

2006ko CAF-Elhuyar zientzia-
-dibulgaziorako sariaren irabazlea

BIZIAREN SAREA EHUNTZEN



Begoña Arrate Larrañaga



ELHUYAR
edizioak

Aurkibidea

Sarrera	ix
1 Biziaren sarea	1
2 Gizakia, hain desberdina?	11
3 'Lurra, gaixorik'?	37
4 Tamaina eta bizia	61
5 Giza garuna eta adimena	73
6 Biodibertsitatea	105
7 Migrazioa	135
8 Giza dibertsitatea	143
Eranskinak	153

1

Biziaren sarea



BEGOÑA ARRATE

Materia biziari buruz pentsatzen jarritakoan, bakterio bat etor dakiguke burura, edo biosfera (Lurreko bizidun guztiak barnean hartzen ditu biosferak). Lehenengoari eskala zelularra dagokio; bigarrenari, berriz, planeta-eskala. Bi eskala horien tamainaren aldea izugarria da, eta materia biziaren barnean beste eskala batzuk daude (argazkian, aurretik atzera, bigarren matrushkari legokioke maila zelularra; seigarren ageri denari, berriz, biosfera-maila).

Materia biziaren eskala bakoitza bera baino handiagoa den hurrengo eskalaren barnean dago, matrushka bakoitza bere atzean kokatutakoaren barnean sartua dagoenean bezala. Irudiko sei matrushkak antzekoak eta desberdinak dira aldi berean... gauza bera gertatzen ote da materia biziaren eskalekin?

Materia biziaren eskalak

Jakingo zenuke esaten zein diren materia biziaren eskalak edo mailak, txikienetik handienara?

Txikienaren barnean **birusak** ditugu; horiek biziaren mugan daudela esan ohi da. Birusen egitura oso sinplea da: informazio genetikoa dute (azido nukleikoz osatua —DNAz edo RNAz—), eta hura inguratzen duen estalki bat (kapside deritzon proteinazko kapsula bat da, eta, zenbait birusetan, gainera, hori lipidoz eta proteinaz osatutako geruza batez estalia egoten da). Ezin dira beren kabuz ugaltu, baina beste bizidunak erabiltzen dituzte horretarako: bizidunen zeluletan beren informazio genetikoa txertatzen dute, eta, zelularen baliabideak erabiliz, bere buruaren kopiak egiten dituzte (horrek zelularen ohiko funtzionamendua galarazten du, eta, horren ondorioz, zelula gaixotu eta hil egin daiteke). Beraz, gogoan hartuz gero biziaren oinarritzko unitatea zelula dela, birusak ez lirakeke materia biziaren barnean sartuko; baina kontuan hartuz gero ugaltzeko ahalmena izatea nahikoa dela materia biziaren barnean sailkatzeko, birusak bizidun gisa sailkatu beharko genituzke. Horregatik esaten da birusak **biziaren mugan** daudela, hain zuzen: materia biziari dagokion ezaugarri bat (ugaltzeko ahalmena) izanik, haren beste hainbat ezaugarri ez dituztelako. Hala ere, gaur egun birusak ez dira biziduntzat hartzen. Birusak **eskala molekularren** barnean daude.

Eskala molekularren ondoren, **eskala zelularra** dator; izenak esaten duen bezala, zelulei dagokiena. Gaur egun, **biziaren oinarritzko unitatea** zelula dela onartzen da. Zelulak **bi talde nagusitan sailka ditzakegu: prokariotoak eta eukariotoak**.

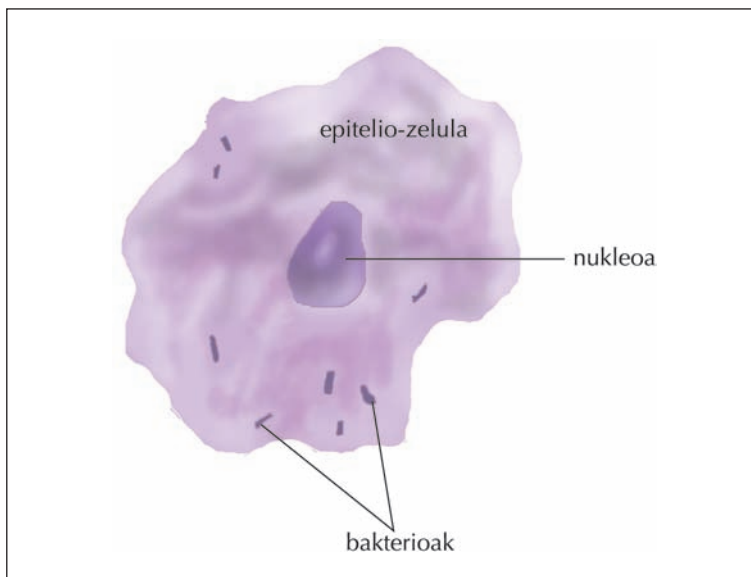
Zelula **prokariotoak** zelula eukariotoak baino **lehenago sortu** ziren eboluzioan. **Zelula prokariotoen morfologia zelula eukariotoenarekin alderatuz gero hau ikusten da:**

