

# Biodibertsitatearen azpiegitura

*Roa Zubia, Guillermo*

Elhuyar Zientziaren Komunikazioa

**Lurra oso toki aproposa da biziarentzat, aurreko artikuluetan azaldu ditugun arrazoiengatik. Sortu zenetik, bizia zelula izeneko egitura konplexu eta ordenatu batekin hasi zen funtzionatzen. Historian zehar, bi zelula-mota besterik ez da izan. Zelula-mota horiek gordetzen dute biodibertsitatea handitzeko gaitasunaren sekretua.**

MIKROORGANISMOEN ZUHAITZ GENEALOGIKOA IKERTZEN DUTENEK eskertuko lukete denboraren makina izatea lehen bizidunak behatzeko. Baina denboraren makina existitzen ez denez, logikaz eta sen onaz baliatu behar dute.

Sen onak oinarrizko arau batzuk ekartzten ditu. Lehenengoa da lehendabizi egitura sinpleak sortu zirela, eta haie-tatik egitura konplexuak garatu zirela. Inork ez du ikusi egitura sinple batetik beste konplexuago bat garatzen, baina oso axioma zentzuduna da.



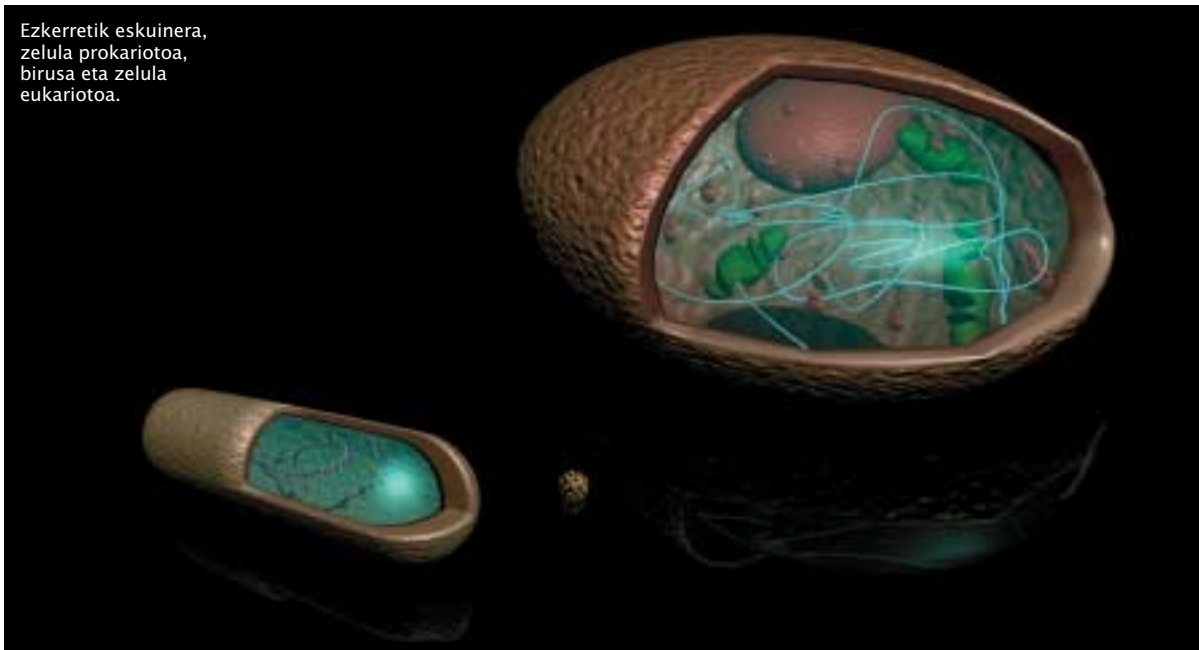
G. ROA/ARTIXIBOKOA

Eta beste axioma bat ere erabiltzen dute biziaren eboluzioa ikertzen dutenek: biziaren egitura arrakastatsuak ez dira desagertzen. Espezieak bai, desagertzen dira —arrakasta izan dutenak barne—. Baina biziaren formak ez; zelula-mota batek arrakasta izan badu noizbait, gaur egun badaude zelula-mota horiek duten bizidunak. Gaur egun existitzen ez dena, ez da inoiz existitu.

