

Ana I. Puente · Kepa Altonaga

zoologia

orokorra



Udako Euskal Unibertsitatea

ZOOLOGIA OROKORRA

Ana I. Puente
Kepa Altonaga

Udako Euskal **Unibertsitatea**
Bilbo, 2005



HEZKUNTZA, UNIBERTSITATE
ETA IKERKETA SAILA
DEPARTAMENTO DE EDUCACIÓN
UNIVERSIDADES E INVESTIGACIÓN

«Liburu hau Hezkuntza, Unibertsitate eta
Ikerketa Sailaren laguntzaz argitaratu da»

© Udako Euskal Unibertsitatea
© Ana I. Puente, Kepa Altonaga

ISBN: 84-8438-056-4

Lege-gordailua: BI-418-05

Inprimategia: RGM, Bilbo

Azalaren diseinua: Iñigo Aranburu

Azaleko argazkia: L. Dantart (*Polycera quadrilineata* nudibrankioa)

Hizkuntza-zuzenketen arduraduna: Ander Altuna Gabiola

Banatzaileak: UEU. Erribera 14, 1. D BILBO telf. 946790546 Faxe. 944793039
Helbide elektronikoa: argitalpenak@ueu.org
www.ueu.org

Zabaltzen: Igerabide, 88 DONOSTIA

Galarazita dago liburu honen kopia egitea, osoa nahiz zatikakoa, edozein modutara delarik ere, edizio honen Copyright-jabeen baimenik gabe.

Aurkibidea

HITZAURREA.	7
1. ZOOLOGIA: KONTZEPTUA. ANIMALIA ERREINUA: DEFINIZIOA ETA GOGOETA OROKORRA	9
– Animalien eta landareen arteko desberdintasunak	9
– Erreinu biren proposamenaren arazoak.	11
– Animalia erreinuaren definizioa	14
– Zoologia: zer da?	15
2. ANIMALI ONTOGENIAZKO OINARRIAK. ORRI BLASTODER- MIKOAK ETA ZELOMA: KONTZEPTUA ETA JATORRIA. PROTOSTOMIA ETA DEUTEROSTOMIA	19
– Unizelularra vs multizelularra	19
– Garapen enbrionarioaren eredu orokorra	20
– Arrautza-motak	22
– Lakainketa	23
– Lakainketa-motak	23
– Blastula-motak.	30
– Blastomeroen patua	31
– Gastrulazioa.	39
– Blastoporoaren patua.	40
– Filogeniari buruzko gogoetak	40
– Mesodermoa eta gorputz-barrunbeak (zeloma).	43
– Amaitzeko	45
3. MORFOLOGIA ETA PROMORFOLOGIA. ANIMALIEN ARKITEKTURA	47
– Gorputz-simetria	48
– Animalien erantzitasunaren azalpen moduko bat.	53
– Animalien antolakuntza-maila nagusiak	56
4. ANIMALIA BERE INGURUNE BIOLOGIKOAN.	63
– Itsasoa	63
– Ur gezako ingurunea (ingurune dultzikola, ur kontinentalak)	68
– Lur lehorra.	69

5. ANTOLAKUNTZA TISULARREKO GRADUA. ORGANOAK, APARATUAK ETA SISTEMAK. ORGANO/FUNTZIO/INGURUNE TRINOMIOA	73
6. ANIMALI BIOLOGIA: ELIKAPEN-FUNTZIOAK	77
– Digestio-aparatua eta elikadura-mekanismoak	77
• Liseriketa intrazelularra eta estrazelularra	77
• Elikadura-estrategiak	80
– Eskrezioa eta osmorregulazioa	89
• Nitrogeno-hondakinak eta ur-kontserbazioa	91
• Osmorregulazioa eta habitata	94
• Egitura eskretatzaileak eta osmorregulatzaileak	95
– Zirkulazioa eta gas-trukea	104
• Zirkulazio-aparatua	106
• Bihotzak eta odola higiarazteko beste mekanismo batzuk	108
• Gas-trukea eta garraioa	108
• Gas-trukerako egiturak	109
• Arnas aparatua	110
• Gas-garraioa	112
7. ANIMALI BIOLOGIA: HARREMAN-FUNTZIOAK	115
– Nerbio-sistematik eta sentimen-organoak	115
• Nerbio-sistemen motak	116
• Sentimen-organoak	119
– Sistema endokrinoa: hormonak eta feromonak	124
– Sistema eskeletikoa eta sistema muskularra	125
• Eskeletoak	125
• Muskulu-sistema	128
• Lokomozioa	129
8. ANIMALI BIOLOGIA: UGALKETA	137
– Ugalketa sexuala	137
– Ugalketa asexuala	143
– Partenogenesia	144
– Metagenesia	145
– Ugal aparatua	145
– Ugalketaren etologia: enbrioaren babesa eta ugal zikloak	147
9. ANIMALIEN BIZI-ZIKLOAK. LARBA ETA GAZTE KONTZEPTUAK	149
– Larba primarioen ereduak	154
– Zikloen beste sailkapen bat	157
– Metamorfosia eta heterokroniak	158

10. ANIMALI BIONOMIA: ANIMALIEN ARTEKO HARREMANAK. POPULAZIO KONTZEPTUA. POPULAZIO-DINAMIKA. HARREMAN INTRASPEZIFIKOAK	161
– Populazio kontzeptua eta populazio-dinamika	161
– Egitura espaziala	162
– Adin-klaseak	162
– Jaiokuntza eta hilkortasuna	163
– Populazio-hazkundera	163
– Harreman intraspezifikoak	165
11. HARREMAN INTERESPEZIFIKOAK: KOMUNITATE KONTZEPTUA. SINBIOSIA	167
– Komunitate kontzeptua	167
– Animalia dibertsitatearen ebaluazioa	168
– Harreman interespezifikoak	169
12. BIOGEOGRAFIA: LEHEN HURBILKETA.	175
– Animalien esparru geografikoak: dinamika	176
– Zona biogeografikoak	178
– Biomak	180
13. ANIMALI DIBERTSITATEA. SISTEMATIKA. TAXONOMIA. NOMENKLATURA. FILOGENIA. ANIMALIA ERREINUAREN SAILKAPENERAKO OINARRIAK.	183
– Sistematika, taxonomia, nomenklatura eta sailkapena	183
– Nomenklatura	186
– Espezie kontzeptua	188
– Taxonomiaren gainean.	189
– Eskola taxonomiko edo sistematikoak	195
– Amaitzeko	199
BIBLIOGRAFIA	201

Ana Rallo-ri,
*Zoologiaren mundura erakarri
baikintuen*

Hitzaurrea

Zoologia Orokorra abiapuntu modura planteatu dugu, zoologia akademikoarekin orain arte inolako harremanik eduki ez duten ikasleentzat. Izatez, atea zabaldu nahi diegu, era eroso batez sar daitezen zoologiaren eta bibliografia zoologikoaren munduan.

Zoologiazko hainbat testuliburu daude eskuragarri, eta beste baten agerpenak azalpenen bat behar du. Normalean zoologiazko liburuek ildo sistematikoa segitzen dute eta animalia-taldeak banan-banan aztertzen dira, *phylumez phylum*, antolakuntza-mailei jarraituz ordenatuta. Gehienetan, halaber, berbera izaten da animalia-talde bakoitzari buruzko kapituluaren gidoia, eta, horrela izanik, aztertu beharreko topikoak segida ia bertsuan lotzen dira: ezaugarri bereizgarri nagusiak, morfologia, morfologia funtzionala eta ekologia, sailkapena, biologia (bizimodua, garapena, ugalketa), jatorria eta eboluzioa. Gure *Zoologia Orokorra* honen asmoa izan da oinarritzko kontzeptuak egokiro aurkeztea, gero ikasleak erraz murgil daitezen ohiko datu zoologikoen artean. Enfasia, beraz, zoologiaren bilbe kontzeptuarekin jarri dugu, eta, zer esanik ez, berorri dagokion terminologian.

Hau da, liburu honetan animalia-taldeak aztertu beharrean, ahalegindu egin gara azterketa horretarako erabiltzen diren printzipioak erakusten. Lehenengo ikasgaietan, zoologiaren esparrua zein den azaldu dugu; horrenbestez, bilakaera historikoari jarraitu diogu laburki, bizidunen bost erreinuetako sistemara iritsi arte: sistema horretan kokatu dugu animalia, gainerako bizidunen artean. Bigarren ikasgaietan, animalien plurizelularitatearen aurkezpena dator, eta, jakina, berorren garapena zelan izaten den: enbrioiek jasaten dituzten prozesu nagusiak aipatu dira, baita berorien gaineko interpretazioak ere, animalien historia ebolutiboa hipotetizatzen laguntzen digute-eta. Hirugarren ikasgaietan animalien forma aztertu da, sakontasun-maila birekin. Batetik, animalia gorputz geometrikoa bailitzan aztertu da, simetria-elementuak erakutsiz, eta, bestalde, animalien eraniztasun itzela gorputz-antolakuntza gutxi batzuetaraino abstraditu da. Laugarren gaiak animalia ingurunearen baitan kontsideratuko du, eta horrek ekarri dizkion ondorio orokorrak azalduko dizkigu. Alde horretatik, bosgarren gaietan organo/funtzio/ingurune trinomioa azaltzen da, alegia, kanpo-baldintzen eta animalia-aren bizimoduaren eta tresneria-aren

arteko zerikusia aipatuko da, eta ondoko gaietan bizi-funtzioak banan-banan zehaztuko. Hortaz, seigarrenean, elikaduraren oinarritzko ideiak aurkeztu dira eta bai eskrezio eta osmorregulazio eta zirkulazio eta gas-trukearenak ere. Era berean, zazpigarren gaiak nerbio-sistema, sistema endokrino, sistema eskeletiko eta sistema muskularra aurkeztuko dizkigu. Zortzigarren eta bederatzigarren ikasgaiek ugal-keta eta bizi-zikloen gaineko orokortasunak dakarzkigute, baina, datu deskriptibo zehatzen ondoan, izan zituzketen onura ebolutibo ustezkoak iradokita. Bestalde, hamargarren eta hamaikagarren ikasgaietan, hurrenez hurren, animalien harreman intraspezifikoa eta interespezifikoa aurkeztu dira, eta, hamabigarrenean, animalien banaketaren dimentsio geografikoa iruzkindu da. Azkenik, hamahirugarren ikasgaia erabili dugu animali munduaren eraniztasunaren handia erakusteko, eta, horrenbestez, azpimarratu egin dugu noraino garrantzitsua den eraniztasun itzel hori ordenatzea eta koordinatu zehaztetara plegatzea, zientifikoki ulertu ahal izateko.

Aurreko pasarte horren irakurketatik, edota aurkibideari begirada arin bat eginez, berehalakoan konturatu gara, zoologia akademikoa nahikotxo urruntzen dela, dokumentaletatik-eta zabaldu den beste zoologia anekdotiko eta koloretsu horretatik; hain zuzen ere, kasurik onenean ikasleek hasieran daukaten irudi horretatik.

Gure *Zoologia Orokorra* hau Biologia lizentziarako lehen mailan ikasten den Zoologia irakasgairako egokitu dugu, haren programaren lehen herena besarkatuz. Izatez, ikaslearen lana erraztu nahi izan dugu, eta horretarako, bildu eta, hein batean, “mamurtu” egin ditugu normalean eskuliburuetan sakabanatuta eta gordinik egoten diren oinarritzko ideiak, ezinbestekoak direnak zoologia era zientifiko batean ulertzeko. Esan gabe doa, *Zoologia Orokorra* hau lagungarri suerta daiteke, halaber, lizentziatura bereko gainerako zoologia-irakasgaietan, kontzeptuak freskatzeko-edo.

Era askotako laguntzak eduki izan ditugu idazlana egin bitartean.

Alde batetik, UPV/EHUko Euskara Errektoreordetzak kudeaturiko Euskarazko Testugintza Sustatzeko Diru-laguntzak aipatu nahi ditugu; izan ere, beraien 2002ko deialdiari esker deliberatu genuen abian jartzea luzaroan egitasmo hutsa izan dena.

Testuinguru berean, Amaia Lasheras eta Lorea Arrietari ere gure esker ona adierazi gura diegu, gure eskuizkribua irakurri eta orraztu baitute, eta hainbat zuzenketa eta hobekuntza proposatu dizkigute.

Era berean, zorretan gaude Udako Euskal Unibertsitatearekin, bereziki Nekane Intxaurtzagaz, bera izan da-eta akuilu eta adore-emailea, maketazioaren ataza astuna eroateaz gainera. Halaber, Ander Altunarena izan da hizkuntzaren ardura.

Nolanahi, ez dago esan beharrik, geurea da errua akatsen bat itzuri bada.

1. Zoologia: kontzeptua. Animalia Erreinua: definizioa eta gogoeta orokorra

Zoologia (grekoz *zoon*, ‘animalia’ eta *logos*, ‘trataturia’, ‘jakintza’) animaliak aztertzen dituen zientzia da. Hasteko, beraz, animalia zer den ikusi beharko genuke.

Edozein hiztegitan begiratuta, tankera honetako definizioaren bat aurkituko dugu: *animalia*, ‘sentitzeko eta berez mugitzeko gai den biziduna’. Baina, begibistakoa denez, ezer gutxi da aurrekoa esatea: mikroorganismoak ere higitzen dira eta bai landareak ere, zinematografiaren eta bideoaren tekniken bidez ikus daitezkeenez. Bestalde, animalia batzuk ez dira mugitzen, esate baterako, lanpernak, muskuiluak, ostrak, belakiak, koralak... helduak direnean behintzat. Eta sentikortasunari dagokionez, gauza bera esan behar da. Kasurako, landare batzuen hostoak, mimosenak adibidez, itxi egiten dira ukitzen ditugunean; hau da, suposatzekoa da zerbait sentitu egiten dutela.

Historikoki begiratuta, gizakiak mundu biziaren barruan sailkatu ditu animaliak eta landareak, eta mineralak, oster, mundu bizibakoan. Gainera, aspaldidanik bereizi du animalia eta landareen artean. Horixe da kultura klasikoan agertu zena, eta kontzeptzio aristoteliko hori ia-ia gaur arte iritsi da Mendebaldeko kulturari. Baina, jakina, denbora luze horretan behaketa ugari egin da, gero eta bizidun gehiago deskribatuz eta ezagutuz, betiere erreinu biren eskema edo sistemari jarraituz sailkatu direlarik. Ikuspegi horren barruan, Linnseus-ek (1758, 10. edizioa), bizidun guztien ordenamendurako erreinu bi proposatu zituen formalki *Systema Naturae* liburuan: *Animalia* eta *Plantae* erreinuak. Noski, sistema xume horrek anbiguitasuna sortzen du organismo sinpleenetarantz hurbilduz goazela.

ANIMALIEN ETA LANDAREEN ARTEKO DESBERDINTASUNAK

Begibistakoak dira animalia eta landare morfologikoki diferentziatuen arteko desberdintasunak. Edozelan ere, elikadura-mota da desberdintasun garrantzitsuen maila fisiologikoan: landareak autotrofikoak dira, hau da, gai dira euren elikadurarako molekula organiko propioak sintetizatzeko, horretarako, energia-iturri bezala eguzkitiko energia erabiliz, ura eta karbono dioxidoa lehengai bezala eta klorofila pigmentu bezala. Animaliak, oster, heterotrofikoak dira, hots, landareek sintetizatzen dituzten molekula organikoez elikatzen dira. Hortaz,

animalia gehienak landareen ekoizpen primarioaren menpe daude, eta horregatik ez da harritzekoa landareen biomasa (fitomasa) %99 izatea, eta animaliena (zoomasa) %1. Elikadura-motarekin erlazionatuta, landareetan materia-trukea gorputzaren gainazalean zehar gertatzen da; animalietan barnekoa izanik, beraien gorputz-hormen barruan.

Alde morfologikotik, landareen eta animalien arteko desberdintasun garrantzitsuena maila zelularrean datza: landare-zelulek zelulosazko horma dute, eta, ostera, animalien zelulak biluziak dira. Bestalde, landareak adarkatuta daude eta substratuari lotuta bizi dira; animaliak, aitzitik, berez mugitzeko gai dira, eta hori kinadei erantzuteko ahalmen handiarekin erlazionatuta dago. Horrela izanik, animaliek nerbio-sistema gutxi-asko konplexuak dituzte, zeintzuek informazio sensoriala sistema motorekin eta erantzunen ekoizleekin koordinatzen baitute.

Animalien ugaritasuna. (Brusca eta Brusca, 1990etik hartua).

Animalia-talde desberdinetako espezie bizi ezagunen gutxi gorabeherako kopuruak. Zenbait taldetako adituen iritziz, kopuru horiek benetan bizi diren espezie guztien zati txiki bat izan litezke, soil-soilik; aieru hori bereziki egiazkoa dela dirudi nematodo, intsektu eta akaroei dagokiela. Ohar zaitez artropodo eta kordatuaren kasuan *subphylumak* kontsideratu direla, eta bai protozooak denak batera zenbatu direla.

Protozoa (35.000)	Entoprocta (150)	Phoronida (15)
Placozoa (1)	Loricifera (9+)	Chaetognatha (100)
Mesozoa (100)	Annelida (15.000)	Echinodermata (7.000)
Porifera (9.000)	Echiura (135)	Hemichordata (85)
Cnidaria (9.000)	Sipuncula (250)	Chordata:
Ctenophora (100)	Pogonophora (135)	Urochordata (3.000),
Platyhelminthes (20.000)	Vestimentifera (8)	Cephalochordata (23),
Nemertea (900)	Tardigrada (400)	Vertebrata (47.000)
Gnathostomulida (80)	Onychophora (80)	
Rotifera (1.800)	Arthropoda:	
Gastrotricha (450)	Cheliceriformes (65.000),	
Kinorhyncha (150)	Crustacea (32.000),	
Nematoda (12.000)	Uniramia (860.000).	
Nematomorpha (230)	Mollusca (100.000+)	
Priapula (15)	Brachiopoda (335)	
Acanthocephala (700)	Ectoprocta (4.500)	

Beste desberdintasun garrantzitsu bat da animaliek lortutako dibertsitate nabarmena: gutxi gorabehera, 1,2 milioi animalia-espezie deskribatu dira, eta soilik 0,5 milioi landare-espezie. Animaliei dagokienez, artropodoak dira ugarienak, eta haien barruan intsektuak. Dena dela, burutu diren estimazioen arabera, animalia-espezieen kopuru erreala 10-100 aldiz handiagoa izan daiteke. Izatez, 13.000 espezie berri deskribatzen dira urtero.

ERREINU BIREN PROPOSAMENAREN ARAZOAK

Ikusi dugunez, animalia eta landareen arteko banaketa dualista eta klasikoa Linnseus-ek formalizatu zuen *Systema Naturae* liburuan. Aipatu gabe, baina inplizituki, autotrofia/heterotrofia ezaugarria erabiliko zen sailkatzeko orduan.

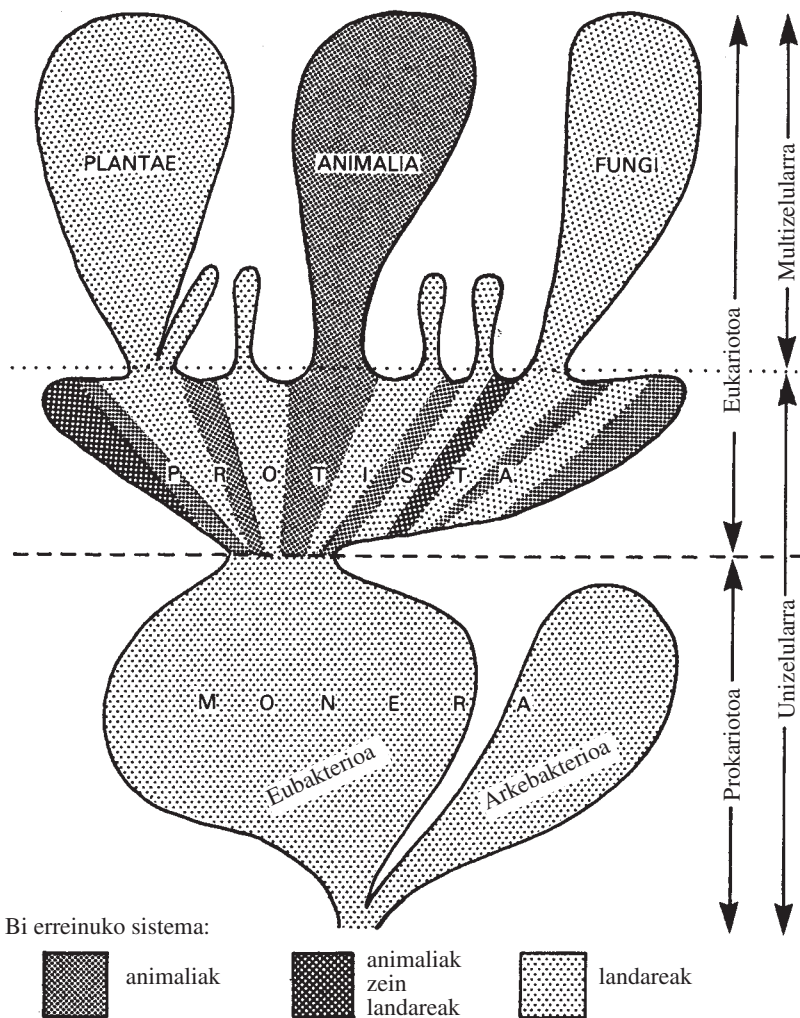
Nolanahi ere, mikroskopiaoren erabilerak hainbat eta hainbat organismo plazaratu zituen, gehienak unizelularrak. Beroriek landare edo animalia gisara sailkatu ziren pigmentu fotosintetikoaren presentzia edo gabeziaren arabera. Bazeuden beste zenbait irizpide horretarako, esate baterako, fotosentikortasuna, elikadura-mota, higiduraren presentzia edo absentsia, kanpoko itxura, eta abar. Baina, oso laster aurkitu ziren organismo mistoak, hau da, aldi berean landareen eta animalien ezaugarriak zituzten organismoak, eta, hortaz, sailkatzeko arazoak hasi ziren. Esate baterako, *Euglena chlamydomonas* mikroorganismo unizelularrak animalien eta landareen ezaugarriak dauzka: alde batetik, fotosintesia egiteko gai da, baina, bestetik, baita mugitzeko eta janari-kiziak irensteko ere. Orduan, non sailkatu organismo hori? Haeckel-ek (1866) hirugarren erreinu baten eraiketa proposatu zuen bizidun unizelularrak batzeko: Protista erreinua, hain zuzen.