- **zelula prokariotoak txikiagoak direla** (gehienez 0,2 eta 2 mikrometro arteko diametroa izaten dute; zelula eukariotoen diametroa, berriz, 10 eta 100 mikrometro artekoa izaten da —mikrometro bat metro bat milioi bat zatitan eginez gero lortutako zati bakoitzaren luzera da—),
- **zelula prokariotoek ez dutela benetako nukleorik** (ez dute ez mintz nuklearrik, ez nukleolorik; zelula eukariotoek, berriz, bai)

eta

- **zelula prokariotoetan ez dagoela mintzez inguratutako organulurik** (zelula eukariotoek, berriz, mitokondrioak, erretikulu endoplasmatikoa, Golgi aparatua, lisosomak eta abar dituzte, eta horiek mintzez inguratutako organuluak dira).

Bakterio-zelulak zelula prokariotoak dira; animalia-, landare-, onddo-, alga- eta protozoo-zelulak, berriz, eukariotoak.



Bestalde, esan beharra dago **eskala zelularren baitan aurkitu daitezkeen tamaina-aldeak goiko irudikoak baino askoz ere handiagoak izan daitezkeela**. Adibidez, zelula txikiaren artean **mikoplasma** izeneko zelula prokariotoak daude, 0,2 mikrometro inguruko diametroa dutenak; beste muturrean, **txipiroien neurona erraldoiak** daude, txipiroiaren burutik “isatserraino” (mantuaren giharreraino) doazen axoi erraldoiak dituztenak. Axoi horiek begi hutsez ikus daitezke, 1 mm-ko diametroa izatera irits baitaitezke. Txibiek, orobat, neurona erraldoiak dituzte, eta *Architeutis sp.* espezieko txibia erraldoiaren luzera 20 m-ra irits daiteke... Hortik atera kontuak!

Izaki zelulabakarrek zelula bakar bat dute; izaki zelulanitzen kasuan, berriz, organismoa zelula batek baino gehiagok osatzen dute. Beraz, marigorriaren, gizakiaren eta gereziandoaren kasuan, esaterako, izakiari hurrengo eskala

dagokio: **eskala zelulanitza**. Beheko argazkietan ageri den bezala, marigorria, bitxilorea, gizakia eta gereziondoa eskala berean kokatu arren, bizidun horien arteko tamaina-aldea nabarmena da (batez ere, marigorria gizakiarekin eta gereziondoarekin alderatuz gero).



XABIER BARRUTIETA



PDPhoto.org

Leku jakin batean espezie bereko hainbat organismo elkartzean, populazioa sortzen da, eta hori da, hain zuzen, eskala zelulanitzaren hurrengo eskala: **eskala populazionala**.

Adibidez, gaur egun, Euskal Herriko giza populazioa 3 milioi pertsona ingurukoa da, eta Lurreko giza populazioa, berriz, 6.000 milioi ingurukoa.

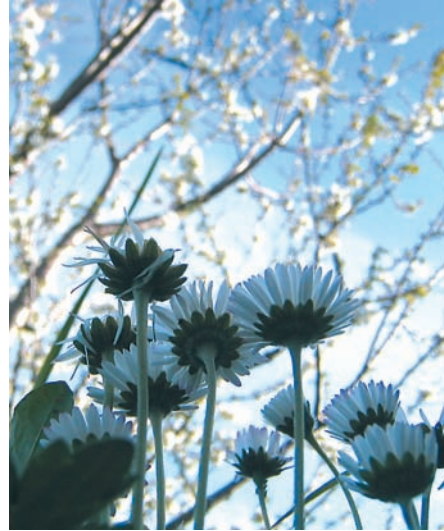
Ondorengo lehen argazki-lerroan, bitxilore-populazio bat ageri da, gereziondoa baino askoz txikiagoa dena. Ondorengo bigarren argazki-lerroan, berriz, kruziferoen taldeko landare-populazio bat ageri da, pertsona bat baino askoz txikiagoa dena.

Hortik ondorio interesgarriak atera ditzakezu?

Irudiek argi azaltzen dute **organismo txikien populazio jakin bat organismo handiago bat baino txikiagoa izan daitekeela**. Horrek pentsarazten digu, hasierako sei matrushken irudia sei eskalen kontzeptua ulertzeko baliagarria izan arren, eskalen arteko banaketa ez dela matrushken kasuan bezain garbia, **eskalen muturrak gainezarri** egiten baitira **neurriari dagokionez**.



