazkoa, haien kokapenaren atzean badagoela eredu matematiko bat. Gainera, arantza dendritiko-motak ere sailkatzen saiatu dira.

“Interneuronen clusterrekin egin dugunaren parekoa egin dugu arantza dendritikoekin. 8.000 arantza baino gehiago ikertu ditugu; bakoitzaren iruditik 50 aldagai edo parametro jaso ditugu, eta, gero, sailkapen automatikoa egin dugu. Bada, orain arte hiru mota bereizi izan diren arren, eredu matematikoak erabilia zazpi mota bereizi ditugu”.

“Neuronak sailkatzeaz gain, galdera bati ere erantzun nahi diote Cajal Blue Brain proiektuan: garunak ba ote du diseinu optimorik?”

Lan hori laster argitaratuko dutela aurreratu du Larrañagak. Horrekin batera, ohartarazi du bi pertsonen neuronak baino ez dituztela aztertu, bat 40 urtekoa eta bestea 85ekoa, eta, beraz, emaitza sendoagoak izateko, pertsona gehiagorekin egin behar dutela ikerketa bera. Hala ere, ikertzaileek ikusi dute arantzen banaketa ez

dela berdina bi pertsona horietan, eta uste dute adinak zerikusia izan dezakeela horretan.

Azkenik, neuroinformatika iragarlean ere iker-tzen dute Cajal Blue Brain proiektuan. Larraña-garen esanean, asmoa da ikustea ea gai diren neurona baten portaera elektrofisiologikoa iragartzeko, duen itxuran eta ezaugarri genetikoa-tan oinarrituta. “Itxuraren, ezaugarri genetikoa-ren eta portaera elektrofisiologikoaren artean erlaziorik ote dagoen ikustea da gure helburua, iragarpenak egin ahal izateko”.

NAZIOARTEAN, ELKARLANEAN

Cajal Blue Brainen ez ezik, Human Brain Project proiektu europarrean ere lan egiten du Pedro Larrañagak. Proiektu “erraldoi” gisa definitu du matematikariak: “Egin kontu: Europar Batasunak lehentasunezko bi proiektu aukeratu behar zituen hurrengo hamarkadarako. Bada, bat grafenoa da, eta, bestea, garuna. Iazko otsailean iragarri zen, eta 2022ra arte iraungo du, eta bertan 85 erakunde eta ehun laborategi baino gehiago ari gara lanean”.

Hiru helburu nagusi ditu. Lehengoa, garuna ezagutzeta da; bigarrena, neuroendekapenezko gaixotasunak ikertzea; eta hirugarrena, berriz ordenagailu neuromorfikoak garatzea, hau da, garunaren funtzionamendua imitatzen duten superordenagailuak. “Kontua da, garunarekin alderatuta, superordenagailuak eraginkortasun energetiko txarra dutela. Hortaz, horri irtenbi-dea topatzea da hirugarren helburua”.

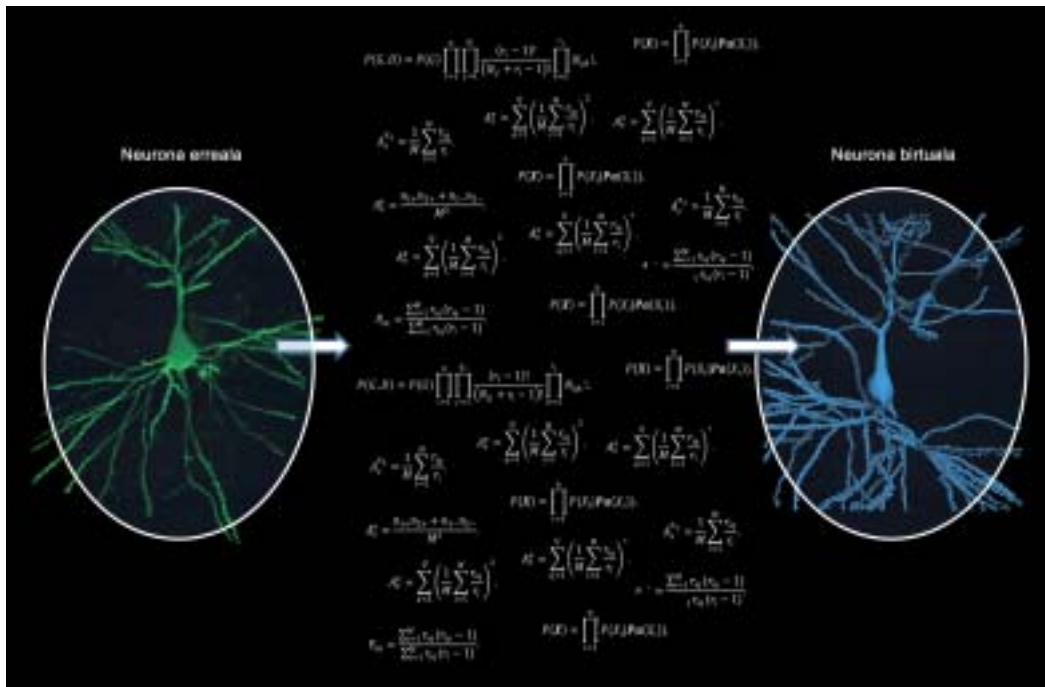
Larrañagaren taldea lehen helburuan dabil lanean. Azaldu duenez, hamaika azpiproiektu daude Human Brain Projecten barruan eta haiek bosgarrena gidatzen dute: neuroinformatika azpiproiektua, hain zuzen ere. Horrela esplikatu du haiek beharreko lana: “Gure egitekoa da tresna matematiko-estatistiko-konputazionalak garatzea, biologoek ematen dizkiguten datuak eredu matematiko bihurtzeko”.

Hala, neurona piramidalekin ari dira lanean: “Interneuronak Cajal Blue Brainen ikertzen ditugu, eta, hemen, berriz, neurona piramidalak. Zehazki, eredu matematiko bat egin behar dugu neurona piramidalentsat. Eta hor gabilta”.

Human Brain Projecten, berez, egokiena litzateke lan-talde guztiek lortutako informazioa biltzea eta integratzea. Alabaina, Larrañagak ez du uste erraza izango denik; neurri batean, zaila delako hainbeste ikerketa koordinatzea eta bateratzea, baina, batez ere, ikerketa-eremu batzuetan kultura aldatzea eskatzen duelako.

Larrañagaren esanean, “gu ohituta gaude gure datuak argitaratzea, eta datu horien gainean beste batzuek beren ikerketak egitera. Aldiz, neurobiologoek ez dute kultura hori, lortzen dituzten datuak beraientzat gordetzen dituzte. Eta hori aurrera egiteko oztopo handia da”. Edonola ere, Human Brain Project hastapenetan dago, eta datozen urteetan emango du zeresana, zalantzarik gabe. ●

“Europar Batasunak lehentasunezko bi proiektu aukeratu behar zituen hurrengo hamarkadarako: grafenoa eta garuna”



Neurona piramidalen modelizazioa eta simulazioa. ARG.: DE FELIPE.