Eskema horren barruan ere, laster agertu ziren arazoak, zeren, autore batzuen arabera, Protista erreinuak eduki desberdinak onar baititzake. Hau da, azken batean, definizio-arazo bat dago. Horrela, protisto, soilik organismo unizelularrak (kolonialak barne) kontsidera daitezke autore batzuen ustez, edo kasu zabalenean, organismo unizelularrak gehi diferentziazio histologikorik gabeko plurizelularrak. Bigarren definizio hori onartuz, organismo unizelularrez gain, onddoak, algak eta belakiak sailka daitezke Protista erreinuaren barruan.

Zelula prokariotiko eta eukariotikoen antolakuntzen arteko desberdintasun nabarietan oinarrituta, 1956. urtean Copeland-ek lau erreinuko sistema berria proposatu zuen: 1/ Monera erreinua: organismo prokariotikoak (bakterioak) besarkatzeko. 2/ Protoctista edo Protista erreinua: organismo eukariotikoak, dela unizelularrak dela diferentziazio zelular gabeko plurizelularrak (protozooak, algak, onddoak) besarkatzeko. 3/ Metaphyta edo Plantae erreinua: alga berdeak eta goi-landareak besarkatzeko. 4/ Metazoa edo Animalia erreinua: animaliak.

Azkenik, 1969. urtean, Whittaker-ek bosgarren erreinu bat proposatu zuen, bertan onddoak kokatzeko: Fungi erreinua, hain zuzen. Beraz, bizidunak bost erreinutan sailka daitezke: Monera, Protista, Fungi, Plantae eta Animalia erreinuetan.

Bost erreinuko sistema



Bost erreinuko sailkapen-sistema eta bertako animalia/landare dikotomia. (Barnes *et al.*, 2001etik hartua).

Bost erreinuok elkarrengandik bereizteko erabiltzen diren irizpideak ondoko hauek dira:

1/ Antolakuntza prokariotikoa duten bizidunak..... Monera erreinua
(bakterioak)

Antolakuntza eukariotikoa dutenak..... 2

(gainerako bizidun guztiek antolakuntza eukariotikoa dute, eta, beraz, bestelako irizpideetan finkatu beharko dugu sailkapena)

2/ Organismo unizelularrak, edo multizelularrak baina
diferentziazio histologikorik gabeak..... Protista erreinua
(algak, protozooak, espora gabeko onddoak)

Organismo plurizelularrak diferentziazio histologikoa dutenak..... 3

3/ Organismo autotrofikoak..... Plantae erreinua
(goroldioak, iratzeak, goi-landareak)

Organismo heterotrofikoak..... 4

4/ (Animaliak eta onddoak bereizteko irizpidea ez da, printzipioz, hain nabaria. Talde biak heterotrofikoak dira, eta liseriketa intra edo estrazelularra eta xurgapena edukitzen dute. Baina, onddoek beren elikagaia den materia organikoan bertan egiten dute liseriketa, eta ostean dator xurgapena; animaliek, ordea, gorputz barruan sartzen dute elikagaia ingestio-prozesu baten bidez. Beraz, irenspena da talde bien artean bereizteko irizpidea)

Barrunbe baten barrurainoko ingestioa,
hau da, janaria irentsi egiten da..... Animalia erreinua

Ingestiorik gabeko organismoak..... Fungi erreinua
(perretxikoak, lizunak, likenak)

ANIMALIA ERREINUAREN DEFINIZIOA

Erreinu bakoitza definitzeko, beraz, azaldutako ezaugarri bereizgarriek balio dute, eta beste berezitasun osagarri askok ere. Dena dela, hasierara itzuli gara berriro, hau da, animalia zer den definitzera, edo beste modu batez, Animalia multzoa zehaztera.

Sei erreinuak. (Brusca eta Brusca, 1990etik hartua).

Gaur egungo sailkapen bat, Lurreko bizidunen sei erreinuak definituz. Ez dira sailkapenean sartu birusak eta behezagoko mailetakako organismoak (birioideak eta prionak).

Monera erreinua:

Prokariotoak (hau da, bakterioak, zianobakterio edo alga berde-urdinkarak inkludituz, eta espiroketak).

Protista erreinua (= Protoctista):

Mikroorganismo eukariotiko zelulabakarrekoak: protozooak, diatomeoak, eta alga diatomeo-itxurakoak, mixomikotoak.

Fungi erreinua:

Onddoak: lizunak, perretxikoak, legamiak. Organismo zelulanitz, saprobio, heterotrofikoak.

Plantae erreinua:

“Benetako” landareak: alga gorri, marroi eta berdeak, briofitoak, eta landare baskularrak. Organismo zelulanitz, fotosintetiko, autotrofikoak.

Animalia erreinua:

Animalia multizelularrak. Organismo zelulanitz, ingestibo, heterotrofikoak.

Archaeobacteria erreinua:

Mikroorganismo anaerobiko, metano-ekoizleak.

Whittaker-ek Animalia erreinua modu honetara karakterizatu du: organismo multizelularrez osotua da, zeintzuk zelula eukariotiko biluziez (hau da, hormabakoak) eratuak baitira, plastidio eta pigmentu fotosintetizatzaileak gabe. Elikadura heterotrofikoa dute, bai ingestioa eta bai digestioa egonik, nahiz eta soilik xurgapena egiten duten animaliak, barrunbe digestiborik gabekoak, salbuespen gisa agertu (sekundarioki). Goi-mailako animalien diferentziazio histologikoa eta antolakuntza gainerako erreinuetan lortutakoak baino askoz ere korapilatsuagoak izaten dira, eta badituzte sistema neuro-sentso-motoreak eta higikortasuna zuntz uzkurkorretan

oinarrituta. Ugalketa nagusiki sexuala izaten da, eta ziklo biologikoa diplontea; egoera haploideoak gameto-aldietara murrizten dira orokorrean. Ingurune guztietan bizi daitezke, primarioki akuatiko itsastarrak izanik.

Whittaker-en definizio hori eztabaidagarria da zenbait kontutan; bereziki, eta zoologo tradizionalen ustez, protozooak Animalia erreinutik kanpo geratzen direlako, eta, izan ere, protozooak Zoologiako testu-liburu gehienetan agertzen dira.

Laburbilduz, animaliak era honetara defini ditzakegu: bizidun eukariotikoak, heterotrofikoak eta multizelularrak, ugalketa sexuala eta ziklo biologiko diplontea dutenak.

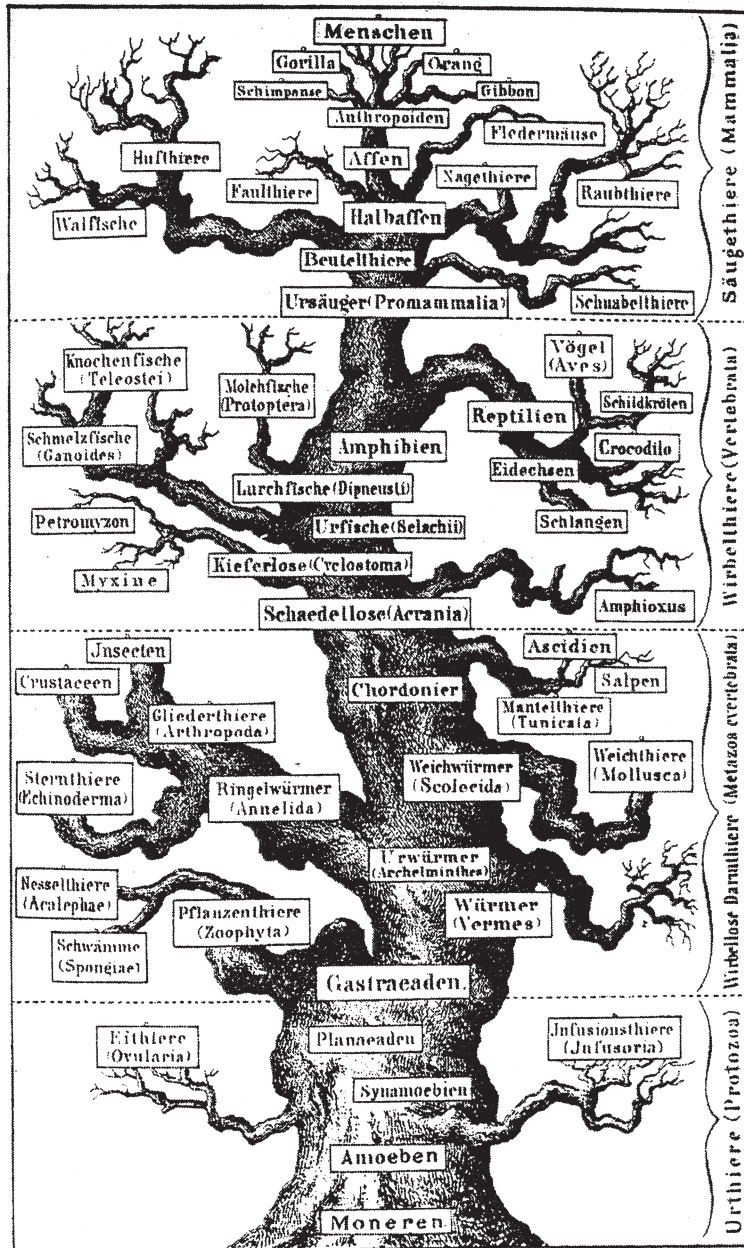
ZOOLOGIA: ZER DA?

Gaur egun, Zoologia animalien ezagumendu zientifikoa da. Diziplina honetan, helburua eta objektua da animalia, eta ez bektorea eta ez bitartekoa ere.

Animaliak eskuratu eta gero has daitezke deskribatzen euren kanpo-itxura, barne-egitura, organoen egitura, aparatu eta sistemen jarduera, sexualtasuna, ugalketa-mota, garapena, hazkundea eta ziklo biologikoa. Gainera, animalia jakin horiek sailkapenaren barruan kokatuko ditugu, eta, era berean, zehaztu beharko genuke zein biotopotan aurki ditzakegun, edo zein jokabide duten.

Ikus daitekeenez, Zoologiaren alorra oso zabala da, eta, beraz, atal batzuetan banatuta dago. Hasteko, dikotomia bat daukagu, alegia, Zoologia orokorra / Zoologia berezia. Zoologia orokorraren barruan, hurrengo diziplinak aurki ditzakegu:

- Animali morfologia: animalien itxura, egitura eta antolaketa.
- Enbriologia: animalien garapena, lehenengo faseetatik eklosio edo jaiotzaraino.
- Animali ontogenia: animalien garapen morfologiko eta funtzionala.
- Animali fisiologia: animalien funtzionamendua.
- Paleozoologia: animalia fosilen azterketa.
- Zoogeografia: animalien banaketa geografikoaz eta berorren zergatikoez arduratzen da.
- Ekologia: non bizi diren eta inguruarekiko dauzkaten harremanak.
- Etologia: animalien jokabidea.
- Zoologia aplikatua: animalien ikerketa praktikoa eta teknikoa.



Haeckel-en (1874) arbola ebolutiboa. (Gould, 1977tik hartua).

Eta Zoologia bereziari dagokiola, besteak beste, hurrengo hauek:

- Nematologia: nematodoak ditu aztergai.
- Malakologia: moluskuak.
- Akarologia: akaroak.
- Entomologia: intsektuak eta artropodoak oro har.
- Kartzinologia: krustazeoak.
- Iktiologia: arrainak.
- Herpetologia: narrastiak.
- Ornitologia: hegaztiak.
- Mastozoologia edo Mamalogia: ugaztunak.

Zoologia ikasgaia hain zabala izanik, Sistematika Zoologikora mugatuko dugu, hau da, animalia espezieen eta talde zabalagoen ikasketa deskriptibo, konparatibo eta esplikatibora. Edo beste modu batez esanda, animalia dibertsitatearen ikasketara.

2. Animali ontogeniazko oinarriak. Orri blastodermikoak eta zeloma: kontzeptua eta jatorria. Protostomia eta deuterostomia

UNIZELULARRA VS MULTIZELULARRA

Protisto gehienak unizelularrak dira, hots, zelulabakarrak; oster, metazooak (animaliak) multizelularrak dira, zelulanitzak, hau da, euren gorputzak zelula askoz osotuta daude. Zeintzuk dira maila bi horien arteko desberdintasunak?

Demagun hazkunde-medio bi dauzkagula, A eta B. Lehenengoan, edozein animaliarene zigoto bat sartu dugu, eta bigarrenetan, edozein protisto-espezieren zelula (organismoa). Denbora-tarte jakin bat iragan eta gero, bai A eta bai B ere zelula asko aurkituko ditugu, denak lehenengo zelularen ugalketa mitotikoz sortuta. A medioan, enbrioi gutxi-aski garatu bat daukagu, eta B medioan, protisto-espeziearen populazio bat. A medioan organismo multizelular bat daukagula esango dugu, eta Bn, organismo unizelular asko dauzkagula. Puntu honetan arazo bi aurkeztuko ditugu:

1. Ba ote dago desberdintasunik maila multizelularren eta unizelularren artean, edo A eta B hazkunde-medioen artean?
2. Nola sortu da multizelularitate-egoera, hau da, animalietan zelan iragaten da maila unizelularretik (zigotoa) maila multizelularreraino?

1. Maila unizelularren eta multizelularren arteko desberdintasunak

Hasteko, B hazkunde-medioan, zelulak lehian daude: norgehiagoka, elikagaia eta oxigenoa lortzeagatik eta katabolitoak eta CO₂-a askatzeagatik gertatzen da, eta, ondorioz, zelulak ahal denik eta gehien sakabanatzen saiatzen dira eta horretarako elkarrengandik ahalik eta aldenduen jarriko dira. Printzipioz, edozein taldekamendu kaltegarria izango da, zeren eta elikagaiengatik lehiaketaren emendioa eta medioaren kutsadura ekarriko baititu. Horregatik, organismoek banaketa espazial erregularra aurkeztuko dute.

Aitzitik, A hazkunde-medioan dauzkagun organismoen zelulak elkartuta daude, eta banaketa kutsakorra aurkezten dute. Zelulen arteko harremanak lehiakorrak izango balira agregazio hori oso kaltegarria izango litzateke. Baina kasu honetan, zelulek integrazio-harremanak ezartzen dituzte elkarren artean, hau da, lan fisiologikoa banatuta dago zelulen artean. Horrek zelulen diferentziazio morfologikoa ekarriko du, eta espezializazioa azken batean.

Laburtuz, funtzioak **trofoblasto** (elikadurarako) eta **zinetoblastoaren** (erlaziorako) artean banatzen direnean, multizelularitate-hasiera dagoela onartuko dute zoologoek. Aipatu berri ditugun trofoblasto eta zinetoblasto horiek, geroago azalduko ditugun endoblasto eta ektoblasto enbrionarioei dagozkie hurrenez hurren. Egoera hau abantailosa da, eraginkortasun handiagoa lortzen baita: zelula bakoitzak funtzio bakar bat bete dezake.

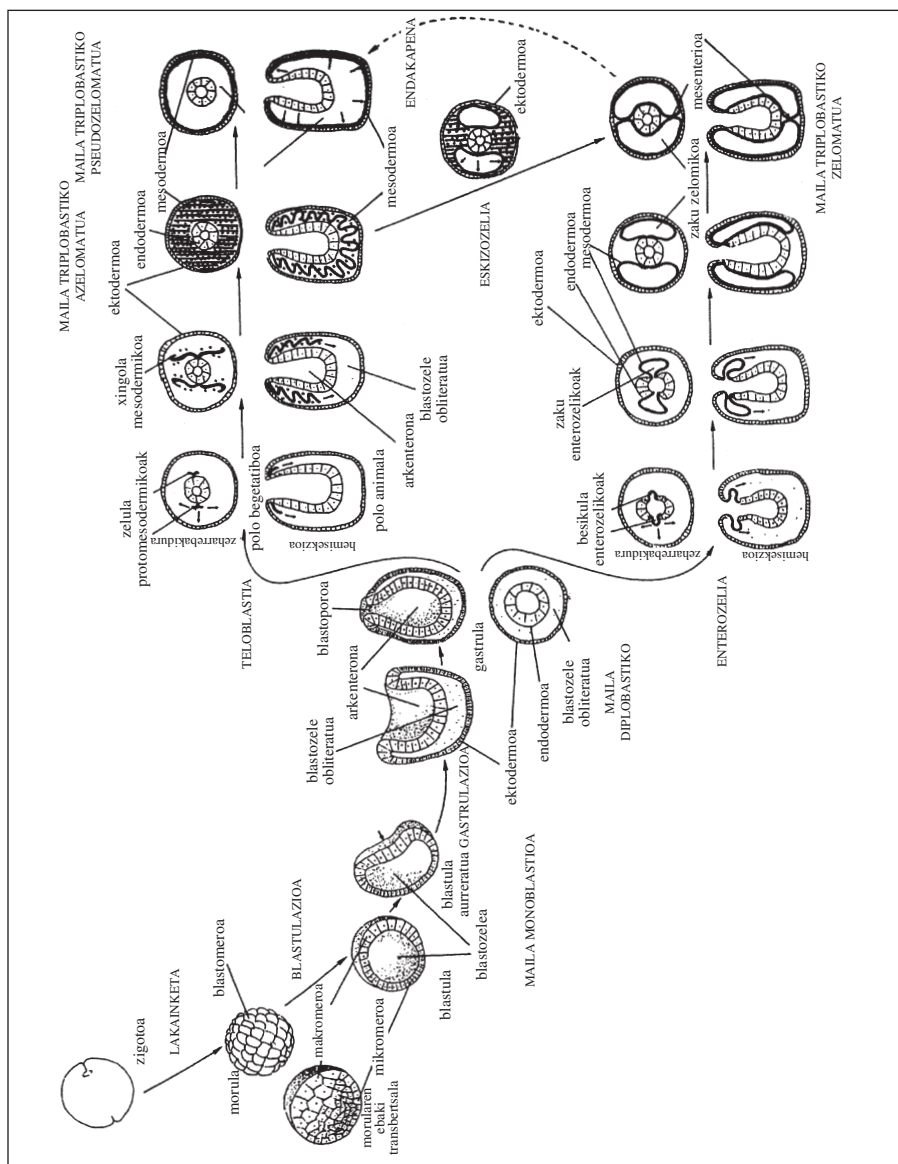
2. Egoera multizelularren jatorria

Jatorriari dagokiola, alde bi har daitezke kontuan. Batetik, jatorri historikoa, hau da, nola lortu zen maila multizelularra eboluzioan zehar, eta bai zeintzuk izan ziren lehenengo bizidun multizelularrak, baina hemen ez gara horretaz mintzatuko. Beste alde batetik, jatorri partikularra dugu, hau da, animalien kasuan zelan iragaten den maila unizelularretik (zigototik) maila multizelularrera.

Animalia gehienek gameto haploideo oso desberdin biren fusioz hasten dute bizitza, arrautza ernaldu modura. Fusioak zigoto diploidea eratzen du, eta zelula bakar berezi horretatik eratortzen da izaki heldu multizelularra. Hau da, unizelularitatea multizelularitate bihurtzen da animalia bakoitzaren garapenean zehar; izatez, **garapena** deritza zigototik abiatuta izaki heldua itxuratzen duen aldaketa-multzoari.

GARAPEN ENBRIONARIOAREN EREDU OROKORRA

Nahikotxo laburtuz, garapen-prozesua eskema honetara ekar dezakegu: Animalia berri baten bizitza obulu eta espermatozoidearen material genetikoaren fusioz abiatzen da. Fusio horri **ernalketa** deritza. Osteko prozesuari **enbriogenesia** esaten zaio. **Enbrioi** izenak animalia baten bizitzako lehen faseko izakia adierazten du, alegia, arrautza barruan edo amaren baitan dagoena; arrautzaren eklosio ostetik, edo behin jaio eta gero, animalia jadanik ez da enbrioia izango. Beraz, ernalketan hasi eta eklosio edo jaiotzarainoko garapen-urratsek **enbriogenesia** osotzen dute. Bestalde, **ontogenia** esaten zaio animalia baten bizitza osoari, hau da, ernalketan abiatu eta heriotzan bukatu arteko prozesuari.



Metazooen enbriogenesiaren eskema orokorra, eta bertan adierazita lakainketa, blastulazioa, gastrulazioa, eta loblastia, eskizozelia eta enterozelia, besteak beste.

Prozesuko gertaerarik inportanteenak ondoko hauek dira:

Gametoen erakuntza: espermatozoideak eta obuluak eratu eta heldu egiten dira.

Ernalketa: espermatozoide (n) eta obuluaren (n) fusioa **zigotoa** (2n) eratzeko.

Lakainketa: zigotoa blastomeroetan zatikatzen da, lehenago **morula** eta geroago **blastula** itxuratzeko.