BEGOÑA ARRATE



BEGOÑA ARRATE



BEGOÑA ARRATE



BEGOÑA ARRATE

Bestalde, leku jakin batean bizi diren zenbait espezieetako (eta orain arte aipatutako eskala guztietako) bizidunen populazioek ekosistema bat osatzen dute. Beraz, eskala populazionalari eskala ekosistemikoak jarraitzen dio.

Azkenik, Lurreko ekosistema guztiek osatutako multzoari biosfera deritzo, eta eskala biosferikoa da, hain zuzen, materia biziaren eskala handiena. James Lovelock-en **Gaiaren Teoriaren** arabera, biosfera biziduntzat har dezakegu (informazioa hedatu nahi izanez gero, ikusi 'Gomendatutako baliabideak' atalean aipatzen den Lovelock-en liburua).

Nola irudikatu materia biziaren eskalak?

Materia biziaren sei eskala horiek materia biziaren konplexutasunaren mailak adierazten dituzte, eta **bertikalki ordenatuta** irudikatu ohi dira, **txikiena behealdean eta handiena goialdean jarrita**. Horrenbestez, molekulez edo geneez ari garenean behe-maileri buruz ari garela esaten da, eta zelulei, organoei, banakoei eta abarrei buruz ari garenean, berriz, goi-maileri buruz.

Materia biziaren unibertsalak

Nola irits daitezke konplexutasunaren zientziaren inguruan diharduten zientzialariak biziaren sarea irudikatzen? Ikaragarria da, antza, egiteko dagoen lan guztia; baina, ikertzaile horien aburuz, litekeena da lasterbideak egotea. Izan ere, biologiak azken mendean emandako aurrerapauso itzelari esker, zientzialari horiek pentsatzen hasi dira litekeena dela **materia biziaren edozein antolaketa-mailari aplika dakizkiokeen printzipioak** egotea, hots, sistema biologikoak printzipio komunak arabera ordenatuak egotea eskala guztietan. Printzipio horiei **materia biziaren unibertsal** deritze, eta fisikaren legeekin zer-nolako erlazioa izango luketen aztertzen hasi dira zientzialariak.

Zientzialari guztiak ez daude ados, jakina, unibertsal horien planteamenduarekin. Adibidez, Stanford Unibertsitateko Deborah M. Gordon andrearen aburuz, beren burua antolatzen duten sistemak ulertzeko modurik hoberena da sistema biologiko horiek banan-banan aztertzea eta ulertzea, eta ez zuzenean sistemen arteko antzekotasunak bilatzea. Izan ere, Gordonen iritziz, antzekotasunak soilik bilatuz gero, litekeena da aurretik finkatutako ereduak egokitzen ez zaien kasu bat aurkitutakoan kasua alde batera uztea. Beraz, Gordonen ustez, lehendabizi sistema biologikoak bakoitza bere aldetik aztertu behar lirateke, eta, sistema horietako bakoitzak bere arazoak nola konpontzen dituen ulertzera iritsi ondoren, sistema horien guztien arteko antzekotasunak eta desberdintasunak bilatu.

Arestian aipatutako **materia biziaren unibertsalak** eta haien inguruko eztabaidak beste liburu bat idazteko adina dira. Unibertsal horiek badaude, **haietako bat informazioa transferitzeko jarraitzen diren printzipioak lirateke**. Ondoren, balizko unibertsal horren inguruko informazioa hedatuko da, adibide gisa.

Informazio-transferentzia

Eskala molekularren eta eskala zelularren arteko aldea oso handia da tamainari dagokionez. Bestalde, **ezinbestekoa da eskala molekularren eta eskala zelularren artean informazioa behar bezala transferitzea zelulak ondo funtziona dezan eta, horren ondorioz, organismoak, populazioak eta abarrek ere behar bezala funtziona dezaten**. Gauza bera lortu behar da edozein eskalaren eta haren albokoen artean.

Nola transferi liteke informazioa eskala batetik bestera modu koherentean? Hau da, **nola gainditzen da tamaina-aldeak sortutako arazoa?**

Komplexutasunaren zientzian diharduten zenbait zientzialarik diote materia biziaren antolaketa-maila jakin baten barneko **komunikazio-arauak** beste edozein antolaketa-mailaren barnean daudenen **oso antzekoak** direla, eta, horri esker, informazioa eskala batetik bestera behar bezala transferi daitekeela. Beraz, zientzialari horien aburuz, informazioa modu bertsuan transferitzen da materia biziaren antolaketa-maila guztien baitan, eta, horri esker, materia biziaren antolaketa-maila desberdinen artean ere informazioa transferi daiteke.