## Prokariotoa eta eukariotoa

Gaur egun, bi zelula-mota daude, besterik ez: zelula sinple bat, prokariotoa, eta zelula konplexu bat, eukariotoa. Mundu osoan eta bizidun guztien artean bilatuz gero ere, ez da beste zelula motarik aurkitzen, ezta bien tarteko bat ere. Beraz, onartuta dago ez dela tarteko zelularik izan. Eta,

Ezkerretik eskuinera, zelula prokariotoa, birusa eta zelula eukariotoa.



G. FROA

konplexutasunaren axiomaren arabera, lehendabizi zelula prokariotoa sortu zen eta, handik abiatuta, eukariotoa garatu zen.

Lehenengoa, prokariotoa, oso zelula arrakastatsua da. Bakterioen zelula da, adibidez. Bizirik irauteko behar den oinarritzko ekipamendu guztia du: oinarritzko erreakzio kimikoak egiteko proteinak, proteina horiek fabrikatzen dituzten egiturak, erribosomak, eta erribosomak proteinak fabrikatzeko behar duten informazioa DNA molekulan kodetuta. Osagai horiek guztiak aske daude zelula prokariotoaren barruan, biziaren oinarritzko 'salda' batean. Horrez gain, kanpoko inguruetik elikagaiak xurgatzeko tresnak ditu zelularen paretan.

Zer gehiago beharko luke? Ezer ez. Biziaren hastapenetatik funtzionatu du ondo egitura horrek, eta sekulako arrakasta izan du. Besteak beste, espezie asko sortu ziren, biodibertsitate handia. Eta biziaren historiaren lehen 2.000 milioi urteetan prokariotoak besterik ez zen izan.

Baina hori aldatu egin zen. Duela 1.500 milioi urte inguru, zelula eukariotoa agertu zen, askoz ere zelula konplexuagoa. Prokariotoarekin duen alderik garrantzitsuena da kode gene-

*“zelula prokariotoa oso arrakastatsua da, eta ez du ‘hobekuntzarik’ behar; hala ere, zelula eukariotoa agertu zen, askoz ere zelula konplexuagoa”*

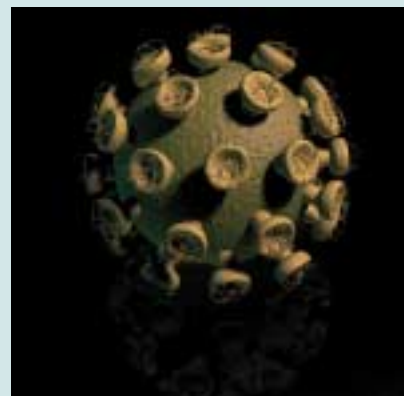
tikoaren gordeleku bat duela, zelularen barruko ‘edukiontzi’ moduko bat. Nukleo deritzo edukiontzi horri, eta nukleoa izateak berak ematen dio izena zelulari: *eukarioto* hitzak nukleodun esan nahi du, eta *prokarioto* hitzak, berriz, nukleorik gabeko.

Konplexua izateak abantailak ekarri dizkio eukariotoari. Nukleoa izatearen beraren abantaila da zelulak askoz genoma handiagoa kudea dezakeela —hau da, askoz informazio genetiko gehiago izan dezakeela— DNA zelula

**Birusak, bizidunak ala bizigabeak?**

Biziaren molekula tipikoez osatutako egitura biologiko sinpleenak dira birusak. Funtsean, material genetikoak garraiatzen duten burbuila proteikoak dira. Mikroorganismoak dira; zelulak infektatzen dituzte, eta askok gaixotasunak eragiten dizkiete bizidun handiei. Zelulak baino askoz sinpleagoak dira, eta, tamainaz ere, askoz txikiagoak. Hortaz, pentsa liteke lehen bizidunak birusak izan zirela, baina arrazoi asko dago kontrakoa onartzeko.

Alde batetik, birusak bizkarroiak dira; ez dute ugaltzeko gaitasunik, eta, horregatik, bizidunen zelulak infektatu behar dituzte, haiek egin dezaten ugaltze-lana. Bestetik, birusaren egitura bera ez da iristen zelula bat izatera; ezin dute proteinarik fabrikatu, ez baitute erribosomarik (bizidun guztien ezaugarri bat). Birusak ezin dira lehen bizidunak izan, nahitaez beste bizidun baten beharra dutelako, eta, gainera, haien egitura sinpleegia da bizidun-tzat hartzeko.