Gastrulazioa: orri blastodermikoak (ektodermoa eta endodermoa) eratzen dira (gastrula).

(**Neurulazioa:** hodi neurala eratzen da; ornodunetan soilik).

Histogenesia: gorputzeko ehunak eratzen dira; zelulak desberdintzatu egiten dira.

Organogenesia: organoak eratzen dira.

Arrautzaren eklosioa edo jaiotza.

Hazkundera: organoen tamaina handitu egiten da; helduaren gorputz-forma lortzen da.

Heldutasuna: obulu eta espermatozoideak heldu egiten dira.

Heriotza.

Enbriogenesia: ernaketatik eklosio edo jaiotzara arte.

Garapena: ernaketatik heldutasunera arte.

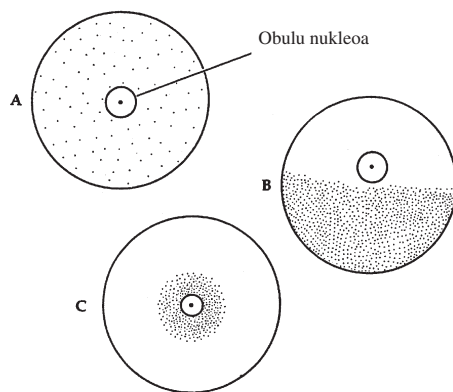
Ontogenia: ernaketatik heriotzara arte.

ARRAUTZA-MOTAK

Metazooen arrautzak sailkatzeko, berezitasun bi erabiltzen dira normalean; alegia biteloaren kantitatea eta bai bitelo horrek arrautza barruan duen kokapena. Faktore horiek, gainera, oso eraginkorrak dira garapen-prozesuan, zeren, biteloa zigotoaren mantenua izanik, bizitzaren lehen urratsetako oinarria baita.

Bitelo-kantitatearen arabera, honako arrautza-mota hauek ditugu:

- Arrautza **alezitiko** izenekoek ez dute bitelarik.
- Arrautza **oligolezitiko** izenekoek oso bitelo-kantitate txikia edukitzen dute.
- Arrautza **mesolezitiko**ek bitelo-kantitate ertaina edukitzen dute.
- Arrautza **teleleazitikoak** bitelo askodunak izaten dira.



Arrautza-motak. Puntuak zitoplasma barruko biteloaren bai banaketa eta bai kontzentrazio erlatiboa adierazten dituzte. A, Arrautza isolezitikoa: bitelo-kantitatea baxua da eta uniformeki banatuta dago. B, Arrautza telelezitikoa: biteloa polo begetatiboan kontzentratuta dago, eta bitelo-kantitatea oso aldakorra da mota horretako arrautzetan. C, Arrautza zentrolezitikoa: biteloa zelula erdian kontzentratuta dago. (Brusca eta Brusca, 1990etik hartua).

Eta bitelo-kokapenaren arabera:

- Arrautza **isolezitikoe**k zelula osoan zehar uniformeki zabaldutako bitelo-kantitate txikia edukitzen dute.
- Arrautza **telolezitikoe**k arrautzako mutur batean (polo begetatiboan) kontzentratuta edukitzen dute biteloa.
- Arrautza **zentrolezitikoe**z mintzatzen da, biteloa erdiko gunean kontzentratuta agertzen denean.

LAKAINKETA

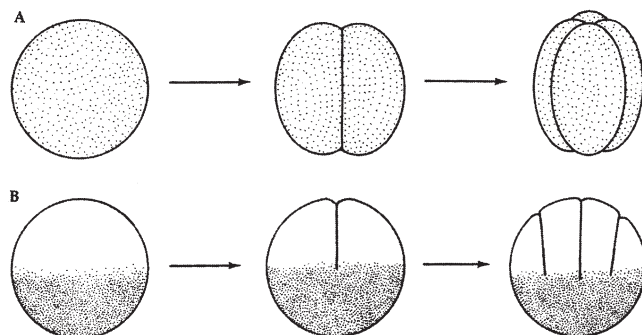
Lehen ikusi dugunez, zigotoa izaki multizelular bihurtuko da garapenean zehar. Eraldaketa sakon hori **lakainketa** deritzon prozesu bidez burutzen da, hau da, zatiketa mitotikoen sorta luze batez, zeinean zehar zigotoa hainbat zelula txiki sortuz partituko baita.

Lakainketa-prozesuan agertutako zelula horiei **blastomero** deritze. Lakainketa enbrionarioan ez dago zigotoaren bitelo-emendiorik; hau da, zigotoa hainbat zelulatan zatituko da baina tamaina ez da aldatuko. Bestetik, lakainketaren abiada oso handia izaten da: zelula tumoralen zatiketa-abiadura baino altuagoa izan daiteke. Adibidez, igelaren arrautza 37.000 zelularaino zatika daiteke 43 ordutan.

LAKAINKETA-MOTAK

Lehenago aipatu dugunez, biteloaren bai kantitateak eta bai kokapenak ondorioztatzen dituzte lakainketaren zenbait berezitasun, alabaina, beste ezaugarri batzuk bizidun bakoitzaren programa genetikoarekiko inherenteak dira. Horiek horrela direlarik, era desberdinetara gauzatu ahal da lakainketa-prozesua. Ikus ditzagun era horiek, azal-azaletik bada ere.

Arrautza isolezitikoe eta telolezitikoe samarrek **lakainketa holoblastikoa** jasaten dute oro har. Hau da, lakainketa-planoez zelula osoa zeharkatzen dute, eta sorturiko blastomeroak elkarrengandik guztiz bananduta daude mintz zelularraz. Ostera, zigotoak bitelo-kantitate handia duenean (esate baterako, arrautza biziki telolezitikoetan), lakainketa-planoez ezin dute bitelo lodi hori erabat zatitu, eta hortaz, blastomeroak ez daude elkarrengandik zeharo bananduta mintz zelularraz. Azken zelula-zatiketa modu horri **lakainketa meroblastikoa** deritzo.



Lakainketa goiztiarrak. A, Lakainketa holoblastikoa: lakainketa-planoeak zitoplasma osoa zeharkatzen dute. B, Lakainketa meroblastikoa: lakainketa-planoeak ezin dute guztiz zeharkatu zitoplasmaren biteloa. (Brusca eta Brusca, 1990etik hartua).

Badaude zenbait termino lakainketa-prozesuan maiz erabiltzen direnak. Lehenago definitu bezala, **polo begetatiboa** esaten zaio zigotoaren biteloa daraman muturrari; besteari **polo animala** deritzo. Lakainketan zehar gertaturiko zelula-zatikek **berdinak** edo **desberdinak** izan daitezke, segun eta sorturiko blastomeroen tamaina nolakoa den. Lakainketa desberdina denean, blastomero handiei **makromero** esaten zaie, eta normalean polo begetatiboan kokatzen dira; blastomero txikiei **mikromero** deritze, eta horien kokapen tipikoa polo animalaren ingurukoa da. Azkenik, tamaina ertaina duten blastomeroei **mesomero** deritze.

Zigotoaren ardatz animal/begetatiboarekiko paraleloak diren ebaketa-planoeak, **zatiketa longitudinal** edo **meridional** direlakoak sortzen dituzte; oster, poloekin perpendikularrak diren ebaketa-planoeak **zatiketa transbertsoak** sortzen dituzte. Zatiketa transbertsoak **ekuatorialak** izan daitezke, baldin eta enbrioaren erdi animala eta erdi begetatiboa berdinak badira. Bestela, **latitudinalak** izaten dira, hau da, ebaketa-planoa ekuatorean zehar pasatzen ez denean. Alegia, zigotoan ardatz animal/begetatiboa defini dezakegu, eta haren arabera, ebaketa-planoeak:

- Ebaketa-plano longitudinalak edo meridionalak, ardatz horrekiko paraleloak direnak.
- Ebaketa-plano transbertsoak, perpendikularrak direnak; mota bikoak izan daitezke:
 - ekuatorialak
 - latitudinalak

Lakainketa, bestetik, **espirala** edo **erradiala** dela esan daiteke, erakusten duen zatiketa-simetriaren arabera. Ikus ditzagun banan-banan.

Lakainketa espirala karakteristikoa da zenbait *phylum*etan, hala nola, Annelida, Sipuncula, Echiura eta Mollusca. Ernaldu gabeko arrautza erradialki simetrikoa da polo animaletik polo begetatiboraino doan ardatzarekiko. Ernalketaren ostean, osagai zitoplasmikoen berrantolamendua dela-eta, bilateralki simetriko bihurtuko da arrautza; jadanik, ezagutu ahal dira enbrioaren plano nagusiak: plano transbertsoa (aurre-aldea eta atze-aldea bereizten dituena), plano sagitala (ezker-eta eskuin-aldeak bereizten dituena) eta plano frontala (alde dorsala eta alde bentrala definitzen dituena).

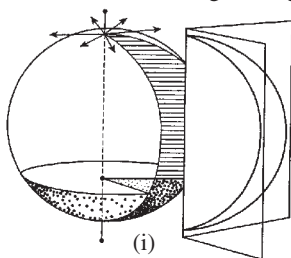
Lakainketa espiralaren kasuan, lehen ebaketa-plano biak longitudinalak dira, hau da, meridiano gisakoak, eta elkarrekiko perpendikularki doaz. Ebaketa-plano bi horiek lehenengo zelulak bananduko dituzte, alegia, AB eta CD direlakoak lehenago, eta A, B, C eta D deritzonak geroago. Oro har, D zelula gainerako hirurak baino handiagoa izaten da, eta berorrekiko erreferentzia bidez identifika daitezke ostean sortuko diren guztiak. Lakainketa espiralaren hirugarren ebaketa-planoa transbertsoa da, eta ekuatore gainetik (edo behetik) pasatzen da. Ebaketa horrek lau zelula txiki bereizten ditu polo animalean (mikromeroak), eta beste lau handiagoak, polo begetatiboan (makromeroak). Lau zelulatik zortzirainoko ebaketak polo animaleko zelulen desplazamendu destrotropikoa erakusten du, hau da, polo animaletik begiratzuz, zelulak erlojuaren orratzen noranzkoan biratuta agertzen dira. Enbrioaren zortzi zelulak identifika daitezke indibidualki:

1a 1b 1c 1d

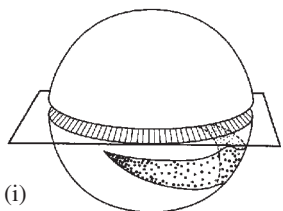
1A 1B 1C 1D

Lakainketa-patroi hau karakteristikoak da *phylum* protostomio batzuetan, hala nola, Nemertea, Annelida, Sipuncula, Echiurida eta Mollusca. Nahikoa erraz beha daiteke bitelo gutxiko enbrioietan, kasurako, itsasoko poliketo eta moluskuenetan.

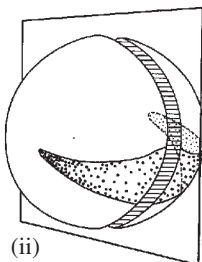
1. Arrautza ernaldubakoa erradialki simetrikoa da, polo animaletik (bitelo gutxiagokoa) polo begetalera doan ardatzarekiko (i). Horrelako arrautza batean baliokideak dira animal/begetal ardatza ebakitzen duten segmentu guztiak.



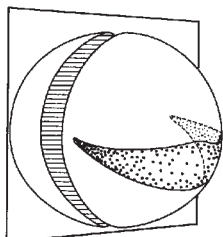
2. Ernalketa ostean, arrautza bilateralki simetrikoa da. Enbrioian ondoko plano nagusiak beha daitezke (ii-iv):



(i)



(ii)



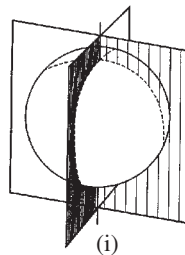
(iii)

(i) Simetria-plano transbertsoak aurrea eta atzea bereizten ditu.

(ii) Simetria-plano sagitalak ezkerre eta eskuina bereizten ditu.

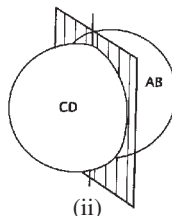
(iii) Simetria-plano frontalak alde dorsala eta bentralla bereizten ditu.

3. Lakainketako lehen zatiketa-plano biak longitudinalalak dira, eta plano frontalaren eta sagitalaren arteko angeluak erdibitzen dituzte (i).

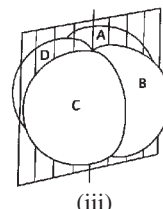


(i)

Lehen zatiketak zelula bi bereizten ditu, AB eta CD (ii); AB zelula handiagoa izaten da normalean CD zelula baino. Bigarren zatiketak lau zelula gauzatzen ditu, alegia, A, B, C eta D (iii).



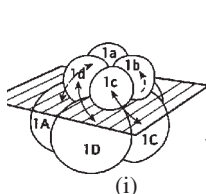
(ii)



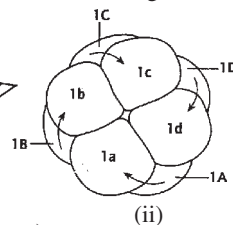
(iii)

Normalean D zelula gainerako hirurak baino handiagoa izaten da, eta berorrekiko erreferentziaz identifikatu eta izendatzen dira lakainketan zehar sorturiko hurrengo zelula guztiak.

4. Hirugarren lakainketa-planoa transbertsoa da eta ekuatore gainetik doa. Plano horrek bereizten ditu polo animaleko lau zelula txikiak polo begetalean dauden beste lau zelula handiagoetatik (i).



(i)



(ii)

Lakainketa espirala. (Barnes *et al.*, 2001etik hartua).

Lau zelula txikiek mikromeroen lehen laukotea osotzen dutela esan ohi da. Lakainketa-planoa enbrioiaren luzerako ardatzarekiko inklinatua denez, mikromeroak makromeroen zelula arteko mugen gainean ezartzen dira, eta, polo animaletik begiratzean, badirudi zelulak erloju-orratzen noranzkoan biratu direla (ii).

5. Enbrioiaren zortzi zelulak identifika daitezke banan bana:

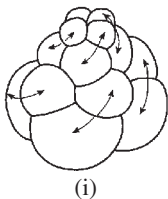
1a 1b 1c 1d

1A 1B 1C 1D

Hurrengo lakainketa guztiak transbertsoak dira, eta mikromeroen ondoz ondoko zatiketa dakarte, eta bai mikromero-laukote berrien agerpena ere, makromeroen lakainketa desberdinez. Laugarren lakainketak 16 zelulako enbrioia bide-ratu du (i). Maila honetako zelulak ondokoak dira:

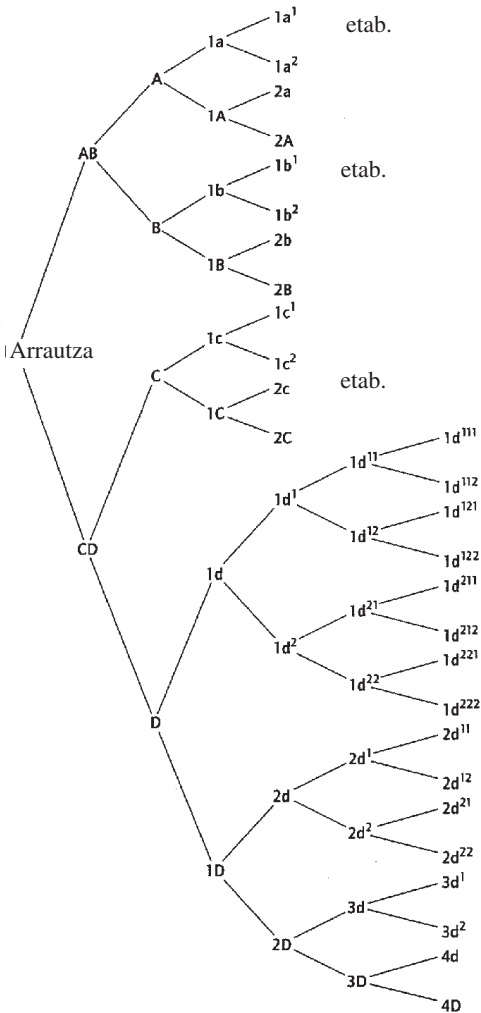
1a ¹	1b ¹	1c ¹	1d ¹	(lehen laukotearen zatiketa)
↕	↕	↕	↕	
1a ²	1b ²	1c ²	1d ²	
2a	2b	2c	2d	(bigarren laukotea)
↕	↕	↕	↕	
2A	2B	2C	2D	(makromeroak)

Lakainketa-planoak inklinatuta daude luzerako ardatzarekiko, eta hortaz, mikromeroen errota-zioa dago, txandaka erloju-orratzen noranzkoan eta kontrakoan.

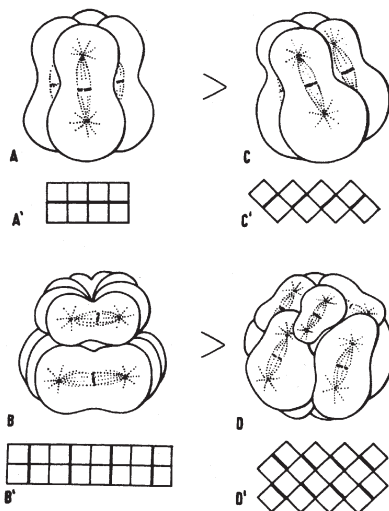


6. Notazio-eskema konbentzional bat garatu da, halatan non, enbrioiaren zelulak banan-banan identifika baitaitezke 64 zelulako mailaraino. Eskema honelakoa da (soilik osotu da D zelularen leinua):

Zelula-kopurua:	1	2	4	8	16	32	64
Lakainketa:	1.a	2.a	3.a	4.a	5.a	6.a	



Hurrengo zatiketak, hau da, zortzi zelulatik hamaseirainokoak, erlojuaren orratzen kontrako noranzkoan desplazaturiko zelulak (lebotropikoak) sortuko ditu. Honen hurrengoa destrotropikoa izango da eta horrela txandakatuz 64 zelulako mailaraino. Aipatutako zatiketa horiek transbertsoak dira.



Lakainketa erradialaren (A, B) eta lakainketa espiralaren (C, D) arteko konparaketa (Siewing, 1985etik hartua).

Bigarren lakainketa-eredura pasatuz, esan dezagun **lakainketa erradiala** ekinodermatu eta kordatuen artean gertatzen dela.

Lakainketa erradiala nahikotxo urruntzen da anelidoek eta moluskuek duten lakainketa-patritik. Ekinodermatuek erakusten dute, eta bai kordatuek ere, nahiz eta era modifikatu batean izan. Itsas trikuetan argiro beha daiteke:

1. *Lakainketa-patroia*. Arrautza ernaldua simetrikoa da bilateralki (i). Lehen lakainketa-plano biak animal/begetal ardatzean zehar dira, eta lehenago zelula berdin bi, eta ostean lau bereizten dituzte (ii eta iii).

Hirugarren lakainketa transbertsoa da eta desberdina, justu ekuatoretik gora (iv). Ondorioz, lau *mesomero* bereizten dira, handitxoak diren lau *makromero*etatik.

Laugarren lakainketa diferentea da goiko zelula-geruzan eta behekoan. Goikoan lakainketa longitudinala da eta zortzi zelulako eratzuna eratzen da. Beheko geruzan lakainketa transbertsoa eta oso desberdina da, lau *makromero* eta lau *mikromero* itxuratuz. Kasu honek mikromeroak polo begetalean daude (v).

Hurrengo zatiketa biak transbertsoak dira goiko erdian, eta txandaka longitudinal eta transbertso behekoan, 64 zelulako enbrioia gauzatuz (vi).

2. *Zelula-identifikazioa*. Lehenengo lau zelulak estrukturalki identikoak direnez, horietatik eratorririkoak ezin dira indibidualki identifikatu, baina, ostera, zelula-geruzak bai.

Konbentzionalki, honelaxe identifikatzen dira 64 zelulako mailan:

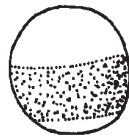
lehen geruza animala= An1 = goiko 16 zelula
bigarren geruza animala= An2 = hemisferio animalaren beheko 16 zelula

lehen geruza begetatiboa= Veg1 = ekuatore azpiko 8 makromerozko eratzuna

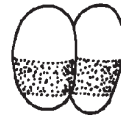
bigarren geruza begetatiboa= Veg2 = hemisferio begetatiboaren beheko 8 makromero

Mikromeroak= mic = polo begetatiboko zelula oso-oso txikien multzoa.

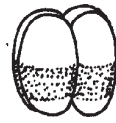
3. *Blastula*. Lakainketa-prozesuak blastula gauzatzen du (vii). Gastrulazioaren abiatzea mikromeroen inbaginazioak determinatuko du (viii).



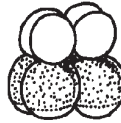
(i)



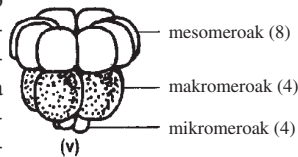
(ii)



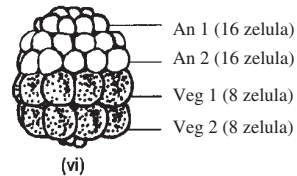
(iii)



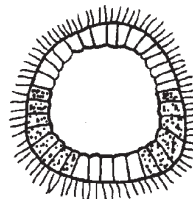
(iv)



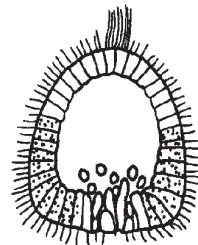
(v)



(vi)



(vii)

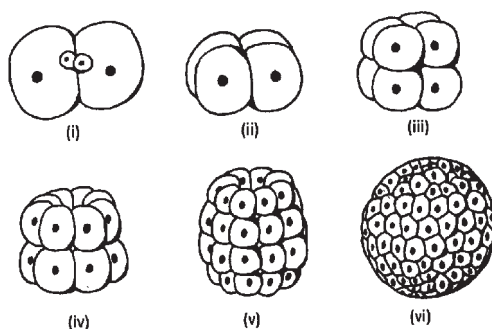


(viii)

Lakainketa erradiala. (Barnes *et al.*, 2001etik hartua).