Komplexutasunaren zientziaren ikuspegiarekin bat ez datozenek esan dezakete hori ez dela zuzena, populazio bateko banakoen arteko komunikazioa eta banako baten zelulen arteko komunikazioa, esaterako, ez direla arau komun batzuei jarraiki gertatzen.

Zer erantzungo liokete horri informazioa eskala guztien baitan modu bertsuan transferitzen dela dioten zientzialariek? Alberto Ferrús doktoreari¹ galdera hori egiteko aukera izan nuen, eta honela erantzun zuen:

- 1) *Espezie bereko banakoen arteko komunikazioa **ezagutze-kode** batean oinarritzen da nagusiki. Kode hori **kimikoa** izaten da **funtsan**. Kodea espeziearen araberkoa da, eta, sarritan, taldearen araberkoa (adibidez, inurritegi bat, erlauntz bat, baso bateko kanarioak, kumaldi bateko ugaztunak eta abar). Organismo baten barnean ere kodeak erabiltzen dira nerbio-sistemako neuronak elkarren artean behar bezala konekta daitezen, epitelio mota bakoitza behar bezala munta dadin, gihar bakoitza dagokion*

¹ Alberto Ferrús doktorea ikerkuntza-irakaslea da Consejo Superior de Investigaciones Científicas-eko Instituto Cajal-en. Suitzako International Brain Research Organization-ek neurogenetikako Demuth saria eman zion, eta California Institute of Technology-k (AEB), berriz, Cornelius Wiersma saria. Materia biziaren unibertsalen dibulgazio-lanak egin ditu, eta, gaur egun, gai horri buruzko monografia bat prestatzen ari da.

lekuan txerta dadin, eta abar; kode horiek kimikoak eta zelula mota bakoitzaren araberakoak izaten dira funtsean. Adibidez, axoi-gidari² esker, objektu baten irudia **ordena bati jarraiki** transmititzen da garunaren proiektzio-zentro bakoitzean. Ikusten dugunak ordena horri esker du zentzua; ordena hori ez balego, objektuaren xehetasunak ikusteko gai izango ginatekeen arren, ez genuke objektuaren irudi koherentea ikusiko. Gauza bera gertatzen da gure gorputzaren atal bakoitza modu ordenatuan hautematen dugunean, edo soinuak hautematen ditugunean.

- 2) Espezie bereko banakoen arteko komunikazioa gerta dadin, **beharrezkoa da komunikazio-kodeek arau ordenatuak eta hierarkizatuak izatea**. Horrela antolatzen da, orobat, zentzumen bidezko hautemate-prozesua garunean, baita digestio-prozesua, zatiketa zelularra eta abar ere. **Hierarkia horri esker, fisiologia erregula daiteke** (zenbaitek 'plastikotasun' deritzo horri, hitz horren berezko esanahia ahaztuta edo).
- 3) Banakoen arteko komunikazioak barnean hartzen du **mezuak hartzaille zehatz batekin bidaltzean** datzan propietatea. Psikologoek (psikologo batzuek, behinik behin) hori esatean ulertzen dute espezifikotasuna mezuan dagoela. Nire ustez, ideia hori okerra da. Izan ere, **espezifikotasuna mezua hartzaillearen gaitasun-egoeran dago** (hartzailleak gaitasuna izango du mezua jasotzeko gauza denean, eta mezu horri erantzun bat emateko prestatuta dagoenean). Hau da, espezifikotasuna hartzaillean dago, ez mezuan. Hori bera da, hain zuzen, hormona bidezko komunikazioaren, neurotransmisioaren³ eta beste zenbait prozesuren oinarria. Hala, hormona bat edo neurotransmisore bat jariatzen denean, molekula horrentzako berariazko hartzailleak dituzten zelulei baino ez die eragingo; eragin hori espezifikoa izaten da.
- 4) **Mezu bera jaso duten banakoen arteko komunikazioak hainbat erantzun sor ditzake banako horietan, guztiek mezua hautemateko gaitasuna dutenean**. Kasu horretan ere psikologo batek (edo batzuek) esango lukete banako bakoitzak bere modura interpretatzen duela mezu jakin bat, nork bere

² Neurona bakoitzak axoi izeneko luzapen luze bat du mutur batean, beste muturreko dendrita izeneko luzapen labur ugarietz gainera. Nerbio-bulkada axoietan zehar garraiatzen da neurona batetik bestera. Garuna garatzen ari denean, neurona bakoitzaren axoia dagokion norabidean luzatu behar da, neurona egokiarekin konekta dadin. Prozesu horretan, zenbait molekulak hartzen dute parte; neuronari axoia zer norabidetan luzatu behar duen adierazten diote molekula horiek. Axoi-gida deritzo prozesu horri.