G. FROA



barruan aske egonda baino. Hain zuzen, prokariotoek kromosoma bakarrik dute, eta eukariotoek bat baino gehiago. Eta ez da nukleoaren kontua bakarrik. Eukariotoek mikrotubulu ize-neko egitura batzuk dituzte, makila-itxurakoak, zelula osoari forma emateko. Horrek ere lagundu dio zelula eukariotoari, prokarioto sinpleak baino askoz forma gehiago izan baititzake.

*“nolabait, eukariotoa prokariotoetatik garatu zen, haien abantaila biologikoak galdu gabe”*



ARTXIBOKOAK

Eukariotoa, itxura asko izan ditzakeen zelula-mota.

### Eukariotoaren sorrera

Nolabait, eukariotoa prokariotoetatik garatu zen, haien abantailak galdu gabe. Kontua da nola gertatu zen hori.

Mikrobiologoak ez dira ados jartzen. Azalpen klasikoa da prokarioto batzuk, zorizko mutazio sinpleen bitartez, aldatu egin zirela pixkanaka. Aldatu eta aldatu, zelula eukarioto bat sortu arte; eta eukariotoak arrakasta izan zuenez, aurrera egin zuen eboluzioan. Darwinen

hautespen naturalaren teoriaren araberrako azalpena da, hein handi batean. Baina aditu askok ez dute onartzen posible denik eukariotoen konplexutasuna zoriz sortzea. Beste azalpen bat proposatzen dute: zelula eukariotoa hainbat prokariotoren konbinazioa dela. Sinbiosian bizi ziren prokarioto haiek, bakoitzak funtzio bat betetz, eta zelula konplexu bat osatu zuten mintz bakar



**Soziolinguistika aldizkaria**  
HIZKUNTZA NORMALKUNTZA ETA GLOTOPOLITIKA ALDIZKARIA

**BAT aldizkariaren 66. zenbakia kalean!**

**TEKNOLOGI BERRIAK ETA EUSKARA**

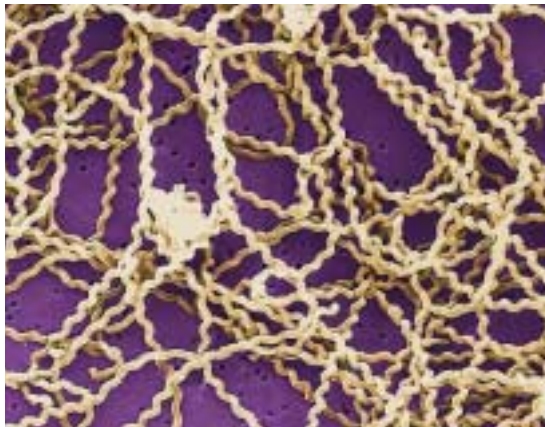
...  
**ALDE TEORIKOAK**  
**EHKO EGOERAREN AZTERKETA**  
**IKERKETA LERROAK**  
**APLIKAZIOAK**  
...

baten barruan. Teoria hori Lynn Margulis estatubatuarrak proposatu zuen, eta iraultza ekarri zuen eboluzioaren munduan.

Dena dela, ez azalpen bata ez bestea ez dira guztiz frogatu. Hainbat analisi genetikok balio dute azalpen bata zein bestea indartzeko, baina eztabaida ez dago erabat itxita.

Carl Woese biologo estatubatuarrak rRNA 16S genea aztertu zuen mikroorganismo askotan. Erribosomak sortzeko behar diren geneetako bat da, bizidun guztiek dutena. Horregatik balio du eboluzioa aztertzeko; zenbat eta antz handiagoa izan gene horrek bi espezieetan, orduan eta gertuago daude elkarrengandik bi espezie horiek zuhaitz genealogikoan. Ikerketaren emaitza ikusita, Woese-ren ondorioa zen lehen eukariotoa arkeo baten eboluziotik sortu zela, bakterioen antz handia duen mikroorganismo simple batetik. Eta eboluzio hori mutazio txikien bidez gertatu zela.

Margulisen azalpena ikertzeko ere genetika erabiltzen ari dira: eukariotoa hainbat prokariotoren konbinazioa bada, prokarioto haien guztien genomek egon behar dute eukariotoan, baita nukleotik kanpo ere (edo genomaren arrastoak, behintzat). Oraindik ez da guztiz lortu horiek aurkitzea, besteak beste oso zaila delako genoma batzuk erazten. Hala ere, Margulis ziur dago lehen eukariotoa *Thermoplasma* gene-



Leptospira, espiroketa-mota bat. Margulisen teoriaren arabera, bakterio-mota horrek hartu zuen parte eukariotoaren sorreran; mikrotubuluaren jatorria izango litzateke.