Bilateralki simetrikoa da ernaldutako arrautza. Lehen ebaketa-plano biak longitudinalak edo meridionalak izaten dira eta elkarrekiko perpendikularrak, eta lau zelula berdin sortzen dituzte. Hirugarren ebaketa transbertsoa da, eta plano a ekuatore gainetik doa (gorago edo beherago bitelo-kantitatearen arabera). Modu horretan, polo animalean lau mesomero sortuko dira, eta polo begetatiboan lau makromero. Laugarren ebaketa berriro ere longitudinala da, estaia bakoitzean 8 zelula gauzatuz. Hurrengo ebaketek 32, 64, 128 eta 256 zelulako enbrio-estadioak ekarriko dituzte, ebaketa meridionalak eta transbertsoak txandakatuz.

Modu horretan gauzaturiko enbrioia lerro horizontaletan paratutako blastomeroez osotuta dago, eta erdian hutsune bat du. Hau da, esfera hutsaren egitura lor-tzen da; morfologia horri **blastula** deritzo, eta, era berean, berorren zelula-geruzari **blastodermo**, eta barruko hutsuneari **blastozele** edo **gorputz-barrunbe primario**.

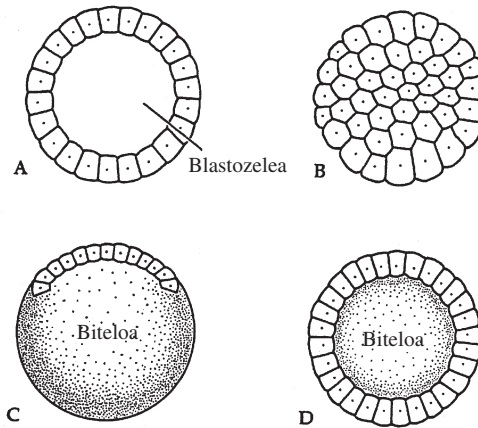


Synapta ekinodermatuaren lakainketa. (i) zelula biko urratsa; (ii) lau zelulako urratsa; (iii) zortzi zelulako urratsa; (iv) 16 zelulako urratsa; (v) lakainketa berantiarra; (vi) blastula. (Barnes *et al.*, 2001etik hartua).

Bestalde, anfibioen kasuan, 16tik 64 zelula tarteko enbrioiei **morula** esaten zaie. Morula, egitura trinkoa da, hau da, hutsunerik gabekoa, eta anfibioei dago-kiela, 128 zelulako estadioan hasiko da agertzen blastozelea. Dena den, morula terminoa zentzu zabalean erabiltzen da lakainketa goiztiarreko blastomero-mordoa izendatzeko.

BLASTULA-MOTAK

Lakainketa-mota espirala izan zein erradiala izan, morula moduko fase batetik pasatu eta gero ko emaitza blastula izaten da. Animalien artean zenbait **blastula-mota** ezagutu dira:



Blastula-motak. A, Zeloblastula. Blastomeroek esfera huts bat itxuratzen dute, zelula bakarrek geruzan antolatuta. B, Estereoblastula. Lakainketak blastomerozko pilota trinkoa sortu du. C, Diskoblastula. Lakainketak blastomero-geruza bat itxuratu du, bitelo-mordoaren gainean. D, Periblastula. Blastomeroek geruza bat itxuratu dute, bere baitan bitelo-mordoa besarkatzen duena. Eskema hauek, animal/begetal ardatzean zehar egindako sekzioei dagozkie. (Brusca eta Brusca, 1990etik hartua).

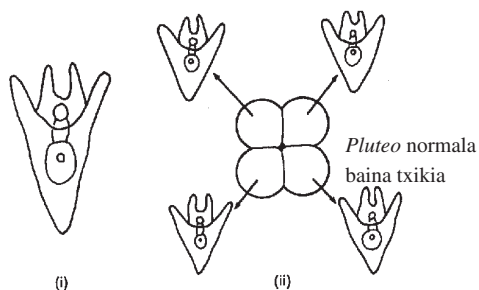
- **Zeloblastula:** barrutik hutsik dagoen zelulazko pilota modukoa da, eta zelula-geruza bakarrekoa izaten du pareta. Esfera barruko espazioa blastozelea da. Erlatiboki bitelo gutxiko arrautzen lakainketa erradialek ondorioztatzen da.
- **Estereoblastula:** blastula-mota hau pilota trinko baten modukoa da; kasu honetan, beraz, ez dago blastozelerik. Lakainketa espiralaren bidez gartzen da sarritan.
- **Diskoblastula:** lakainketa meroblastikoez itxuratzen dute tipikoki. Alde animalean zelula-mordo batek disko bat eratzen du, eta berorren azpitik lakaindu gabeko bitelo-masa agertzen da.
- **Periblastula:** zenbait arrautza zentrolezitik eratzen dute. Periblastula zeloblastularen antzekoa da, baina barruko aldea biteloz betea edukitzen du.

BLASTOMEROEN PATUA

Enbriologoek, garapenean zehar blastomero bakoitzak segitzen duen traiektoa ikertu dute. Horrela, garapena bera deskribatzeaz gainera, konturatu egin dira garapen-mota erlasionatuta dagoela animal talde desberdinen arteko kidetasunarekin.

Hemeretzigarren mendearen amaieran posible bihurtu zen, itsas ornogabeen enbrioien lakainketa-urrats goiztiarretan bakartutako zelulen garapen-ahalmenak aztertzea, bi edota lau zelulako mailan. Emaitzak harrigarriro desberdinak izan daitezke.

1 Ekinodermatuen enbrioia. Lau zelulako mailan banandutako zelulek, *pluteo* normalak (baina txikiak) sor ditzakete zeinek bere aldetik. Enbrio txikiok erregulatibo esaten zitzairen.

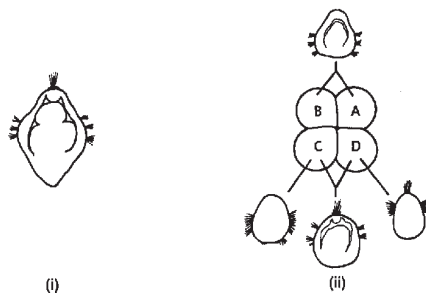


(i) *Pluteo* normala.

(ii) Zelula-isolamenduen emaitzak.

Lau zelulako mailako blastomero bakartu bat zaitu egiten da, mesomero bi, makromero bat eta mikromero bat sortuz, hau da, enbrio tipikoaren lakainketa-patroia erakusten du, eta larba normala itxuratuz segitzen du.

2 Moluskuen enbrioia. Lau zelulako mailan banandutako zelulek enbrio desorekatu edo akastuak sortzen dituzte. D zelula isolatuetatik garaturiko enbrioiek larba normalagoak gauzatzen dituzte, A, B edo C zeluletatik eratorriek baino.

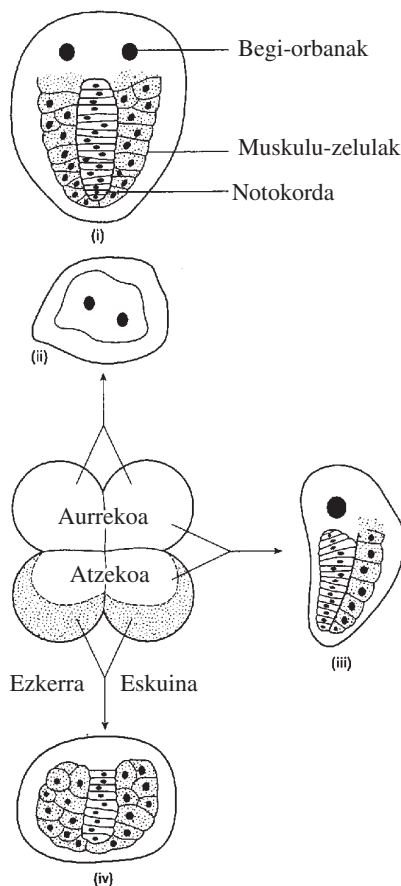


(i) *Patellaren* trokofora normala.

(ii) Trokofora anormalak zelula bakartuetatik eratorriak.

3 Aszidien enbrioia. Aszidien arrautzek zitoplasmazko alde nabarmenki desberdinak erakusten dituzte sarritan; zelula desberdinak itxuratzen dituzte.

Bakartutako blastomeroetatik garatzen diren enbrioak guztiz desberdinak izaten dira, eta euren garapenak, ukitu gabeko enbrio batean sortuko zituzten egiturak islatzen ditu.



(i) “Zapaburu” enbrio normala, besteak beste, begi bikoiak, notokorda eta muskulu bikoiak dituena;

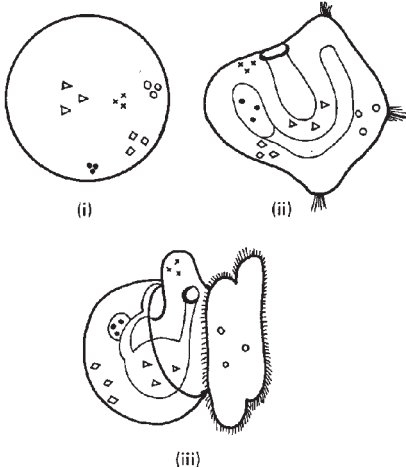
(ii) Aurreko zelula isolatuak;

(iii) Eskuineko zelula isolatuak;

(iv) Atzeko zelula isolatuak.

Garapen erregulatiboa eta mosaikoa, I. (Barnes *et al.*, 2001etik hartua).

1 Destino-maparen printzipioa. Marka desberdinak koka daitezke lakaindubako arrautza batean. Lakainketan eratutako zelulen nahasketarik ez badago, marka genetikoak enbrioia-
ren egitura espezifikoetan agertuko dira.



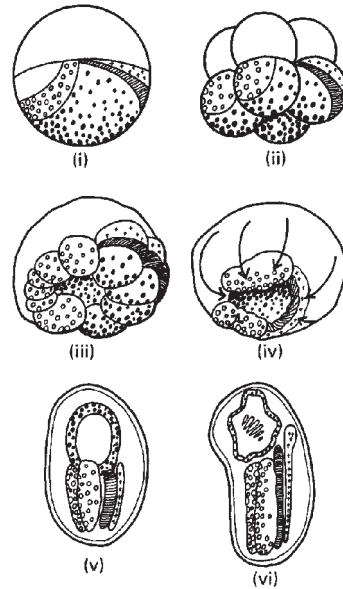
- △△ liseri-hodi presuntiboa
 □□ mantu presuntiboa
 •• operkulu presuntiboa
 x^xx oin presuntiboa

Adibide hipotetiko, molusku-enbrioia-rena.

- (i) Markak arrautzan;
 (ii) Marka bakoitzaren kokapena gastrulazioan;
 (iii) Zelula markatueta urrunketa, enbrioia-
 ren alde espezifikoetara.

2 Markatzaile naturalak. Ernalketa ostean enbrioi batzuek zitoplasma-alde nabarmen diferenteak edukitzen dituzte, eta bai simetria bilateral. Irudiak erakusten duenez, aszidiaren arrautzak zitoplasma-alde diferenteak (i) polo begetaleko zeluletan bereizten dira, (ii); gastrulazioan inbaginatu egiten dira zelula horiek, (iii) eta (iv). Gastrulazioaren ondoren, zelula ikusgarriro zitoplasma diferentiatedunek egitura enbrioniko jakinak eratuko dituzte, (v) eta (vi). Kasu honek iradokiriko galdara da ea markatzaile zitoplasmiko naturalek zelulen destinoa determinatzen duten.

3 Aszidian faktore zitoplasmikoek dute zelula-destinoa determinatzen. Zitoplasma beilegizko alde batek markatzaile natural gisa dihardu zapaburu larbaren muskulu-zelulentzat.



Gastrulazioa eta kokapen zitoplasmikoa aszidietan.

4 Azetilkinesterasa entzima, espezifikoa da muskulu-zelulen garapenerako eta tindatu egin daiteke zitoplasman. Ondoko emaitza esperimentalak behatu izan dira:

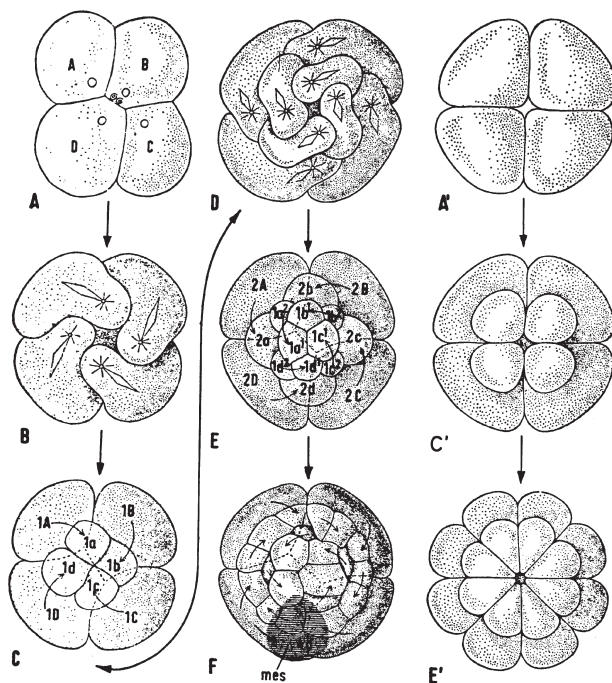
- (a) Entzima, normalean, lehenengo 8 orduen ostetik agertzen da;
 (b) Entzima dagokion unean agertzen da, nahiz eta zelula-zatiketa inhibituta egon drogen eraginpean;
 (c) Entzimaren agerpena inhibitu egiten da D aktinomizina 5 orduraino edo puromizina 7 orduraino;
 (d) Lakainketan zeharreko arrautzaren konpresioak eragin dezake zitoplasma beilegia *normalean jasotzen ez duten zelulei esleitzea*. Orduan zelulok azetilkinesterasa-jarduera erakusten dute.

Esperimentu hauek iradokitzen dute azetilkinesterasa entzima kodetzen duten geneak soilik transkribatzen direla zitoplasma beilegiarekin asoziatuak zenbait faktore jasotzen dituzten zeluletan.

Gene-transkripzioaren eta itzulpenaren unea erloju zelular baten kontrolpean dago, zeina beregaina baita zelula-zatiketarekiko.

Zelularen patua, destino-mapak eta kokapen zitoplasmikoa. (Barnes *et al.*, 2001etik hartua).

Zenbait animaliairen garapenaren behaketek erakutsi dutenez, zelula jakin batzuek aldeaz aurretik esan daitezkeen egitura konketuak eratuko dituzte; kasu batzuetan, zelulen patuak oso goiz determinatuta egoten dira, are 2 edo 4 zelulako estadioan ere. Horrelako enbrioi baten blastomeroren bat esperimentalki erauzten denean, enbrioi horrek ez du garapen normalik edukiko: zelulen patuak finkaturik egon izan dira, eta galdutako zelulak ezin dira ordeztu. Horrela izanik, **garapen determinatua** esaten zaio zelulen patua oso goiz ezarrita erakusten duen animalien garapenarenari. Horrelako kasuetan, arrautzek garapena **mosaiko erakoa** dutela esaten da.

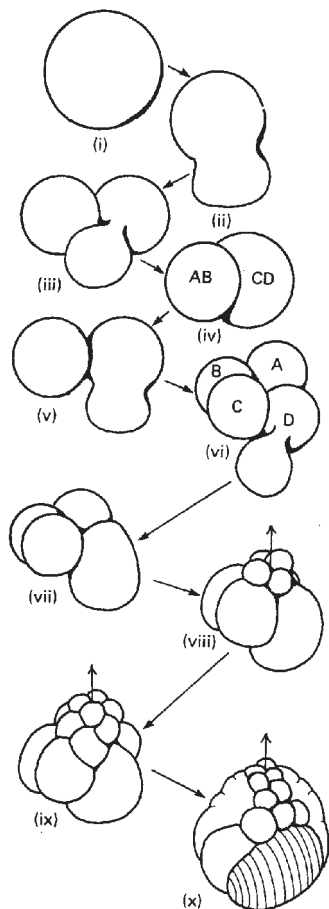


Lakainketa espiralaren (A-F) eta lakainketa erradialaren (A', C', E') arteko konparaketa (Sieving, 1985etik hartua).

Aitzitik, zenbait animaliairen blastomeroak bereizi egin daitezke esperimentalki 2 zelulako estadioan, 4 zelulakoan eta are estadio berantagoetan ere, eta horrelako kasuetan bananduriko zelula bakoitza normalki garatuko da hasierako zigotoa izango balitz bezala. Kasu horietan, blastomero bakoitzaren patua ez dago fixaturik garapeneko fase erlatiboki berantak arte. Animalia horiek **garapen indeterminatua** dutela esaten da, eta arrautza **erregulatiboa** dutela. Kasurako, ekino-dermatuetan, baldintza normaletan gorputzaren erdia edo laurdena edo zortzirena eratuko zuen blastomeroa isolatzen edo erauzten baldin badugu, blastomero hori larba osoa eratzeko gai izango da, baina larbaren tamaina txikiagoa izango da.

Nassarius obsoletus itsas barraskiloaren azterketa esperimentalak.

1 Garapen normala. Itsas barraskilo honek lakinketa espirala erakusten du, eta lobulu polar nabarmena edukitzen du lehen eta bigarren zatiketetan. Horrela izanik, D zelulak jasotzen du lobuluko plasma. Lakainketaren segida honelakoa da:

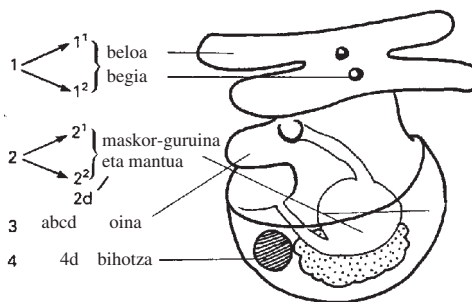


- (i) Lakaindubako arrautza;
- (ii) Lehen lobulu polarraren agerpena lehen zatiketa baino lehenago;
- (iii) "Hirusta" itxura lehen zatiketetan;
- (iv) Bi zelulako urratsa;
- (v), (vi) Bigarren lobulu polarraren agerpena bigarren zatiketetan;
- (vii) Lau zelulako urratsa (ikus D zelula handia);
- (viii) Zortzi zelulako urratsa, lehen mikromerolaukotea agertu eta denbora laburrera;
- (ix),(x) Lakainketa-urrats berantiarra. Zortzi zelulako enbrioia nabarmenki asimetrikoa da, eta D zelularen leinuak bere zatiketa-eritmo propioa du, gainerako leinuekiko desberdina.

2 D zelulen zeregin berezia, *Nassarius* itsas barraskiloaren garapenean.

Zelula-leinuen azterketek erakutsi dutenez, larbaren egitura espezifikoak garatu egiten dira, lakainketaren lehen urratsetan identifika eta izenda daitezkeen zelula indibidualen ondorengoetatik abiatuta.

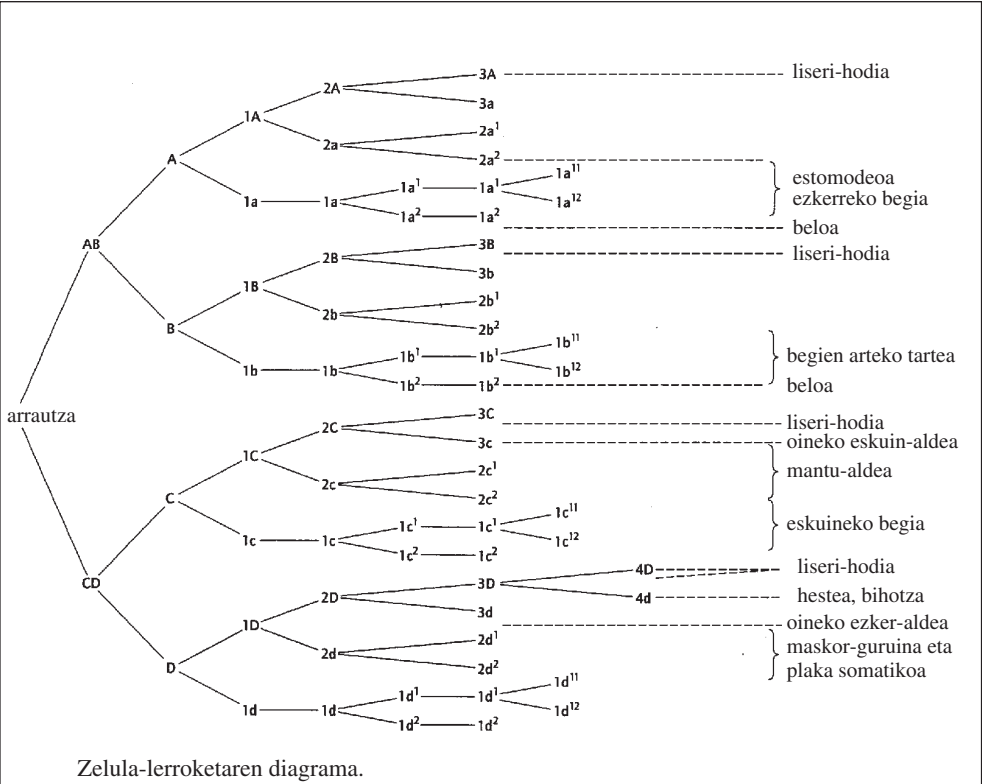
Zelula-lerroketaren diagramak egitura larbalen esleipenak erakusten ditu 29 zelulako urratsean. Ohartu 2d eta 4d zelulek zeregin bereziki garrantzitsuak dauzkatela beliger larbaren eraketan. 4d zelulari mesentoblasto deritzo.