³ Neurotransmisioa neurotransmisore izeneko substantzia baten bidez gertatzen da, sinapsiari dagokion gunean. Bi neuronaren artean edo neurona baten eta gihar-zuntz baten artean gerta daiteke neurotransmisioa.

idiosinkrasiaren edo gogo-aldartearen arabera. Hori berori da zelula-fisiologian gertatzen dena: zelula baten ‘nortasuna’ zelularen errepertorio molekularren eta zelula horrek kinada jakin bat jasotzen duenean duen egoera funtzionalaren arabera da. Horren guztiaren ondorioz, zelula-fisiologia aztertzen denean, zelula baten erantzuteko ‘probabilitatea’ gogoan hartzen da. Hala ere, litekeena da zelula batek kinada bera behin baino gehiagotan jasoz gero erantzuna beti bera ez izatea. Aipatutako probabilitate hori sistema bizien portaera guztiz aurreikusi ezin izateari zor zaio; sistema bizi jakin baten portaera aurrerako zailtasuna handiagoa edo txikiagoa izango da sistemaren izaeraren arabera.

Gomendatutako baliabideak

- L1:** DAWKINS, Richard: *El relojero ciego*, Labro, Bartzelona, 1989.
- L2:** GOULD, Stephen Jay: *El libro de la vida*, Crítica, Bartzelona, 1993.
- L3:** LOVELOCK, James: *Gaia: Lurraren biziaz ikuskera berria*, Gaiak, Donostia, 1996.
- L4:** MARGULIS, Lynn: *¿Qué es la vida?*, Tusquets Editores, Colección Metatemáticas, Bartzelona, 1996.

Bibliografia

- ALBERTS et al.: *Molecular biology of the cell*, 4. argit., Garland Publishing, New York, 2002.
- DAWKINS, Richard: *The blind watchmaker*, Oxford UP, 1986.
- FERRÚS, Alberto: “Universales de la materia viva” in *Historia Natural*, 6 (2004), 22-29.
- LOVELOCK, James: *Gaia: Lurraren biziaz ikuskera berria*, Gaiak, Donostia, 1996.

2

Gizakia, hain desberdina?



BEGOÑA ARRATE

Barrea giza adimenaren adierazgarri hartu izan da luzaroan. Baina, harrituko zinateke animaliek ere barre egiten dutela esango banizu? Ez naiz txantxetan ari: Jaak Panksepp Ohio-ko Bowling Green State University-ko irakasleak eta haren ikerketa taldeak egindako ikerketen arabera, badirudi gizakia ez dela barre egiteko ahalmena duen animalia bakarra, beste zenbait animaliak jolasten eta ongi pasatzen ari direnean barrearen antzeko soinua egiten baitute. Beraz, 'barre' hitzaren definizio zabalxeago bat onartuz gero, barrea ez litzateke gizakion ondarea soilik.

Hainbat aldiz entzun izan dugu gizakiak badituela zenbait ezaugarri berezi, gainerako animaliek ez dituztenak. Ideia horiek erabili izan dira gizakiari animalien talde barnean estatus berezia emateko; alegia, gizakia gainerako animalien gainetik kokatzeko. Egiazkoak dira balizko alde horiek?

Barrearen adibidea



NPS PHOTO

Gaiari ekiteko, barreari buruzko adibidearen xehetasun gehiago azalduko ditugu ondoren.

Jaak Pankseppek txinpantzeekin, zakurrekin eta arratoiekin egindako ikerketen arabera, **animaliek barrearen antzeko soinua egiten dute jolasten eta ongi pasatzen ari direnean**: txinpantzeek eta zakurrek arnasestu-soinua egiten dute, eta arratoiek, berriz, karrankak. Dirudenez, litekeena da arnasestu-soinu eta karranka horiek **dopamina** neurotransmisorea **askatzen duten garuneko nerbio-zirkuituak** aktibatzean sortzea. Gizakion kasuan, orobat, egoera dibertigarrietan zirkuitu horiek aktibatzen dira. Pankseppек dio horrek guztiak iradokitzen duela barre egiteko ahalmena **gizakia baino lehenago sortutako erantzun emozionala** izan daitekeela.

Bestalde, Pankseppen arabera, barreari dagozkion zirkuitu neurologikoak garunaren alderdi 'zaharretan' ditugu gizakiok, eta horien egitura orokorra animalia askok dutenaren antzekoa da. Gizakion kasuan, haurrak oso goiz hasten dira barre egiten, eta Pankseppen aburuz, aipatu berri dugun ideia indartzen du horrek.