WIKIMEDIA

roko arkeoaren eta espiroketa baten arteko sinbiositik sortu zela. Espiroketa helize-itxurako bakterio luze bat da, eta haren ekarpen nagusia eukariotoari mikrotubuluak ematea izango litzateke, zelula osoari forma emateko balio duten egitura batzuk. Gero, lehen eukarioto horrek beste bakterio bat barneratuko luke mitokondrioa sortzeko, eukariotoaren energia sortzen duena,

eta, landareen kasuan, horrez gain, beste bakterio fotosintetiko bat, kloroplasto bihurtu zena.

### Sinbiosia

Bigarren azalpenaren ideia iraultzailea sinbiosia kontuan hartzea da. Arrakastatsua diren bizidunak elkartu egin daitezke, bizidun konplexuago bat sortzeko. Margulisen azalpenean, gainera, zelula eukariotoak forma bereziak har ditzake mikrotubuluei esker, eta, horrez gain, kode genetikoa oso handiak kudea ditzake nukleoari esker. Bi ezaugarri horiek konbinatuta, oso organismo berriak sor daitezke. Sinbiosiak izugarri handitzen du biodibertsitatea.

Lehen eukariotoak protistak dira, gaurko paramezioak, esate baterako. Mitokondrioak barneratuta sortu ziren hurrengoan adibide bat amebak dira. Horiek guztiak zelula bakarreko bizidunak dira, mikroskopikoak (bakte-

*“Margulis ziur dago lehen eukariotoa Thermoplasma generoko arkeoaren eta espiroketa baten arteko sinbiositik sortu zela”*



KVA



Ezkerrean, Carl Woese doktorea. Eskuinean, Lynn Margulis doktorea, Clinton presidentearen eskutik Zientziaren Domina saria jasotzen.

THE NATIONAL SCIENCE AND TECHNOLOGY FOUNDATION

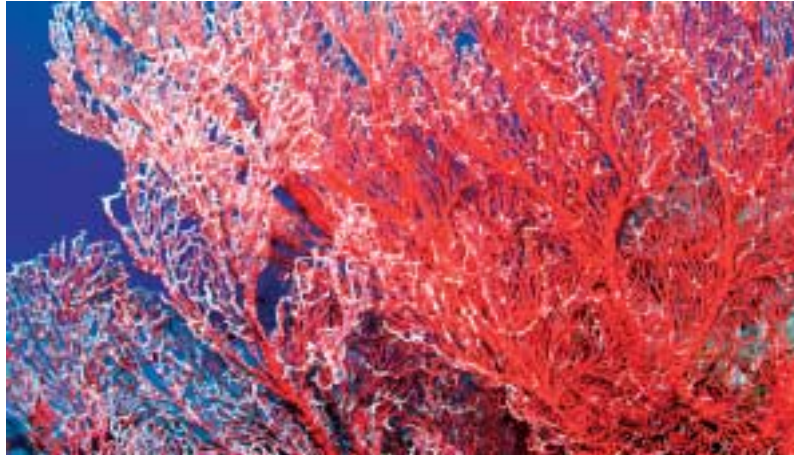


rioak eta arkeoak bezala). Baina ebo-luzioa ez zen hor geratu; zelula asko elkartuta, bizidun handiak agertu ziren. Animaliak, landareak eta onddoak agertu ziren.

Hiru kasuetan, zelula eukariotoen multzoak dira. Prokariotoak ez ziren inoiz elkartu bizidun handi bat sortzeko (ez bada zelula eukariotoa sortzeko, Margulisen teoriaren arabera). Beraz, horretan ere nabarmena da zelula eukariotoaren ahalmen biologiko handia. Eukariotoa sortu ondoren, biodibertsitatea ez zen handitu zelula-mota berri bat sortuz, baizik eta existitzen direnen multzoak eginez.

### Espezializazioa

Zelulen multzoek abantaila handi bat dute: zelula bakoitza espezializatu egin daiteke; ez dago behartuta bizitzeko behar diren gauza guzti-guztiak egi-tera. Eta, beraz, askoz gauza gehiago



ARTXIBOKOA

Korala zelula eukariotoen arteko sinbiosiaren adibidea da.