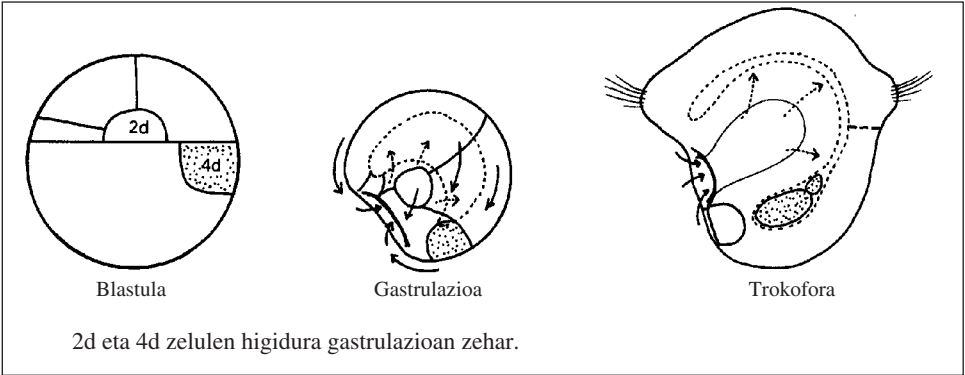
Beliger larbaren antolakuntza (i).

Garapen erregulatibo eta mosaikoa, II. (Barnes *et al.*, 2001etik hartua).

hurrengo orrialdean segida



Zelula-lerroketaren diagrama.

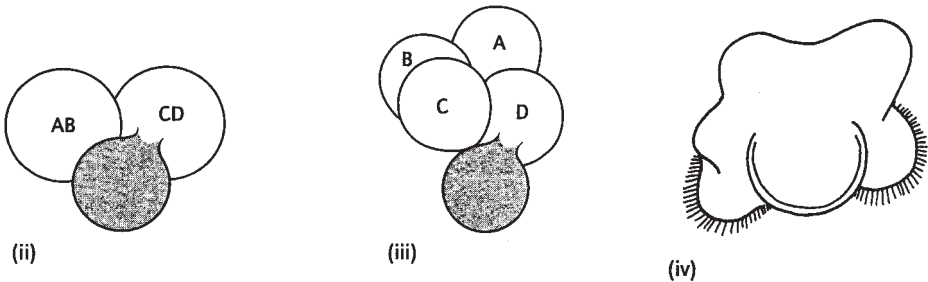


2d eta 4d zelulen higidura gastrulazioan zehar.

Garapen erregulatibo eta mosaikoa, II. (Barnes *et al.*, 2001etik hartua).

hurrengo orrialdean segida

3 Poloko plasmaren zeregin antolatzailea. Itsas barraskilo honetan zitoplasma espezializatuzko lobulu polar nabarmen batek agerraldi laburra du hasierako zatiketak diren bitartean, (ii) eta (iii). Lobulu horretako zitoplasma D zelulak jasoko du.



Lobulu hori erauzi egin daiteke mikrokirurgia erabiliz. Ondorioak dramatikoak dira. Era horretara sorturiko larba lobulubakoek ez dute inolako egitura-antolakuntzarik, baina zelula-desberdintzapenaren zeinu batzuk erakusten dituzte. Ikus adibidea (iv), eta konparatu guztiz garaturiko larbarekin (i). Esperimentu-segida klasiko batean, A. C. Clement-ek (1962) D zelula ondoz ondoko urratsetan erauztearen ondorioak testatu zituen. Emaitzak ondoko taulan laburbildu dira.

Zelula deuseztatua	Enbrioia	Aurkitutako akatsak
1 D zelula	ABC	Enbrioi lobulubakoetan bezala Ez dago: hesterik, bihotzik, maskorrik, oinik, estatozistorik, begirik
2 1D zelula	ABC + 1d	ABCrentzat bezala
3 2D zelula	ABC + 1d + 2d	ABCrentzat bezala
4 3D zelula	ABC + 1d + 2d + 3d	Maskor aldakorra, ez dago hesterik, ez dago bihotzik
5 4D zelula	ABC + 1d + 2d + 3d + 4d	Bat ere ez

4 Interpretazioa: erlazio induktiboen froga. Goiko taulari eta zelula-lerroketaren diagramari dagokienez, ohar zaitez: begiak 1a eta 1c zeluletatik eratorririko elementuez eratzen dira; maskor-guruina 2d zelularen ondorengoez eratzen da. Izatez, 1a eta 1c zelulak taulako esperimentu-segida guztietan daude, baina begiak (4) eta (5) eragiketetan eratzen dira soilik. Zer dela-eta? Erantzuna: begiak bakarrik eratzen dira D lerroko zelulen presentzian gutxienez 3d zelularen eraketara arte.

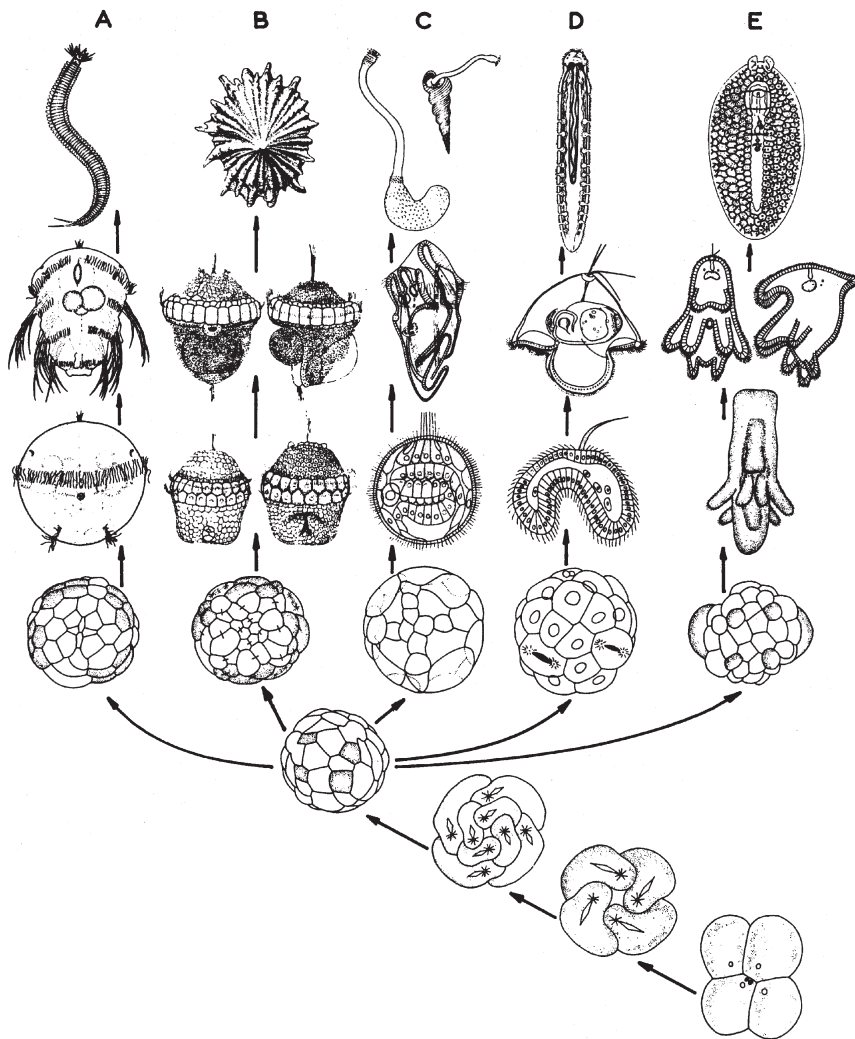
Maskor-guruina normala da soilik baldin eta 2d zelula D lerroko zelulen presentzian badago, gutxienez 3d zelularen eraketara arte.

Garapen mosaikoaren froga: begiak normalean 1a eta 1c zeluletatik eratzen dira, eta 1a edo 1c zelulen deuseztapenak begien garapena zapuzten du.

Ondorioa: soilik 1a eta 1c zelulen eratorkinak dira gai begiak eratzeko, baina zelula horiek D zelularen lerroko eragin induktiboa behar dute, destino horretan determinatuta gera daitezen.

Bihotza normalean 4d zelulatik abiatuta eratzen da, eta soilik 4d zelula da gai, bihotz diferentziatua eratzeko.

Garapen erregulatibo eta mosaikoa, II. (Barnes *et al.*, 2001etik hartua).



Enbrioi-garapena eta larbak zenbait animalia espiraliotan. A: Articulata; B: Mollusca; C: Sipunculida; D: Nemertini; E: Platyhelminthes. (Siewing, 1985etik hartua).

Lakainketa espirala garapen determinatuarekin erlazionatu izan da sarri askotan, eta modu berean, lakainketa erradiala garapen indeterminatuarekin. Izatez, kontu horretaz lortu den datu-mordoak egiaztatu egin du uste zabal hori, eta, dirudenez, salbuespen gutxi dago orokortasun horretatik urruntzen denik. Hori guztiori dela-eta, pentsatu izan da lakainketa-ereduek ahaidetasun filogenetikoaren gako posibleren bat adieraz dezaketela. Eta horrela, W. Schleip-ek (1929) **Spiralia** deritzon animalien taldea (*taxona*) eratu zuen, bertan biltzeko lakainketa espiraleko animali taldeak (plathelmintheak, nemertinoak, anelidoak, moluskuak, artropodoak eta beste zenbait). *Phylum* horiek aurkezturiko lakainketa espiralak frogatzen bide

du euren arteko lotura filogenetiko erlatiboki estua. Dena den, autore batzuek ez dute onartu hipotesi hori.

GASTRULAZIOA

Gastrulazio deritzon prozesuaren bidez, blastularen kanpo-aldeko zelula batzuk enbrioiaaren barne-aldera migratuko dira. Modu horretan, geruza biko enbrioia eratuko da, **gastrula** alegia. Hau da, gastrulazioan zehar jazoko den fenomeno nagusia orri blastodermikoen agerpena izango da: orri blastodermiko horietan oinarrituko da osteko garapen osoa, eta beraz, berorietan zimentatuko da gorputz-planaren eraiketa.

Blastularen izaerak eta, azken batean, bitelo-kantitateak baldintzatzen dute gastrulazio-mota, zeren, gastrulazio-prozesuak zelulen migrazioak behartzen baititu. Nahiz eta animalien erreinuko gastrulazio-ereduak askotarikoak izan, prozesua gauzatzeko normalki hurrengo mugimendu morfogenetikoak gertatuko dira:

Gastrulazioa, enboliaz edo inbaginazioz

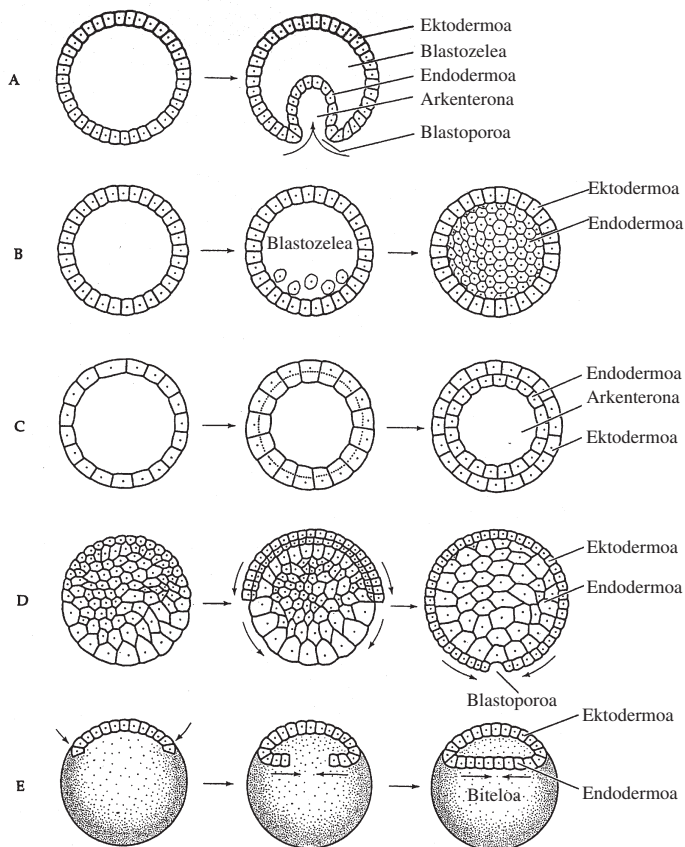
Zeloblastuletan suertatzen da. Blastularen polo begetatibotik hurbil edo han bertan, gainazaleko zelulak hondoratu egiten dira blastozelerantz. Inbaginaturiko zelula horien multzoari, une horretatik aurrera, **endodermo** esaten zaio, eta horrela osotutako zakuari **arkenteron**. Zakuaren irekiguneari **blastoporo** deritzo. Bestalde, inbaginatu gabe geratu den zelula-geruza **ektodermo** izenaz ezagutzen da. Beraz, gastrulazioz, maila monoblastikotik (blastula) maila diploblastikora (gastrula) pasatu da enbrioia. Eratu berri zaigun gastrula, kasu honetan, **zelogastrula** da.

Gastrulazioa, ingresioz edo immigrazioz

Knidario askoren zeloblastulak jasaten duen gastrulazioa gastrula trinko baten gisara bukatzen da, hau da, **estereogastrula** modura. Kasu horretan, blastularen zelulak gainazalarekiko perpendikularki zatitzen dira, eta orduan zelula berriak askatu eta barne-alderantz mugitzen dira. Prozesu hori gertatu egin daiteke soilik polo begetatiboan (**ingresio unipolarra**) edo gutxi-aski blastula osoan (**ingresio multipolarra**). Gainazalean geratzen diren zelulek ektodermoa osotzen dute, eta barru-aldean kokatutakoek endodermoa.

Gastrulazioa, delaminazioz

Zenbait kasutan, knidario hidroideo batzuetan adibidez, blastularen zelulak gainazalarekiko paraleloak diren ebaketa-planoez zatitzen dira. Ondorioz, geruza paralelo bi antolatzen dira. Hau da, nolabait delaminatu egin dira, eta ektodermoz inguraturiko endodermoa duen **zelogastrula** eratu da.



Gastrulazio-ereduak. A, Enbolia edo inbaginazioa; zeloblastula inbagnetuz zelogastrula eratzen da. B, Ingresio edo inmigratio unipolarra; zeloblastulatik abiatuta, estereogastrula itxuratzen da. C, Delaminazioa; zeloblastula delaminatuz geruza biko zelogastrula eratzen da. D, Epibolia; estereoblastulatik estereogastrularaino iristen da. E, Inboluzioa; diskoblastulak diskogastrula itxuratzen du. (Brusca eta Brusca, 1990etik hartua).

Gastrulazioa, epiboliaz

Gastrulazio-mota hau lakainketa holoblastikoz sorturiko estereoblastuletan gertatzen da normalean. Estereoblastulek blastozelerik ez daukatenez, polo animalako kanpo-zelulen proliferazio azkarra gertatzen da, arrautzeko gainerako zelulak inguratuz. Hau da, azkenean geruza bakarreko ektodermoa endodermo trinkoa bilduko du. Beraz, arkenterona obliteratuta egoten da, eta blastoporoa soilik intsinuatuta.

Gastrulazioa, inboluzioz

Gastrulazioaren abiapuntua diskoblastula denean, inboluzio deritzon fenomeno gertatzen da. Diskoblastularen ertzeko zelulak azkar zatitzen dira eta disko azpitik hedatzen, halatan non geruza biko gastrula eratzen baita (**diskogastrula**), ektodermoa gainazalean eta endodermoa barruan dituen.

BLASTOPOROAREN PATUA

Ontogenian zehar, blastoporoa kontserbatu egin daiteke (partzialki itxita) edo galdu egin daiteke (guztiz ixten denean). Blastoporoaren itxiera partziala eredu biren arabera gerta daiteke:

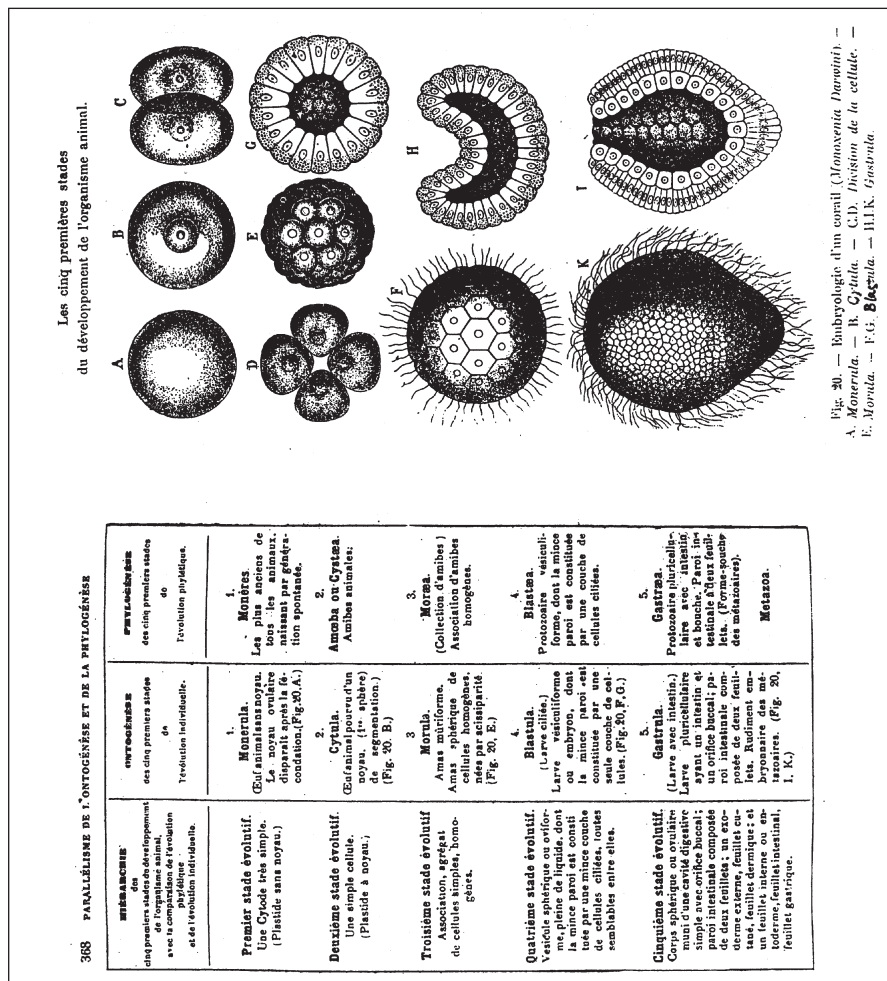
Gastrorrafia: blastoporoaren ezpain lateralak konprimitu eta fusionatu egiten dira. Modu horretan irekigune bi sortuko dira, bata aho modura eta bestea uzki modura arituko direnak. Gastrorrafia, protostomatueta gertatzen da (ikusi geroago).

Ziklorrafia: blastoporoaren diametroa txikituz doa irekigune ñimiño bihurtu arte. Irekigune hori uzki modura aritzen da. Deuterostomatueta gertatzen da ziklorrafia (ikusi geroago).

Blastoporoa zeharo ixten da kordatueta. Animalia-talde horretan, bai ahoa eta bai uzkia ere *ex novo* eratzen dira. Edozelan ere, kordatuak deuterostomatueta artean sailkatuta daude.

FILOGENIARI BURUZKO GOGOETAK

Ikuspegi ebolutibo batetik, gastrulazioari dagozkiola, badaude garrantzi handiko puntu bi. Lehenik, Haeckel-en ustez, inbaginazioa izango zen gastrulazio-metodo primitiboena, eta gainerakoak berorretik eratorriko ziren. Nahiz eta zoologoena artean uste hori nahikoa hedatuta egon den, kontraesan handiak aurkitu dira, zeren, gastrulazio-metodoak hain eranitzak izanik, zaila baita pentsatzea metazoon endodermo guztiak homologoak direla, hau da, jatorri berbera daukatela. Gainera, animaliarik primitiboenetan, porifero eta knidarioetan alegia, nagusiki estereogastrulak behatu dira, hau da, gastrulazioa ingresioz gertatzen da. Horregatik, beste autore batzuen ustez, gastrulazio-metodirik primitiboena ingresioa izango litzateke, eta inbaginazioa, oster, arruta deribatua. Nolanahi ere, zabalduz doa gastrulazioak filogeniarekin zerikusi txikia duela dioten aburua.



Haeckel-en hipotesiaren azalpena, XIX. mendeko frantsesezko bertsio batetik jasoa. Ontogeniaren eta filogeniaren arteko konparaketa mailaz maila dago: *Monoxenia darwini* knidarioaren ontogenia “Gastraea” hipotesiaren oinarritzat hartu da.

Bestalde, gastrula bera omen da garrantzi handia daukana diagnostiko filogenetikorako. Izatez, gastrulan oinarrituta, talde nagusi bi bereizi dira blastoporoaren osteko patuaren arabera, **Protostomia superphyluma** (anelidoak, artropodoak eta moluskuak, besteak beste) eta **Deuterostomia superphyluma** (ekinodermatuak, kordatuak): deuterostomioetan (edo deuterostomatuetan), blastoporoa uzki bilakatzeko da animalia helduan; ahoa, oster, inbaginazio ektodermiko baten bidez eratutako da *ex novo*. Protostomioetan (edo protostomatuetan), blastoporoa aho bihurtutako da, eta uzkia ektodermoaren inbaginazio sekundario batez sortutako da (zenbait protostomiotan irekigune biak eratortzen dira blastoporotik). Hala ere, badaude protostomio batzuk, salbuespen modura, blastoporoaren patu deuterostomikoa erakusten dutenak.