Halaber, azaldutakoarekin bat etorri, Panksepek ikerketa horietatik ondorioztatu du gizakiaren barre egiteko ahalmena **hitz egiteko ahalmena baino lehenago garatu** zela.

Hala ere, badago Panksepekin bat ez datorren eta barrea eta alaitasuna gizakion ondareak baino ez direla dion zientzialaririk.

Nork ote du arrazoia?

Ezaugarri komunak

Argi dago gizakiok eboluzioan zehar gainerako animaliekin egin dugun bidea oso luzea dela. Beraz, ezaugarri komun ugari ditugu haiekin. Ideia horrekin bat dator gizakiaren eta ebolutiboki horrengandik gertu dauden beste animalien genomen antzekotasun-maila oso altua, genomen sekuentziazio-programek agerian utzi dutena. Baina zenbateraino dira antzekoak gizakion eta gainerako animalien ezaugarriak?

Barne-kontzientzia

Bosgarren kapituluan azalduko dugun bezala, taldetan bizi diren duela gutxi sortutako animaliek (esaterako, hominidoek —bereziki, txinpantzeek eta bonoboek—, elefanteek eta delfinek), kanpo-ingurunearen kontzientzia (kanpo-kontzientzia) izateaz gain, beren emozioen kontzientzia (barne-kontzientzia) ere badute.

Komunikatzeko gaitasuna

Gizakia da lengoia sinbolikoa eta abstraktua duen izaki bizidun bakarra, baina ez da komunikatzeko gaitasuna duen izaki bizidun bakarra. Izan ere, **komunikazioa oso hedatua dago intsektuen, anfibioen, hegaztien, saguzarren, zetazeoen eta primateen kasuetan**. Komunikazioari esker, animalia horiek **funtzio garrantzitsuak** betetzen dituzte: gorteiatzea, bikotea hautatzea, espezieei eta banakoei antzematea, lurraldea defendatzea, gainerako banakoak menderatzea, gainerako banakoei ohartarazpenak egitea, beren burua defendatzea, arriskuaren aurrean alarma-seinalea bidaltzea, elikagaia bilatzea, jokia eskatzea, ondorengoak zaintzea, taldea banatzea eta taldea koordinatzea.

Era askotara definitu izan da komunikazioa, baina biologian definizio estandarrena hau litzateke: organismo batetik (**igorletik**) beste organismo bateranzko (**hartaile**eranzko) **informazio kodetuaren transferentzia**, **testuinguru** bati dagokiona, eta **hartailearen portaera aldaraz** dezakeena. Komunikazioa hainbat motatako **seinaleen** edo **portaeren** bidez gertatzen da (seinale mota nagusiak aurrerago azalduko ditugu).

Zergatik izan behar du **kodetua** informazioak? Hartaileak informazioa ulertu behar duenez, bai igorleak bai hartaileak “hizkuntza bera hitz egin” behar dutelako.

Zergatik esaten da **informazio-transferentziaren ondorioz hartailearen portaera aldarazteko aukera** egon behar duela komunikazioa egon dadin? Ezin delako esan komunikazioa dagoenik hartaileak jaramonik egiten ez badio igorleak bidalitako informazioari. Beraz, hartaileak paper aktiboa jokatu behar du, hots, ezinbestekoa da igorlearen eta hartailearen arteko informazio-trukea.

Komunikazioa hainbat motatako seinaleen bidez gerta daiteke, lehen aipatu dugun bezala. Seinale horiek ikuspegi makroskopikotik erraz bereiz daitezkeen arren, guztiek oinarri kimikoa dute. Lehenengo kapituluan duzu horri buruzko azalpen bat.

Hona hemen naturan lengoiaiz gain dauden beste komunikazio moten adibide batzuk:

- **Seinaleztapen molekulen eta hormonon bidez**

Bakterioek inguruko bakterioek igartzen dituzten **seinaleztapen molekulak** jariatzen dituzte. Horri esker komunikatzen dira bakterioak elkarrekin.

Bestalde, izaki zelulanitzek, **feromona** eta **kairomona** izeneko substantziak ingurunera jariatzen dituztenean, espezie bereko edo desberdineko izakien portaera aldarazten dute, hurrenez hurren. Horrek esan nahi du feromonek eta kairomonek izaki zelulanitzak elkarrekin komunikatzeko modu bat osatzen dutela, hots, feromonon eta kairomonon bidez informazioa transmititzen dela.

Animaliek feromonak ekoizteko guruin espezializatuak izan ditzakete, edo ez. Feromonak ekoizteko guruin espezializaturik ez duten animalien kasuan, feromonak animaliaaren hondakin-produktuetan egon ohi dira (gehienetan, gernuan, izerdian edo gorotzetan).