*“eukariotoa agertuta, biodibertsitatea ez zen handitu zelula-mota berri bat sortuz, baizik eta existitzen direnen multzoak eginez”*

egin ditzake bizirik irauteko nahitaez-koak direnak baino.

Begira iezaiozu zeure buruari. Anima-lia handia eta konplexua zara. Orga-noak dituzu. Bihotzak, adibidez, odola ponpatzen du, metabolismoaz arduratu gabe. Gibela metabolismoaz ardura-tzen da, odola ponpatzeaz arduratu gabe. Iritsiko zaio odola, bihotzak



# Ingurumena guztiona da!

Hondartzaren kudeaketa-bermea:



# zatoz eta goza ezazu herriaz!



ARTXIBOKOA

Animalia handien biodibertsitatea zelula eukariotoaren espezializazioan oinarrituta dago.

elikagaiak jasotzen dituen bezalaxe. Organo bakoitzak funtzio bat betetzen du, eta, denen artean, gorputz konplexu oso batek bizirik irautea lortzen dute. Are gehiago, begiek, adibidez, ez dute biziaren oinarritzko ardurarik; begian, zelula eukariotoak espezializaturik daude inguruneke argia jasotzen eta seinale elektriko bihurtzen garunera bidaltzeko.

Garuna bera espezializazioaren adibide oso berezia da. Lerro hauek irakurtzeko erabiltzen ari zara une honetan, eta hori ez da biziaren oinarritzko egin-kizun bat. Irakurri gabe ere bizirik iraun dezakezu. Baina irakurri ahal izateak aukera berriak ematen dizkizu bizi-zeko.

Hori guztia animalia konplexu baten funtzionamenduaren adibide bat da;

*“nahiz eta bizidun handi guztiak zelula eukariotoz osatuta dauden, prokariotoekin batera bizi dira”*

gizakiarena, hain zuzen. Beste animaliek beste espezializazio batzuk dituzte. Eta landareek eta ondoek beste batzuk, bakoitzak berea. Baina berdin du; denak planetaren biodibertsitatea handitu duten azpiegitura berriak dira, azpiegitura biologiko espezializatuak. Eta denak zelula eukariotoa agertu izanaren ondorio bat dira.

### Prokariotoaren garrantzia

Ez dago zalantzarik; zelula eukariotoak eta espezializazioak eman zuen biodibertsitatea handitzeko aukera. Baina puntu honetan ezin dugu prokariotoa baztertu. Nagusiki bi arrazoi daude prokariotoei buruz hitz egiteko.

Alde batetik, biodibertsitateari berari begiratuta, eukariotoa ez da izan orain arte prokariotoa baino emankorragoa. Gaur egun dagoen biodibertsitatearen zati handiena mikroorganismoena da, gehien-gehienak prokariotoak. Gauzak, diren bezalakoak.

Hain zuzen ere, hurrengo artikulua biodibertsitatearen historiari hitz egiten du, eta horixe azaltzen du. Espekula daiteke etorkizunean zelula eukariotoak sortutako biodibertsitatea prokariotoena baino handiagoa izango den ala ez. Baina oraingoz ez da, eta, seguru asko, ez da inoiz izango, prokariotoak eukariotoak baino espezie berri gehiago sortzen ari baitira. Denbora askoz gehiago jardun da zelula prokariotoa ingurura egokitzen.

Bestetik, eukariotoaren egitura konplexuak ez du prokariotoa baztertzen. Izan ere, nahiz eta bizidun handi guztiak zelula eukariotoz osatuta dauden, prokariotoekin batera bizi dira. Gizakiak berak bakterioak behar ditu bizirik irauteko. Hesteetan, adibidez; hainbat bakterio gai dira elikagaietatik ongarriak erauzteko, eta, haiek gabe, hesteak ezin du egin lan hori (ondorioa beherakoa izatea da, gainera). Giza gorputzaren atal guztiak ari dira bakterioekin sinbiosian bizitzen.

Azken batean, badirudi sinbiosia dela biodibertsitatearen aukera nagusia. Hasieran, prokariotoak ziren, eta 2.000 milioi urtez bakarrik bizi izan ziren Lurrean. Gero, bat-batean, eukariotoak sortu ziren. Ikustear dago beste 2.000 milioi urte pasatuta beste zelula-mota bat sortuko den. Dena dela, ez du ematen hori gertatuko denik. Horren orde, sinbiosia izan daiteke beste behin biodibertsitatea handitzeko trikimailua. ❏