Aurrekoarekin lotuta, Haeckel-en ustez, ezaugarri- edo prozesu-mota bi bereiz daitezke ontogenian zehar. Alde batetik, badaude ezaugarri edo prozesu batzuk historia ebolutiboan gutxi aldatu direnak, alegia, oso kontserbakorrak izan direnak; horiei ezaugarri **palingenetiko** deritze. Eta bestetik, badira beste zenbaitzuk oso aldakorrak izan direnak, zeren, ingurune baldintzen menpekoak izanik, enbrioia une oro moldatu baita ingurune-baldintzetara; ezaugarri edo prozesu **zenogenetikoez** mintzo da horrelakoak aipatzeko orduan. Azken horien adibide gisara ondokoak aipa daitezke: arrautzek duten bitelo-mordoa, arrautzaren estalkiak, enbrioia-aren eta amaren arteko loturak... Beraz, ezaugarri palingenetikoez oso garrantzi handia dute animalien historia ebolutiboa berreraikitze orduan, historia horretarako “oroitzapen” modura interpreta baitaitezke. Ezaugarri palingenetikoak honako hauek lirateke, besteak beste:

	Protostomioenak	Deuterostomioenak
lakainketa-mota	espirala	erradiala
garapen-mota	determinatua	indeterminatua
mesodermo eta zelomaren jatorria	eskizozelia	enterozelia
larba-mota	trokofora	dipleurula
nerbio-sistema zentrala	bentrala	dortsala

MESODERMOA ETA GORPUTZ-BARRUNBEAK (ZELOMA)

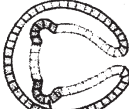
Gastrulazio osteko hurrengo urratsean, hirugarren geruza bat itxuratuko da ekto-dermo eta endodermo artean. Geruza hori **mesodermo** deritzo, eta endodermoan du bere jatorria. Hau da, gastrulazio bidez maila diploblastikoa lortuko da lehenago, eta hurrengo urrats batean maila triploblastikoa, alegia, hiru geruzatako enbrioia.

Knidario eta ktenoforoen kasuan, gastrulazioa amaitutakoan amaitzen da enbriogenesia. Beraz, talde bi horietariko animaliak diploblastikoak dira. Gero, hazkundean zehar, hirugarren geruza bat eratuko zaie, baina geruza horren jatorria ez da enbrionarioa; hirugarren hori **mesoglea** esaten zaio. Mesoglea matrize gelatinakara da, eta bertan zelula- edo zuntz-inklusioak ager daitezke. Dena dela, gainerako animaliak triploblastikoak dira, salbu eta belakiak, zeintzuk, animaliarik primitiboenak izanik, ez baitira ezta diploblastikoak ere; zelula-elkarteak dira.

Mesodermoa eta gorputz-barrunbea (zeloma) garatzeko, bide nagusi bi dago:

1. Protostomioek erakusten duten era

Lakainketa espirala jasaten duten *phylum* gehienetan ikusi da lehen urrats batean mesodermoa garatzen dela, eta, nolabait esateko, ostean dator zelomaren eraketa. Hau da, prozesu bi daude bata bestearen atzetik, hurrenez hurren **telo-blastia** eta **ezkizozelia** deritzenak, eta, hortaz, mesodermoaren agerpena eta zelomarena une desberdinetan gertatzen dira.

PROTOSTOMATUAK		DEUTEROSTOMATUAK	
	Lakainta espirala		Lakainta erradiala
	Mesoderma eratortiko duen zelula		Endomesoderma liseri-barrunbe primitiboa
	Blastoporoa		Blastoporoa
	Blastoporoa		Blastoporoa
	Blastoporoa		Blastoporoa
	Blastoporoa		Blastoporoa
	Blastoporoa		Blastoporoa
	Blastoporoa		Blastoporoa
	Blastoporoa		Blastoporoa
	Blastoporoa		Blastoporoa
	Blastoporoa		Blastoporoa
	Blastoporoa		Blastoporoa
	Blastoporoa		Blastoporoa
	Blastoporoa		Blastoporoa
	Blastoporoa		Blastoporoa
	Blastoporoa		Blastoporoa
	Blastoporoa		Blastoporoa
	Blastoporoa		Blastoporoa
	Blastoporoa		Blastoporoa
	Blastoporoa		Blastoporoa
	Blastoporoa		Blastoporoa
	Blastoporoa		Blastoporoa
	Blastoporoa		Blastoporoa
	Blastoporoa		Blastoporoa
	Blastoporoa		Blastoporoa
	Blastoporoa		Blastoporoa
	Blastoporoa		Blastoporoa
	Blastoporoa		Blastoporoa
	Blastoporoa		Blastoporoa
	Blastoporoa		Blastoporoa
	Blastoporoa		Blastoporoa
	Blastoporoa		Blastoporoa
	Blastoporoa		Blastoporoa
	Blastoporoa		Blastoporoa
	Blastoporoa		Blastoporoa
	Blastoporoa		Blastoporoa
	Blastoporoa		Blastoporoa
	Blastoporoa		Blastoporoa
	Blastoporoa		Blastoporoa
	Blastoporoa		Blastoporoa
	Blastoporoa		Blastoporoa
	Blastoporoa		Blastoporoa
	Blastoporoa		Blastoporoa
	Blastoporoa		Blastoporoa
	Blastoporoa		Blastoporoa
	Blastoporoa		Blastoporoa
	Blastoporoa		Blastoporoa
	Blastoporoa		Blastoporoa
	Blastoporoa		Blastoporoa
	Blastoporoa		Blastoporoa
	Blastoporoa		Blastoporoa
	Blastoporoa		Blastoporoa
	Blastoporoa		Blastoporoa
	Blastoporoa		Blastoporoa
	Blastoporoa		Blastoporoa
	Blastoporoa		Blastoporoa
	Blastoporoa		Blastoporoa
	Blastoporoa		Blastoporoa
	Blastoporoa		Blastoporoa
	Blastoporoa		Blastoporoa
	Blastoporoa		Blastoporoa
	Blastoporoa		Blastoporoa
	Blastoporoa		Blastoporoa
	Blastoporoa		Blastoporoa
	Blastoporoa		Blastoporoa
	Blastoporoa		Blastoporoa
	Blastoporoa		Blastoporoa
	Blastoporoa		Blastoporoa
	Blastoporoa		Blastoporoa
	Blastoporoa		Blastoporoa
	Blastoporoa		Blastoporoa
	Blastoporoa		Blastoporoa
	Blastoporoa		Blastoporoa
	Blastoporoa		Blastoporoa
	Blastoporoa		Blastoporoa
	Blastoporoa		Blastoporoa
	Blastoporoa		Blastoporoa
	Blastoporoa		Blastoporoa
	Blastoporoa		Blastoporoa
	Blastoporoa		Blastoporoa
	Blastoporoa		Blastoporoa
	Blastoporoa		Blastoporoa
	Blastoporoa		Blastoporoa
	Blastoporoa		Blastoporoa
	Blastoporoa		Blastoporoa
	Blastoporoa		Blastoporoa
	Blastoporoa		Blastoporoa
	Blastoporoa		Blastoporoa
	Blastoporoa		Blastoporoa
	Blastoporoa		Blastoporoa
	Blastoporoa		Blastoporoa
	Blastoporoa		Blastoporoa
	Blastoporoa		Blastoporoa
	Blastoporoa		Blastoporoa
	Blastoporoa		Blastoporoa
	Blastoporoa		Blastoporoa
	Blastoporoa		Blastoporoa
	Blastoporoa		Blastoporoa
	Blastoporoa		Blastoporoa
	Blastoporoa		Blastoporoa
	Blastoporoa		

Teloblastian, mikromero bakar batek, **4d** zelulak (**mesentoblasto** izena duena), proliferazio azkarra pairatzen du blastoporo inguruetan. Zelula hori zatitu egiten da, eskumako eta ezkerreko zelulakumeak (**zelula protomesodermikoak**) sortuz, eta gero proliferatuz. Horrela, **kordoi protomesodermikoak** eratzen dira ektodermo eta endodermo artean, eta blastozelea betez doaz. Zer ezanik ez, **mesodermoa** da hirugarren orri blastodermiko hori.

Alabaina, mesodermoa teloblastiaz garatzen denean, animalia zelomatua baldin bada, orduan gorputz-barrunbea eratuko da. Mesodermoa garatu ahala, gorputz-barrunbeak (zeloma) itxuratuko dira **eskizozelia** deritzon prozesu morfogenetikoaren bidez: mesodermozko pakete bilateralki bikoitiak, pixkanaka handitu eta hustu egiten dira, azkenik pareta mehe batez inguratutako zakuto zelomiko bihurtu arte. Eskizozelia bidez sortuko diren zeloma bikoiti horien kopurua aldatu egiten da talderik talde, eta sarritan metameriarekin erlazionatuta egoten da, esate baterako, zizare anelidoetan.

2. Deuterostomioek erakusten duten era

Ekinodermatu eta kordatuetan aurkitu da mesodermoa sortzeko bigarren metodo hau.

Mesodermoa gastrularen arkenteronetik bertatik hasiko da, eta, teloblastiaren kasuan ez bezala, aldiberekoa izango da zelomaren eraketarekiko. Hau da, enterozelian batera doaz mesodermoaren sorrera eta zelomaren itxuraketa.

Arkenteronak besikula bikoitiak eratzen ditu. Besikula horiek handitu eta azkenik askatu egingo dira, ganbara zelomiko gisa. Ganbara horien paretak, eta bai hasierako besikula arkenteronikoak ere, mesodermozkoak dira.

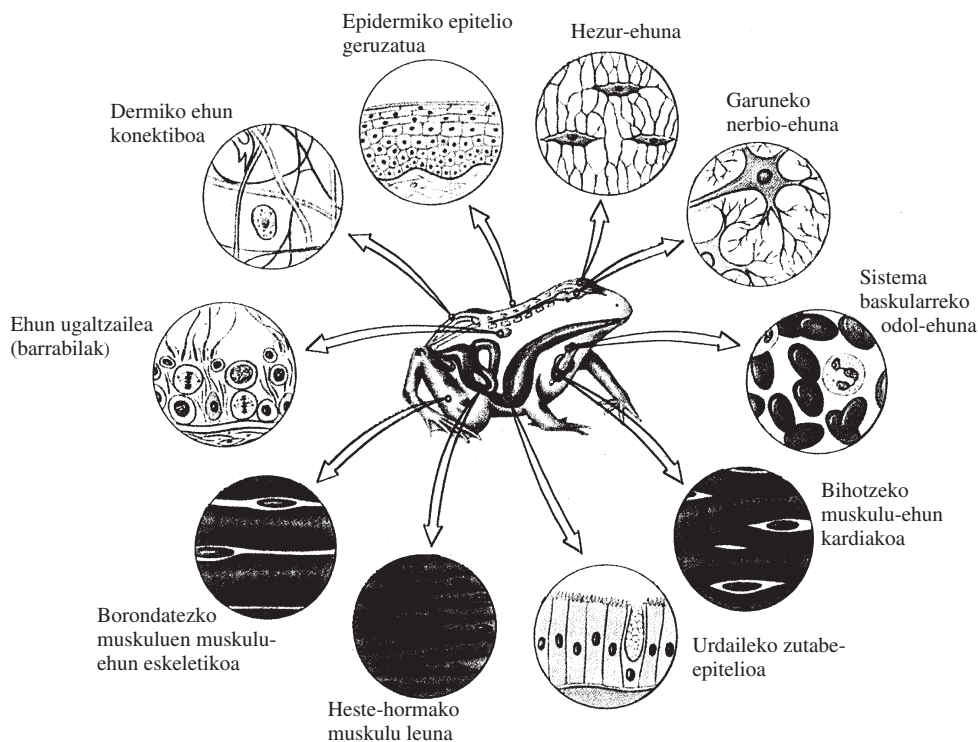
Kasuren batean, mesodermoa arkenteroneko paretatik abiatzen da xafla lodi gisara, eta geroago hustu eta ganbaratu egingo da. Hala ere, autore batzuen ustez, fenomeno hori eskizozeliaren aldaketatzat jo daiteke eta ez enterozeliatzat.

Dena den, enterozelia bidez gorputz-barrunbea hiru ganbara-pare modura gauzatzen da, eta ganbara zelomiko horiei, hurrenez hurren, **protozele**, **mesozele** eta **metazele** esaten zaie.

AMAITZEKO

Argi dagoenez, animaliak triploblastikoa izan behar du zelomaduna izateko, baina, hala ere, animalia triploblastikoen talde guztiek ez dute zelomarik. Izan ere, animalia-talde batzuek badaukate gorputz-barrunberen bat zeloma ez dena, hau da, mesodermoz guztiz inguratuta ez dagoena; animalia horiei **pseudozelomatu** esaten zaie, eta barrunbeari **pseudozele** edo **pseudozeloma**. Beste animalia batzuek (artropodoek, esaterako) nabarmenki eraldatuta daukate zeloma; daukaten barrunbe

horri **hemozele** esaten zaio. Azkenik, zelomarik gabeko animalia triploblastikoei **azelomatu** esaten zaie (platihelminteak, nemertinoak).



Ornodun baten ehun-motak eta berorien kokapena igelaren kasuan (Hickman *et al.*, 2002tik hartua).

Gastrulazioa bukatutakoan, itxuratuta dago animalia helduaren gorputz-plan orokorra, organoen hasikinak izango direnak zirriborratuta daude, eta enbrioia prest dago organoen eraketan aritzeko, hau da, **organogenesisian**. Esan gabe doa, horrekin batera edo aurretik ehunen diferentziazioa burutu behar da, alegia, **histogenesisia**.

Oro har, ektodermoak ondokoak eratorriko ditu: tegumentuak, zentzumen-organak, nerbio-sistema zentrala eta aurre- eta atze-hestea. Endodermoaren eratorriak izango dira: erdiko hestea eta dagozkion guruinak, eta ornodunen zakatz eta biriken epitelioa. Azkenik, mesodermoak sortuko ditu muskulatura eta ehun konektiboaren mota desberdinak.

3. Morfologia eta promorfologia. Animalien arkitektura

Bizidunak bereizi, deskribatu eta interpretatzeko, gizakiak erabili dituen elementurik nabarienen forma eta egitura izan dira, eta, hain zuzen ere, horiexen gainean oinarritu da **Morfologia Zoologikoa**. Diziplina horrek animalien antolakuntza-motak aztertzen ditu, hau da, animalien plan arkitektonikoez arduratzen da.

Morfologia zoologikoaren ikasketarako, tresna guztiz lagungarria da **anatomia konparatua**. Anatomiak, hain zuzen, egituren, organoen, aparatu eta sistemen azterketa besarkatzen du, bai maila zelularrean zein histologikoan, eta, era berean, horien guztien arteko korrelazioa aztertzen du, hau da, funtzionamendua. Anatomia, etimologikoki, ebaketa da, hau da, disezioa. Anatomia, animalia baten edo berorren organoren baten azterketara mugatu ahal da, edo bestela maila konparatuan erabil daiteke. Edozelan ere, komeni da morfologia eta anatomia elkarrengandik bereiztea: anatomiak “erakutsi” besterik ez du egiten, eta morfologiak, berriz, “interpretatu” eta “azaldu” egiten du. Alegia, anatomiak zer dagoen agerian uzten duen bitartean, morfologiak zer horren esangura adierazten du: morfologiak errealtatea abstraditu egiten du. Esate baterako, etxe asko azertu ondoren, “etxe-eredua” proposatzen badugu (hormak, lurra, teilatua, atea, leihoak...) morfologia egiten ari gara. Hau da, abstraditutako “etxe-eredua” aplikatu daiteke edozein txosna, baserri, pisuetako etxe edo etxe-orratz batera. Edo beste adibide bat animaliekin: behin ugaztun asko ikasi (azertu) eta gero (anatomia), konturatu gara guztiek ezaugarri komun batzuk dituztela, hala nola, gorputz-tenperatura iraunkorra, ileak, ugatzak edo titiak... eta horrela “ugaztun-eredua” proposa dezakegu (morfologia).

Zaila den arren, posible da animalien erantzitasuna oinarritzko eredu ulergarri gutxi batzuetara murriztea, eta, izan ere, eredu horiek animalien bai arkitektura, bai egitura eta bai funtzioa ere ekarriko dizkigute eskema sinpleetara. Erantzitasun horrek tamaina-desberdintasuna esan nahi du batzuetan: bizidun mikroskopikoak mutur batean (errotiferoak, kasu), animalia erraldoiak bestean (Ternuan harrapatutako 18 m-ko *Architeuthis* generoko txipiroia adibidez). Dena den, tamainaz aparte, animalien historia ebolutibo luzeak eta baldintza ekologiko erabat diferentetara moldatu beharrak biodibertsitate naroa ekarri dute.

Mota biko irizpideak erabiltzen dira animalien erreinuko konplexutasuna interpretatzeko. Bata, **gorputzaren antolakuntza-maila** da, edo, beste era batera esanda, **gradua** deritzona. Bestea, gradu baten barruan egon daitezkeen aldaketa egiturazkoak, **gorputz-planak** alegia. Gradu-mailako diferentzia da, kasurako, organismoa unizelularra ala multizelularra izatea, zelula-geruza biz (diploblastikoa) ala hiruz (triploblastikoa) eratutakoa izatea, edo, gorputz-barrunberik ez edukitzea (azelomatua) ala bai (pseudozelomatua, zelomatua). Horrelako antolakuntza-mailen barruan hainbat gorputz-plan egon daitezke; hau da, nahiz eta kanpo-ezaugarri desberdin samarrak eduki, *phylum* bereko kide guztiak oinarritzko plan berberaren arabera eraikita daudela frogatu dute azterketa anatomiko konparatiboek, esentzialki berdinak diren zenbait unitate estruktural konpartituz. Gorputz-planaren mota nagusi bera erakusten duten animaliak *phylum* berean sailkatzen dira. Normalki, 25-35 bat *phylum* desberdin onartzen dira autoreen arabera, talde fosilak kontuan hartu gabe.

GORPUTZ-SIMETRIA

Simetria oinarritzkoa da animalien gorputz-planean. Simetriak gorputzeko egituren parakera kontsideratuko du ondoko hiru elementuon arabera: simetria-zentroa, simetria-ardatza eta simetria-planoa. Hau da, animaliak gorputz geometrikoak izango balira bezala aztertuko dira, eta modu horretan aritzen den diziplinari **Promorfologia** esaten zaio (morfologiaren parte bat da).

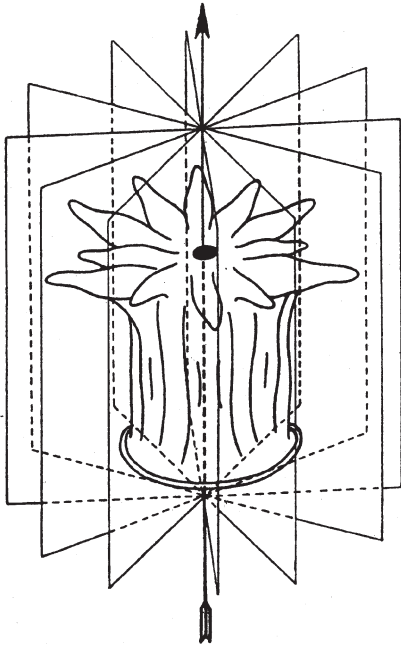
Simetria-zentroa, ardatz bik edo gehiagok elkar ebakitzen duteneko puntua da. **Simetria-ardatza**, plano bi edo gehiagoren elkarrekiko gurutzaketaz determinaturiko zuzena da. **Simetria-planotzat** jotzen da, gorputz bat parte enantiomorfikobitan zatitzen duen plano. Adibidez, gure eskuak dira enantiomorfikoak: elkarren aurrean jarriz gero, ispilu baten aurrean bezala, bata bestearen isla da.

Simetria-elementu horien arabera, Animalia erreinuko izakiak zenbait multzotan taldekatuta agertuko zaizkigu, simetria-eredu desberdinak aurkeztuz:

- **Anaxonia:** kasu honetan ez da inolako simetria-ardatzik egongo. Hau da, animalia anaxonikoak asimetrikoak dira. Esate baterako, belaki gehienak, mesozooak eta plakozooak.
- **Homaxonia:** simetria-zentro bat eta hainbat ardatz edo plano agertzen dira. Hau da, aipatutakoa simetria esferikoari dagokio: esfera batek, zentro batetik pasatzen diren infinitu plano ditu, zeintzuok organismoa erdi berdin bitan zatitzen baitute. Simetria esferikoa oso arraroa da naturan, eta izatez, soilik zenbait protozook aurkezten dute. Homaxonia barruan koka daitezke, bestalde, animalia batzuen arrautzak, morulak eta blastulak, eta hori gehiagorik teoriarik errealitatean baino. Edozelan ere, simetria esferikodun animaliek

ezaugarri funtzional garrantzizkoa konpartitzen dute organismo asimetrikoekin: talde bietan polaritatea falta da, hau da, animaliak ez du aurrerik ez atzerik, eta zentzu horretan ez da inolako espezializaziorik agertzen.

- **Monaxonia:** kasu honetan ardatz bat eta bitik infinituraino simetria-plano aurkituko ditugu. Simetria-ardatza heteropolarra da, hau da, polo basala (= aborala) eta polo apikala (= orala) bereizita egongo dira. Izatez, monaxonia simetria erradiatu modura adierazten da, gorputza zilindrikoa-edo izanik.