Seinaleztapen molekulen eta hormonon bidezko komunikazioak ezaugarri hauek ditu:

- Ez du ahalbidetzen igorlearen kokapena zehatz jakitea.
- Animalien kasuan, energia-kostu txikia du, eskuarki (gernua, izerdia, gorotzak). Hala ere, kostua handiagoa izan ohi da feromonak guruin espezializatuek ekoizten dituztenean.
- Ilunpean erabil daiteke.
- Ondo funtzionatzen du, distantziak luzeak direnean izan ezik.
- Informazio-transmisioa mantsoa izan ohi da.

• Ikusmen bidez

Ikusmen bidezko komunikazioaren adibide gisa **petaloen kolore erakargarriak** aipa ditzakegu. Petalo koloretsuak dituzten landareek animalien laguntza behar izaten dute ernaltzeko. Petalo deigarriak sortzeak energia-gastua dakarkio landareari, eta, beraz, gastu hori justifikatzen duen onuraren bat ere ekarri behar diote egitura horiek landareari (bestela, aspaldi desagertuak leudeke lore deigarriak dituzten landareak).

Zerk erakartzen ditu polinizatzaileak lore deigarri horietara? Loreen edertasunak, agian? Zertarako jartzen dira intsektuak, adibidez, loreen gainean? Zertan aritzen dira han ematen duten denboran? Argi dago polinizatzaileei ere onuraren bat ekarri behar diela lore batetik bestera hegari ibiltzeak eta lore bakoitzean denbora bat emateak. Bestela, jarduera horiek ez zuten iraungo eboluzioan zehar, energia eta denbora asko inbertitzea eskatzen baitiete polinizatzaileei. Zer izan daiteke onura hori? Janaria, agian?

Loreek mezu bat bidaltzen diote polinizatzaileari: **“zatoz, janaria emango dizut eta”**. Horren ondorioz, animalia polinizatzaile batek (intsektuak, hegaziak...) lore koloretsu bat ikusten duenean, bertara gerturatzen da polena edo nektarra eskuratzerako (kasuan kasukoa), lore horren forma eta lore horrek eskainitako elikagaia berari egokitzen bazaizkio (zenbaitetan, loreek oso forma bereziak izaten dituzte, eta polinizatzaile-espezie bakar batek eskura dezake lore horrek eskainitako elikagaia; bestalde, polinizatzaile bakoitzak elikatzeko modu jakin bat du —batzuek polena jaten dute, beste batzuek nektarra xurgatzen dute...—).



BEGOÑA ARRATE

Animalia batzuk espezie jakin bateko landareen loreetara baino ez dira joaten elikatzen, eta beste batzuek landare-espezie bat baino gehiago 'bisitatzen' dituzte.

Animalia bat espezie bateko landare baten lore batetik bestera joaten denean, lehen lorearen polena bigarren lorearen estigma gainera eroriko da animalia bigarren lorean elikatzen ari den bitartean (lorearen ugaltze-aparatu emearen goialdea da estigma). Ondoren, polenak lorearen estiloa zeharkatzen du (estigmaren azpiko egitura luze bat da estiloa, eta estigma eta obulutegia elkartzen ditu). Horrenbestez, polena obulutegira iristen da, eta lehen lorearen polenak bigarren lorea ernaltzen du, animalia polinizatzaileari esker.

Bestalde, animaliei dagokienez, esan daiteke ikusmen bidezko komunikazioaren oinarrian **jarrerak eta apendizteen edo gorputz osoaren mugimenduak** daudela, baita **koloratze, diseinu eta egitura bereziak** ere.

Adibidez, animalia batzuk harraparien eraso saihesten dute gorputzeko koloreei esker. **Animalia pozoitsuak**, esaterako, kolore biziak izan ohi dituzte. Suge pozoitsu batzuek xingola gorriak, beltzak eta horiak



PDPPhoto.org

dituzte soinean, gainerako animaliei **“kontuz ibili nirekin, pozoitu zaitzaketa”** ohartarazteko. Baina beste animalia batzuek kolore eta marrazki horiek imitatzen dituzte, pozoitsuak izan ez arren (adibidez, pozoitsuak ez diren suge batzuek xingola batzuk eta kolore gorria, beltza eta horia dituzte). Fenomeno horri **mimetismo** deritzo, eta, horri esker, animalia mimetikoek harrapariak saihestu ditzakete, pozoitsuak izan ez arren.

Harraparien eraso saihesteko koloreez gain marrazkiak erabiltzen dituzten animaliak ere badaude, hegaletan begi-itxurako marrazkiak dituzten tximeletak esaterako. Begi-itxurako marrazki horiei esker, harrapariari iruditzen zaio tximeleta animalia handiago baten begiak direla, eta, horrenbestez, tximeletak aukera handiagoa izango du harrapariaren eraso saihesteko.