Simetria erradiala: ardatz nagusia eta hainbat simetria-plano (D'Ancona, 1959tik hartua)

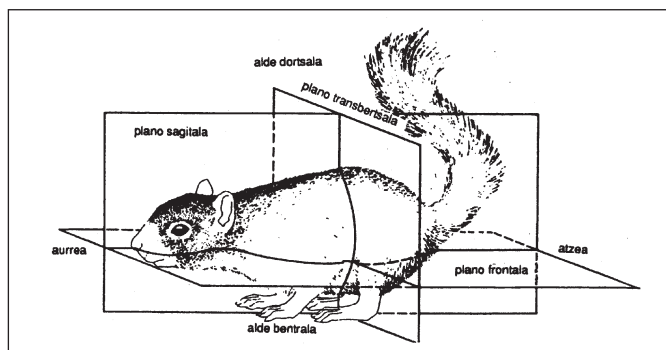
Monaxoniaren barruan, eta segun eta plano-kopurua zein den, bestelako azpitaldekamenduak defini daitezke:

- **Simetria multirradiatua:** simetria-ardatzaz gainera, infinitu simetria-plano daude. Azpitaldekamendu honetakoak dirateke gastrulak eta zenbait belaki.
- **Simetria bilateral bikoitza edo birradiala:** simetria-ardatz bat eta elkarrekiko perpendikularrak diren plano bi daudenean. Ktenoforoek eta zenbait knidariok (antozooek) aurkezten dute.

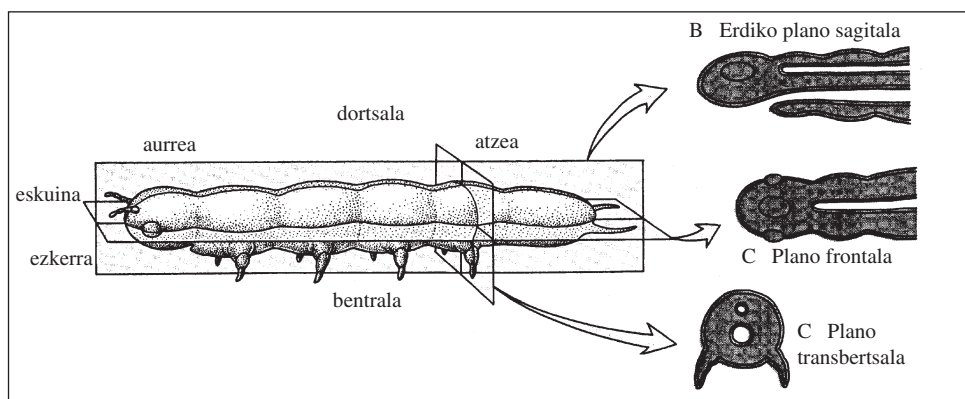
Ardatzaren inguruko simetria-planoen kopurua mugatua denean, ondoko kasu hauek aurkituko ditugu:

- **Simetria tetrarradiatua eta oktorradiatua:** knidarioen artean.
- **Simetria trirradiatua eta hexarradiatua:** knidarioetan; nematodoen zenbait partetan.

- **Simetria pentarradiatua:** ekinodermatuetan.
- **Simetria bilateral:** kasu honetan, simetria-elementu bakarra dago, hots, plano sagitalmediala, zeinak ezkerreko eta eskuineko parte enantiomorfiko bietan zatitzen baitu animalia. Kasu honetan, badaude beste plano batzuk, simetriakoak ez direnak, baina bai oso garrantzitsuak:
 - **plano frontala:** plano sagitalmedialarekiko perpendikularki kokatuta da-goena da. Beronek, animalia ren goi-aldea (= alde dorsala) eta behe-aldea (= alde bentrala) determinatzen ditu.
 - **plano transbertsoa edo zehar-ebakia:** plano sagitalmedialarekiko eta plano frontalarekiko perpendikularra da; aurre- eta atze-aldea definitzen ditu.



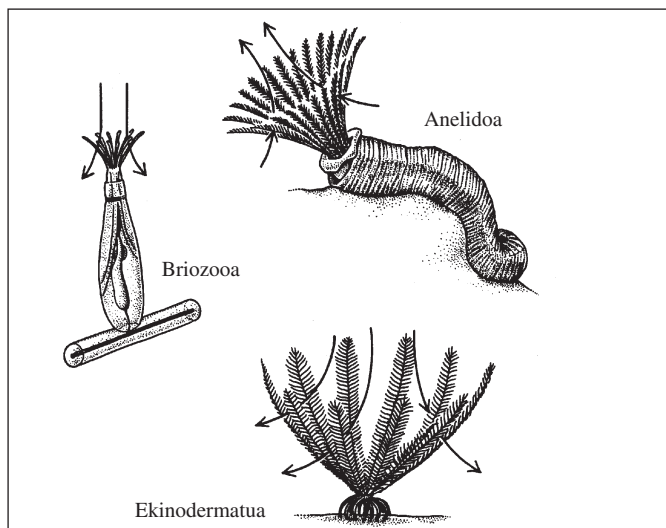
Animalia bilateral baten simetria-planoak.



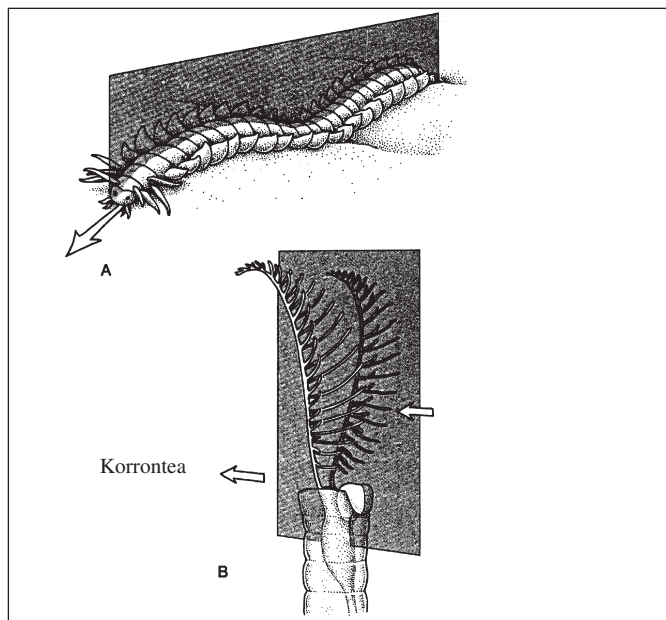
Simetria bilateral: tipikoa da animalietan zeintzuetan soilik plano bakar batek (plano sagital delakoak: A irudiko plano bertikalak) erdibitzen baitu gorputza erdi bitan, ezkerra eta eskuina, elkarren ispilu-irudiak direnak. Animalia bilateral bat deskribatzean, aurre(ko)a buru-aldeari dagokio eta atze(ko)a buztanari; era berean lateral terminoa ezkerreko eta eskuinako aldeei dagokie, dorsal goiko aldeari, eta bentrak sabelaldeari. B: Erdiko plano sagitala. C: Plano frontala. D: Plano transbertsoa edo zehar-ebaketa. (Rupert eta Barnes, 1994tik hartua).

Simetria bilateraleko animaliak dira, besteak beste, platihelmintheak, anelidoak, artropodoak, moluskuak eta kordatuak.

Animalia batek duen simetria-mota eta biologia (bizimodua) guztiz erlazionatuta daude. Horrela, **simetria erradiatua** oso arrunta da espezie sesiletan, eta bai espezie flotatzaile pelagikoen artean ere. Espezie sesilak ez dira lekuz aldatzen eta substratuan tinko finkatuta bizi dira, adibidez, animalia mikroiragazleak; oster, espezie mugikorrek espazio jakin batean desplazatu egiten dira, esate baterako, animalia harrapariak. Zer esanik ez, simetria erradiatua guztiz abantailos edo adaptatiboa da lehenengo kasuan, animaliak alde guztietatik neurri berean egiten baitio aurre inguruneari. Izan ere, izaki horietan egitura elikatzaileak eta errezeptore sentorialak gutxi-aski berdinki banatuta daude gorputzean zehar, halako moldez non, hurbileko ingurunea osotasunean kontrola baitaiteke aldi berean. Alabaina, simetria erradiatua egitura espezializatuen agerpena murrizten du, zeren, dauden simetria-plano adinako organo-errepikapen halabehartzen baitu, eta, antzaren, espezializazio anizkoitz horrek zailtasunak ditu benetan gauzatzeko, naturan ez da-eta ageri.



Animalia bilateral sesil askok simetria erradialera jo dute, inguruneari aurre egiteko berdin alde guztietatik, ez baitute norabide preferenterik. Adibideotan, eskitako janariak gutxi gorabehera uniformeki banatuta daude, eta bilketa-sistema erradiala oso moldapen eraginkorra da janaria eskuratzeko. Animalia horien simetria bilaterala ostenduta badago ere, nabarmen agertzen da larbetan eta bai helduaren egitura batzuetan. (Rupert eta Barnes, 1994tik hartua).



Simetria bilateralaren lokomozioarekin korrelazionatuta dago, A irudiko zizare lakainduak erakusten duenez, edota, bestalde, animalia sesil suspentsiboroen kasuan janari-sarreraren unidirekzional batekin, hemikordatu pterobrankio horrek B irudian erakutsi bezala. Bilaterio higikorretan zefalizazioa nabarmena izaten da eta buru aski garatua edukitzen dute (A); ez, ostera, animalia bilateral sesiletan (B). (Rupert eta Barnes, 1994tik hartua).

Simetria bilaterala, ostera, higikortasun kontrolatua duten animaliekin asoziatuta agertzen da oro har. Animalia horien forma eta funtzioa aurre-atze ardatzaren luzerara antolatu dira: higitzean ingurunearekin topo egiten duen gorputzeko lehen partea aurre-muturra da, eta hori dela-eta, alde horretan kokatzen dira, ahoaz gainera, ingestioaren arduratutako egiturak, organo kinada-hartzaileak (fotohartzailak –begiak–, kimiohartzailak –sudurra–, mekanorrezeptoreak...) eta dagozkien nerbio-zentroak. Hortaz, simetria bilateralaren eta higidura unidirekzionalaren eboluzioarekin batera, aurre-muturraren diferentziazio-prozesua gauzatu da, eta burua sortu da azken emaitza modura. Prozesu hori **zefalizazio** izenez denominatu da, eta, izan ere, artropodo eta ornodunetan lortu da zefalizazio-mailarik nabariena. Burua edukitzea abantailostzat jo dezakegu: animaliak burua okertzearekin jakin ahal du zer gertatzen den alboetan edo atzean, eta ez du, beraz, gorputz osoa mugitu beharrik, horrek dakarkiokkeen gastu energetiko osoarekin. Gainera, alde dorsalarren eta bentralaren diferentziazioarekin, bata lekuzaldatazailerik egiten da nagusiki, eta bestea babestaile.

Bestalde, simetria bilateralaren duten animalia batzuk erradiatu bihurtu dira funtzionalki, bizimodu sesilera moldatu baitira sekundarioki. Esate baterako,

egitura elikatzaileak garro-korua gisara agertuko dira sarri, parakera horrek bide-ratzen baitu ingurunearekiko harreman onuragarriagoa. Halaber, simetria erradiatu edo bilateraleko animalia batzuk asimetriko bihurtu dira sekundarioki. Modu oso eskematiko batez aipatzeko, animalia asimetrikoak hiru multzotan banatu-tu ditugu. Batetik, funtzionaltasun espaziala dela-eta sorturiko asimetriak ditugu; beroriek pisu- edota bolumen-murrizketa batekin erlazionatuta interpretatu dira. Adibidez, obulutegi edo birika baten galera. Bigarrenik, oldartze- edo defentsa-zereginekin erlazionatutako asimetriak ditugu: karramarroen matxardak, kasu. Hirugarrenik, lokomozioarekin edo jarrerarekin erlazionatutakoak: mihi-arrain edo ostren kasua.

Azkenik, eta honekin amaitzeko, esan egin behar da Zoologiazko eskulibu-ruetan animaliak talde bitan banatu ohi direla simetriaren arabera: **Radiata** eta **Bilateria**. Sailkapen horrek, gainera, beti eraman du inplikazio inplizitu bat, alegia, animalia erradiatuak primitiboagoak direla, eta beraz, lehen animaliek horrelako simetria-eredua eduki behar zutela. Edozelan ere, gaur egun ez da uste benetako justifikaziorik dagoenik pentsatzeko animalia erradiatuen hiru taldeak (belakiak, knidarioak eta ktenoforoak) elkarrekin ahaidetuago daudela gainerakoekin baino. Beraz, Radiata kontzeptua ez da guztiz erabilgarria, eta ziurrenez antzerako zeozer gerta daiteke Bilateralia taldearekin. Hori dela-eta, autore batzuen ustez, kontzeptu bi horiek baztertu egin behar dira; kontzeptu obsoletoak lirateke beraz.

ANIMALI ERANIZTASUNAREN AZALPEN MODUKO BAT

Animalien konplexutasun-gradua definitzeko orduan erabiltzen diren ezaugarrie-tatik bat eta nagusietarikoa, benetako ehunen presentzia edo absentzia da. Ehunak, morfologikoki antzekoak diren zelulen agregazioak dira, zeregin espezifiko bat betetzeko antolatutak. Protozooek, zer esanik ez, ez dute ehunik, baina zelula bakar modura edo zelula-kolonia gisara ager daitezke, eta horrela izanik, batzuen ustez gradu unizelularra onetsi behar zaie. Animalientzat, ostera, maila desberdinetako multizelularitatea onartzen da; izan ere, metazooen artean haziz doan gorputz-kon-plexutasunaren hierarkia defini daiteke, beharbada gradu nagusi bi gauzatuz: **gradu multizelular primitiboa** eta **gradu eumetazooa**.

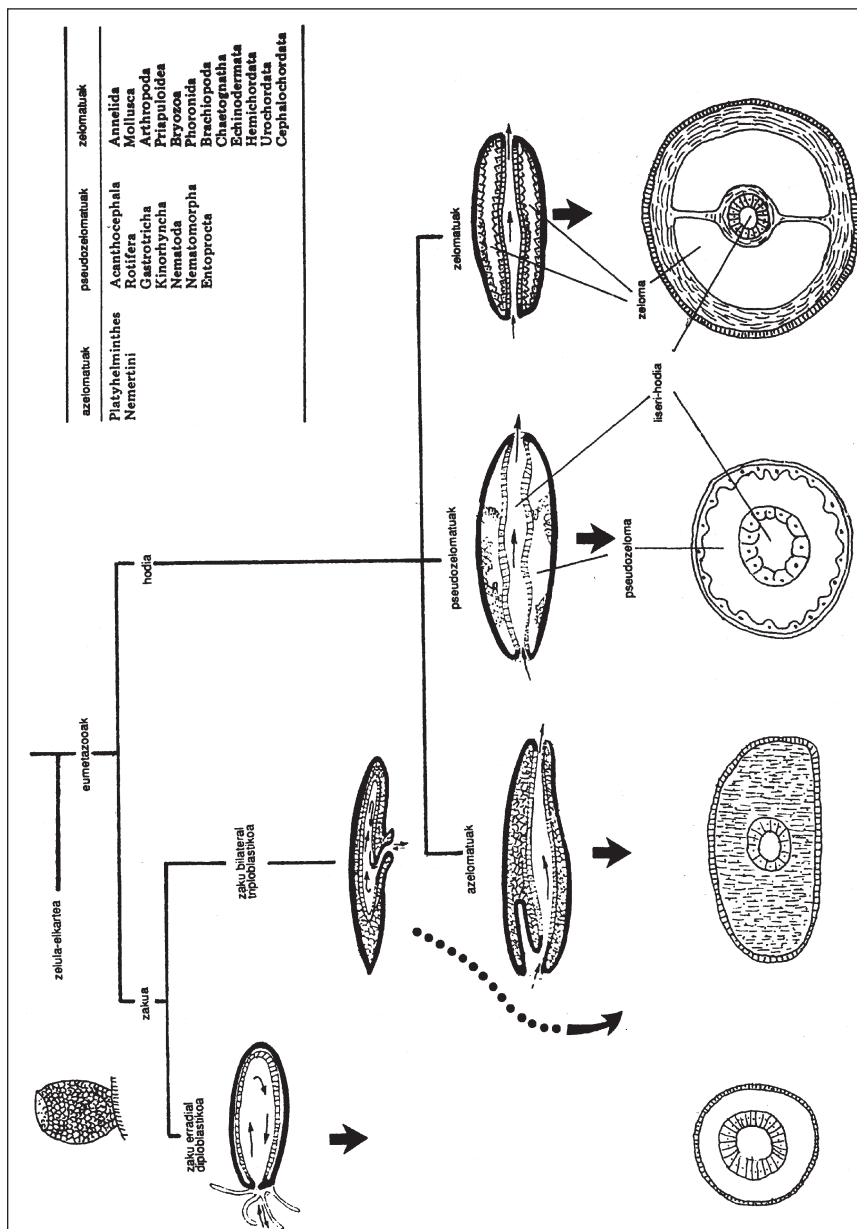
Gorputz-konplexutasunari dagozkion aipatutako graduak asoziatuta daude inherenteak zaizkien zenbait gaitasunekin eta bai zenbait hertsamendurekin; esate argi baterako, gradu bakoitzak tamaina-muga nabariak ditu. Organismo batek tamaina handitzen duenaz batera, organismo horren bolumena eta superfiziea abiadura desberdinez emendatzen dira: azkenekoa dimentsio linealen karratura hazten den bitartean, bolumena kubora emendatzen da. Zelula, biziraupenerako, mintz plasmatikoa zehar buruturiko substantzien garraioan oinarrituta dagoenez, tamainak berehala lortzen du puntu bat non zitoplasma ezin baita egokiro mantendu difusio soilez. Bizidun unizelular batzuek, arazo horren kontra egiteko, oso tolestutako gainazalak garatu dituzte; alabaina, muturreko muga bateraino

iritsi dira beti bide horretan barrena. Horregatik dira hain ñimiño protozoo guztiak, handienak ere.

Beste irtenbide bat aurkitu izan da eboluzioan zehar superfizie/bolumen erlazioaren dilema ebazteko: zelula-kopurua handitu da, organismo konplexuagoak osotuz; horra hor multizelularitatearen zergatia, eta, beraz, metazooen agerpena. Hala ere, eta antzeko arrazoiak direla-eta, metazooen tamaina-gehikuntza mugatua da. Zenbait metazootan ez dago ehun edo organo konplexurik; holakoetan barrurantzko zein kanporantzko difusioa ezin da burutu, baldin eta gorputzeko zelula guztiak ez badaude kanpo-ingurunearekiko kontaktu zuzenean, edo hurbil behintzat. Adibidez, oxigenazio-metodo modura efektiboa izateko, difusioz oxigenoak ez ditu zeharkatu behar 1 mm-ko baino gehiagoko lodierak. Zer esanik ez, mugak daude hemen ere: animalia batek ezin du bere bolumena nahi beste handitu, zelula gehienek kanpoarekiko ukipena mantendu behar baitute. Metazoo primitiboek zelulen parakerarekin jokatuz gaintitu dute arazoa neurri batean; horretarako, kanpo-ingurunerainoko distantzia zaindu beharrean aurkitu dira zelula guztiak. Hori lortzeko metodo bat gorputz-barruan substantzia ez-biziak metatzea izan da: bide horretatik garatu da ktenoforo eta marmoken mesoglea gelatinakara lodia. Beste metodo bat, kanpo-superfizea maximizatuko duen gorputz-geometria itxuratzeko izan da; bide horretatik gauzatu da zizare zapalen gorputz bermiformea. Hala ere, egon da, bai, arrakasta nabarmeneko azken ebazpen bat: animalien eboluzioan zehar barne-garraiorako sistemak garatu dira, halako moldez non, gorputzeko zelula bakoitzari kanpo-ingurunea bera hurbildu baitzaio, nolabait adierazteko. Gorputz-tamainaren hiru dimentsioko emendioak garraio-mekanismo sofistikatuen garapena halabehartzen du elikagaien, oxigenoaren, hondakinen, eta abarren mugimendu egokirako; garraio-egitura horiek organo-aparatu edo organo-sistema bihurtu dira goi-mailako metazooetan. Esate baterako, gizakion superfizie/bolumen erlazioa hain da handia ezen, oxigenoaren difusio egokirako beharrezkoa den gas-trukerako superfizea, hots, biriken azalera, tenis-zelai baten erdia baita.

Azaltzen ari garen konplexutasun-emendiorantzko logika horrekin batera ulertu behar ditugu orri blastodermikoak, hau da, ektodermo, endodermo eta mesodermoa edukitzearen potentzialitate ebolutiboa; halaber, logika berean koka ditzakegu maila monoblastikoa, diploblastikoa eta triploblastikoa. Ez da harritzekoa, beraz, ikustea animalia triploblastikoak izan direla gorputz-plan sofistikatuenak garatu dituztenak; izan ere, enbrioi triploblastiko batek diploblastiko batek baino material-mota gehiago baititu “eraiketarako”. Metazoo triploblastikoen eboluzioan agerturiko joera nagusietariko bat, likidoz beterik dagoen eta kanpo-ingurunearekin komunikatuta ez dagoen (nefroduktuak eta gonoduktuak salbu) barrunbe baten garapena izan da; barrunbe hori gorputz-paretaren eta liseri-hodiarren artean kokaturik, eredu arkitektoniko arras berria ondorioztatu zen, “hodi-barruko-hodia” deritzona. Animaliaaren forma, hodi edo zilindro birena izango da, halako moldez non bata bestea besarkatzen baitu. Diseinu horretan, barne-hodia (= liseri-hodia eta asoziatutako organoak; zilindro biszeral edo esplakniko deritzo-

na) aske geratu zen kanpo-hodiarekiko (= gorputz-pareta; zilindro somatiko deritzona); aske, mutur bietan izan ezik. Diseinu berrian, likidoz beteriko barrunbea kanpo- eta barne-hodi independenteen arteko indargetzaile mekaniko modura ez eze, gameto-biltegi modura, zirkulazio-aparatu modura eta eskeleto hidrostatiko gisara ere aritu zitekeen; orobat, egitura berrien agerpena baimendu zuen.