Ikusmen bidezko komunikazioak oinarritzko ezaugarri hauek ditu:

- Igorlearen kokapena zehatz jakitea ahalbidetzen du.
- Energia-kostu ertaina du igorlearentzat.
- Ezin da ilunpean erabili, ilunpean argia igortzen duten animalien kasuan izan ezik (adibidez, ipurtargiek ilunpean erabil dezakete, argia igortzen baitute; fenomeno horri bioluminiszentzia deritzo).
- Seinale mota horrek distantzia txikietan soilik funtzionatzen du ondo.
- Informazioa azkar transmititzea ahalbidetzen du.



PPhoto.org

- **Entzumen bidez**

Komunikazio mota horrek bibratzen duten objektuek edo egiturek sortutako soinu-uhinak ditu oinarri. Uhin horiek airean edo uretan zehar garraiatu ohi dira. Entzumen bidez komunikatzeko hainbat modu daude, eta sortutako soinua apala edo oso ozena izan daiteke, erabilitako 'instrumentua' ren arabera.

Adibidez, intsektuek entzumen bidez komunikatzeko modu ugari dituzte. Termitek, esaterako, burua lurraren aurka kolpatzen dute komunikatzeko, eta matxinsaltoek eta txitxarrek, berriz, organo bereziak dituzte komunikatzea ahalbidetzen dien soinua sortzeko.

Hala ere, termitak ez dira komunikatzeko kolpe bidez sortutako soinua erabiltzen duten bakarrak: gorilek bularra kolpatzen dute mezu jakin batzuk bidaltzeko, okilek zura...

Beste batzuetan, soinua ahoskatu egiten da, negar, barre, garrasi, kantu, txistu eta abar eginda, esaterako.

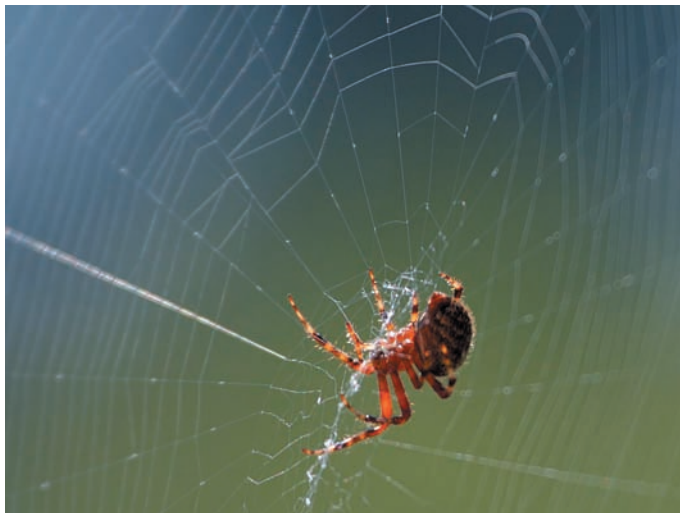
Azkenik, zenbait animaliak ultrasoinuak erabiltzen dituzte komunikatzeko (adibidez, izurdeek), eta beste batzuek, berriz, infrasoinuak (elefanteek, esaterako).

Hona hemen entzumen bidezko komunikazioaren ezaugarri nagusien zerrenda:

- Igorlearen kokapena zehatz jakitea ahalbidetzen du.
- Energia-kostu handia du igorlearentzat.
- Ilunpean erabil daiteke.
- Ondo funtzionatzen du, distantziak luzeak direnean izan ezik.
- Informazioa erraz transmititzea ahalbidetzen du.

- **Substratuaren bibrazio bidez**

Substratuaren bibrazio horiek substratua (lurra, harea edo amaraun bat, esaterako) kolpatzen denean sortu ohi dira.



PPhoto.org

Substratuaren bibrazio bidezko komunikazioa ohikoa da karraskarien, narrastien eta armiarmen kasuan, adibidez.

Armiarmen kasuan, komunikazio mota hori garrantzitsua da, eta bibrazioak hainbat substratu motatan zehar transmiti daitezke:

- Amaraunak oso ondo eroaten ditu bibrazioak, eta, horri esker, amaraun gainean bizi diren armiarma-espezieetan, amaraunaren bibrazioek jakinarazten diote armiarmari bere sarean harrapakinen bat erori dela, eta, armiarma emeen kasuan, armiarma ar bat estaltzera etorri zaiola (bigarren kasu horretan bibrazioek kode jakin bat jarraitzen dute, eta espezie bakoitzak berea izan ohi du).