Animalien antolakuntza-planak, ebaketa sagital eta transbertsaletan adierazita.

Gorputz-barrunbea irizpidetzat erabiliz, hiru antolakuntza-gradu nagusi bereiz daitezke metazoo triploblastikoen artean: animalia azelomatuena, animalia pseudozelomatuena eta animalia (eu)zelomatuena. Animalia azelomatueta, mesodermoak masa trinko samarra eratzen du gorputz-paretaren eta digestio-aparatuaren artean; hau da, *de facto* ez dago gorputz-barrunberik. Gainerako animalia triploblastikoetan, gorputz-pareta eta liseri-hodi artean hutsune bat garatzen da likidoz beteriko barrunbe gisara. Animalia batzuetan barrunbe hori mesodermoaren baitan garatzen da prozesu espezifiko bidez (gogora bitez eskizozelia eta enterozelia), eta peritoneo deritzon zelula-gaineztadura finaz inguratua da; peritoneoa, zer esanik ez, mesodermotik eratorri da. Horrelako barrunbe bati benetako zeloma edo euzeloma esaten zaio. Hala ere, metazoo triploblastiko batzuen gorputz-barrunbea ez da mesodermotik abiatuta gauzatu, eta ez dago, halaber, peritoneo mesodermal batez osoki inguratuta. Kasu horretan pseudozelomaz edo pseudozeleaz mintzo da. Animalia pseudozelomatuaren organoak, nolabait adierazteko, zintzilikatuta daude gorputz-barrunbean aske, bertako likidotan zuzenki murgilduta, eta ez animalia zelomatueta bezala, zeintzuetan peritoneoak biltzen eta eusten baititu organoak.

Orain arte deskribatutako oinarritzko gorputz-antolakuntzen hertsamendu inherenteen barruan, animali *phylum* desberdinek makina bat bariazio sortu dituzte eredu horien gainean. Lortutako konplexutasun-maila berri bakoitzak atea ireki die aldaketari eta moldapenari, eta potentzialitate horrek eraniztasun biologiko sinestezina gauzatu du, kapitulu honen hasieran aipatu denez.

ANIMALIEN ANTOLAKUNTZA-MAILA NAGUSIAK

Aurreko azalpenak kontuan harturik, atal honetan, animalien antolakuntzaren gradu nagusiak laburbilduko ditugu nahikoa modu eskematikoan.

– Gradu unizelularra

Ez da animalien artean agertzen, protozooak Animalia erreinutik kanpo daudela kontsideratzen badugu behintzat. Dena dela, ezin da ahaztu animalia guztiak unizelularrak direla ontogeniaren abiapuntuan.

– Gradu multizelular primitiboa

Talde honetakotzat soilik joko ditugu mesozooak eta belakiak. Hala ere, gaur egun mesozooen izaera beste era batera interpretatua izan delarik, zalantza handiz kokatuko ditugu hemen. Belakien antolakuntza, ostera, guztiz primitibotzat hartzen da; gorputz-pareta zelula-geruza biz osotuta dago, eta bi horien artean **mesohiloa** kokatzen da, alegia, matrize gelatinakara bat, zelula migratzaile batzuk dituen. Belakiek ez dute ondo definituriko ehunik, ez organorik; horregatik, parazoo (*para*= ondoan) izenaz ere denominatu izan dira inoiz.

Phylum banaketa animalien gorputz-antolakuntzaren graduaren arabera (Oraingoz guztiz enigmatikoak direlarik, Priapula, Gnathostomulida, eta Loricifera ez dira taulan sartu).

I. Animalia unizelularrak: Protozooak. *Phylum*: **Ciliophora, Sarcomastigophora, Labyrinthomorpha, Apicomplexa, Microspora, Ascetospora, Myxozoa.**

II. Animalia multizelularrak: Metazooak.

A. Benetako ehunik gabe.

1. Mesozooak: *Phylum*: **Orthonectida, Rhombozoa, Placozoa** (?), **Monoblastozoa** (?).

2. Parazooak: *Phylum*: **Porifera.**

B. Benetako ehunekin: Eumetazooak.

1. Eumetazoo diploblastikoak: erradiatuak: *Phylum*: **Cnidaria, Ctenophora.**

2. Eumetazoo triploblastikoak: bilaterioak

a. Azelomatuak: ez dute liseri-barrunbeaz aparte bestelako gorputz-hutsunerik; mesenkimak eta muskuluek betetzen dute epidermis eta liseri-barrunbe arteko tartea. *Phylum*: **Platyhelminthes, Nemertea** (?).

b. Pseudozelomatuak: blastozela iraunkorra (= pseudozelea) dute liseri-hodi eta gorputz-horma artean. *Phylum*: **Nematoda, Nematomorpha, Entoprocta** (?), **Rotifera, Gastrotricha** (?), **Kinorhyncha** (?).

c. Zelomatuak (edo euzelomatuak): benetako zeloma (= barrunbe mesodermala) dute. *Phylum*: **Mollusca, Annelida, Arthropoda, Echinodermata, Chordata.**

Gorputz-antolakuntza eta *phylum* banaketa (Brusca eta Brusca, 1990etik hartua).

Eumetazooak

– Gradu diploblastikoa

Badakigunez, diploblastikoa izatea da orri blastodermiko biz osotuta egotea, hau da, ektodermoz eta endodermoz. Zelula-geruza biak elkarrengandik bananduta daude **mesoglea** deritzon geruza batez, gelatinakara eta zuntzekoa dena. Dagoeneko, gradu diploblastikoan organo primitiboak beha daitezke, gonadak esaterako. Multzo horretakoak dira knidario eta ktenoforoak. *Phylum* bi horiek **zaku ereduko morfologia** aurkezten dute, hau da, gorputz-paretek barrunbe zabala (= zelenterona) mugatzen dute, zeina irekigune bakar batez komunikatzen baita ingurunearekin. Alabaina, barrunbe horretan dagoen fluidoak kanpokoak da, eta hortaz, hor dagoen egitura ez da “benetako” barrunbe bat: ez da zeloma. Bestalde, irekiguneak ahoaren eta uzkiaren zereginak betetzen ditu.

– Gradu triploblastiko azelomatua

Multzo horretako animaliek mesodermoa dute ektodermo eta endodermoaz gain. Beraz, animalia gorputz trinkodunak dira, mesenkimaz (ehun konektiboa) beteta daudelako. Hau da, liseri-barrunbeaz aparte, ez dago inolako gorputz-barrunberik. Multzo horretan eredu bi daude, liseri-barrunbea nolakoa den:

- **Zaku eredua:** platihelminteetan zaku-itxurako gorputza agertzen da, simetria bilateralak duena.
- **Hodi eredua:** nemertinoak bilateralak dira eta hodi-itxurako gorputza dute, zeren liseri-barrunbeak ahoa eta uzkia baititu, orokorrean gorputzeko kontrako muturretan kokatuta daudenak.

Ikuspegi morfologiko batetik, nahikoa erraza da zaku eredutik hodi eredura igarotzea; izan ere, horretarako aski baita zakuari bigarren irekigunea eranstea, hots, uzkia-edo itxuratzea. Nolanahi, hodi ereduko antolakuntzak zenbait abantaila ditu antza denez. Lehenik eta behin, gorputz-luzeraren emendioa posibilitatzen du, zeren irekigune desberdinetatik egiten baitira ingestioa eta egestioa. Hau da, janariak noranzko bat eta bakarra segitzen dute, eta beraz, ahotik irteteko hondakinen itzulerarik ez dagoenez, zaku ereduko animalietan gertatutakoaren kontrara, gorputza nahi beste-edo luza daiteke. Bigarrenik, ingestioa eta egestioa aldiberekoak izan daitezkeenez, efizientzia trofikoa emendatu egingo da. Hirugarrenez, sarrera- eta irteera-irekiguneak aldenduta daudenez, posible da mekanismo bereziak agertzea janaria harrapatzeko, mamurtzeko eta irensteko. Modu berean, liseri-hodian zehar ere espezializazio-guneak gara daitezke janariaren metaketarako, liseriketa kimikorako edota elikagaien xurgapenerako, eta bai gorotzen eraketa eta defekaziorako ere.

Hodi ereduaren abantaila funtzionalak hain handiak izanda, ez da batere harritzekoa izango sailkapen honetan hemendik aurrerako animalia guztiek hodi eredua aurkeztea. Edozelan ere, talderen batean (brakiopodo eta akantozefaloetan kasu) galdu egin da uzkia atzera ere, zaku eredura sekundarioki bueltatuz.

– Gradu triploblastiko pseudozelomatua

Beste kapitulu batean ikusi denez, zenbait animaliaren garapenean zehar likidoz beteriko esfera hutsa agertzen da, zeloblastula alegia. Normalean blastularen blastozelea zelulez guztiz obliteratzen da azelomatueta gertatzen den legez, baina zenbait talde triploblastikotan, nematodo eta errotiferoetan adibidez, espazio hori ez du mesodermoak guztiz trinkotzen, eta horrela gorputz-barrunbe huts bat eratzen da liseri-traktuaren (zilindro esplakniko sinplea; endodermotik dator) eta gorputz-paretaren (horma bikoitiko zilindro somatikoa; ektodermo eta mesodermotik dator) artean. Barrunbea, beraz, blastozeletik dator, ez mesodermotik. Likidoz beteriko barrunbe hori funtzionalki eskeleto hidrostatiko gisara ari daiteke, eta **pseudozeloma** edo **pseudozele** deritzo. Animalia pseudozelomatuen organoak zintzilikatuta daude gorputz-barrunbean, bertako likidoan zuzenki murgilduta. Animalia pseudozelomatu gehienak mikroskopikoak dira, arnas eta zirkulazio-organoez peituak izanik. Nolanahi, pseudozelomak garraio-ahalmena bide du, oso mugatua baina.

– Gradu triploblastiko zelomatua

Animalia zelomatueta, likidoz beteriko barrunbe bat garatzen da gorputz-pareta eta liseri-hodi artean. Oraintxe aipaturiko kasuan ez bezala, zelomatueta, barrunbea mesodermoaren baitan garatzen da (eskizozeliaz edo enterozeliaz), eta **peritoneo** deritzen zelula-gaineztadura finaz inguratuta dago. Peritoneoa mesodermotik eratorri da. Horrelako barrunbe bati **zeloma** edo **euzeloma** esaten zaio. Animalia zelomatueta, peritoneoak biltzen ditu organoak; beraz, ez daude aske.

Gradu horretako animaliek **hodi-barruko-hodia** izendaturiko diseinua aurkezten dute. Zilindro biek horma bikoitia dute. Barne-hodia liseri-hodia da (endodermo eta mesodermotik), eta kanpo-hodia gorputz-pareta (ektodermo eta mesodermotik). Haien artean zeloma daukagu, eta, zeloma inguratuz, peritoneoa.

Zelomak funtzio asko bete ditzake, eta horrek azaltzen du animalia-kopuru handiena zelomaduna izatea. Beteriko zereginak ondokoak izan daitezke: 1/ Gorputz-barrunbeko fluidoak sistema garraiatzaile oso xume modura aritu ahal da, eta elikagaiez eta oxigenoz hornituko ditu ehunak. Oxigenoa barneratuko da gorputz-pareta erlatiboki mehe bat zeharkatuz, eta janariak erdiko digestio-aparatutik xurgatuz. Behin oxigenoa eta janariak zeloman egonda, oso erraza izango da gorputzeko zelula guztiek substantzia horiek aprobetxatzea, difusio-sistema batez. Modu berean, zelula guztiek deposita ditzakete hondakinak gorputz-barrunbean. 2/ Zirkulazioaren funtzioa oso garrantzitsua suerta daiteke koordinaziorako, zeren hormonon joan-etorriek oso zeresan handia baitute hazkunde, metamorfosi eta ugalketarako. 3/ Aipaturiko efektu horietan oinarrituz, animalia dezente handiagoa izan daiteke, zeren ez baita mugarik egongo difusiorako. 4/ Fluidoak beteriko barrunbeak lekunea dakar. Organo konplexuak koka daitezke bertan, eta mugimendu independenteak egon daitezke gorputzeko gainerakoarekiko: bihotzarenak adibidez, edo hestearenak. 5/ Posible da organoen hazkunde independentea, bereziki gonaden kasuan. Gonadak urte-sasoien arabera alda daitezke tamainaz, eta horrela gametoen biltegitratzea gerta daiteke baldintza faboragarrienetan, ugalketa-arrakasta emendatuz. 6/ Fluidoak beteriko barrunbea eskeleto hidrostatiko eraginkorra da, zeren gorputz-forma mantentzen baitu eta forma-aldaketa bortitzak baimentzen baititu. Jarduera industailea bizimodu nagusi bihur daiteke, eta igeriketa- eta narrasketa-mugimenduak ere erraztu egiten dira. 7/ Egitura ebaginagarriak garatu ahal dira, esate baterako, sipunkulido, anelido eta priapulidoen proboszideak, eta hortaz, elikadura-moduak aniztu ere.

Antza denez, animalia oso txikiak ezin dira eskeleto hidrostatikoaren abantailaz baliatu (izan ere, gehiago erabiltzen dute zilio bidezko lokomozioa, edo mukoziliar delakoa). Alabaina, gorputz-barrunbea onuragarria da lehen-lehenik bideratzen duen tamaina-gehikuntzarengatik; berorrek aldean dakartzan abantailak berehalakoak dira: kreatura handiek harrapatua izateko arrisku gutxiago, janari izan daitezkeen animalien aukera gehiago eta ingurunearekiko independentzia handiagoa eta kontrol homeostatiko nabarmenagoa. Osteon etorriko lirake

gaineratikoak. Nolanahi, aipatutako abantailak edozein gorputz-barrunbek eduki ditzake, eta ez benetako zelomak soilik.

Gradu triploblastiko zelomatuaren barruan, beste taldekamendu batzuk egin daitezke:

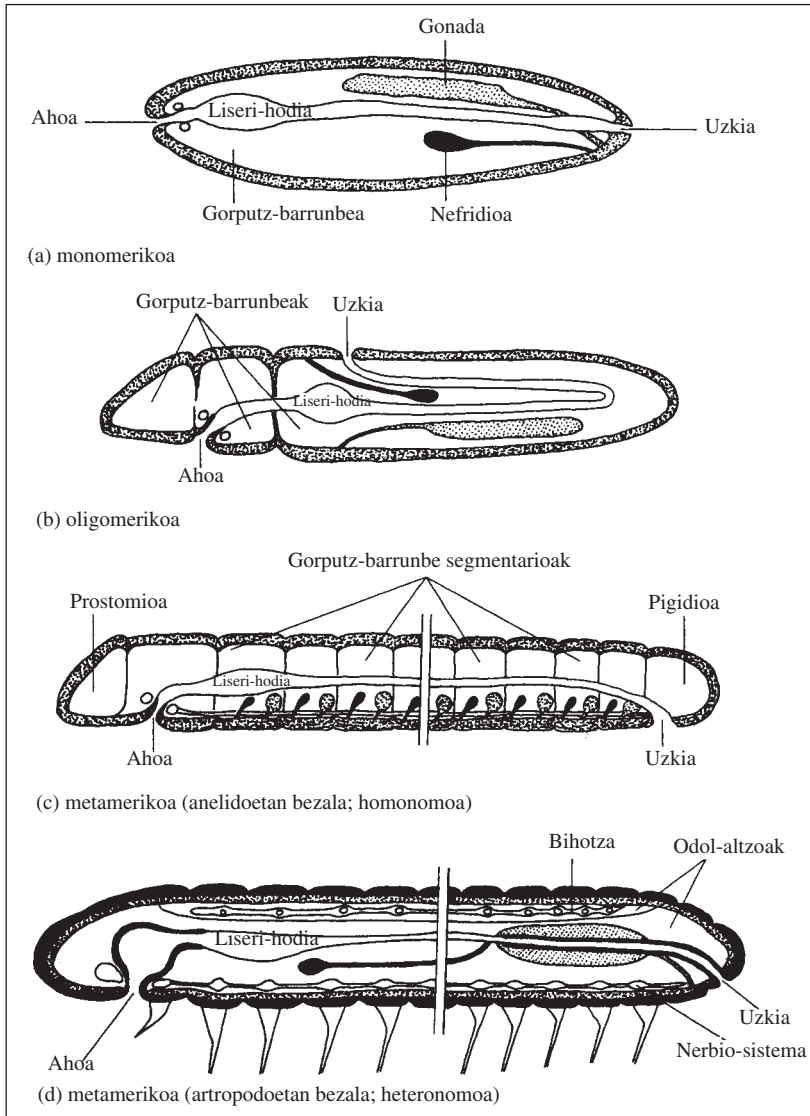
– Zelomatu metamerikoak

Animalia zelomatuen zenbait taldetan, zeloma zatituta egoten da luzeran zehar, eta zati bakoitzari **mero** esaten zaio (eta bai **metamero**, **segmentu**, **somito** edota **lakain** ere). Meroak elkarrengandik bananduta daude trenkada transbertsoez. Horrela eratutako gorputz-lakainetan, organoak pareka daude kokatuta, hau da, lakainak organo bikoiti berberen joko banaz hornituta daude (esate baterako, giltzurrunak, nerbio-gongoilak, odol-hodi lateralak, gonadak), eta sarri askotan apendize bikoitiak aurkezten dituzte.

Antolakuntza metamerikoa oso egokia da lokomozio peristaltikorako. Izan ere, septuek indargetzen dituzte uzkurketa peristaltikoaren efektuak, zeren ez baitira hedatzen zeloma osoaren luzeran zehar. Hau da, eskeleto hidrostatiakoaren lana zenbait lakainetara soilik mugatu ahal da animali antolamendu horretan. Lurzizareak dira animalia metameriko arruntak, eta anelidoak oro har.

Hala ere, hainbat *phylum*ek erakusten dute metameria, alegia, egituren errepikapena aurre-atze ardatzarekiko, zentzu zabalean. Halako errepikapenak beha daitezke knidarioetan, turbelarioetan, zestodoetan, errotiferoetan eta kinorrinkoetan, eta, zelan ez, anelido, artropodo eta kordatueta. Hortaz, argi dago fenomeno horren jatorria polifiletikoa dena. Horrela izanik, autore batzuk kontzeptua gehiago zehazten ahalegindu dira eta honako bereizketa honetara ailegatu dira: Batetik, puntu honen hasieran definitutako **metameriaren kontzeptu** murriztua gorde dute animalia zelomatuak aplikatzeko: anelido, artropodo zein kordatu, nahiz eta argi egon jatorri desberdineko metamerismoak direna. Bigarrenik, **pseudometameria** kontzeptua ezarri dute zestodoen kasurako edo antzerako animalia estrobilizatuetarako. Eta hirugarrenik, **errepikapen serial** delakoaz mintzo dira, ardatz longitudinal batean zehar nola edo hala errepikatzen diren egituren kasuan, esate baterako, turbelarioen, nemertinoen eta zenbait moluskuren kasuan.

Zeintzuk dirateke edozein “metameria-motak” dituen abantaila funtzionalak, eboluzioan zehar independenteki hainbeste aldiz asmatua izateko? Zenbait posibilitate aipatu dira, besteak beste: 1/ Metameriak hazkundera eta antolakuntza erraztuko lituzke, zeren nahikoa bailitzakete patroi morfogenetiko berbera errepikatzea, eta hortaz, informazio genetiko gutxiago beharko litzateke tamaina handiagoko gorputza eratzeke. 2/ Metameriak erraztu eta azkartu egin ditzake patroi lekuzaldatazailak, zeren eta, nerbio-sistema segmentatu batek errepikatu ahal baitu gune zentraletik abiatutako nerbio-sekuentzia; modu horretara, segmentu bakoitzak bere une propioa izango du, eta erritmo metakronalak itxuratuko dira. Berau munta handikoa izan daiteke uhindura bidezko igeriketan, peristaltisian eta indusketan, sigi-saga ibiltzean edo apendize anitzeko lokomozioan.



Gorputz-planen diagramak ebaketa sagitalean (Barnes *et al.*, 2001etik hartua).

Metameria tipikoaren kasuan, lakain guztiak identikoak dira nolabait, edo berdinak gutxi gorabehera. Horri **metameria homonomo** esaten zaio. Baina modifikazioak agertzen badira, hau da, lakainak taldekatu egiten direnean betetzen duten funtzioaren arabera espezializazio-gune desberdinak itxuratuz, orduan, **metameria heteronomoa**z mintzatzen ari gara. Metameria-mota bi horiek gradiente baten muturrak bailiran uler daitezke, eta, uste denez, inguruneari emandako erantzun gisa garatu dira.

Metameria heteronomoa muturreraino areagotu da artropodoen kasuan. Gorputz-lakainak guneka espezializatu eta zeharo aldatu dira: funtzionalki bereizitako mero-multzo horiei **tagma** deritze, eta hori sortu duen prozesu ebolutiboari, **tagmatizazio**. Artropodoek tagmatizazio-eredu desberdinak dituzte: esate baterako, intsektu batek hiru tagma dituen bitartean, alegia, burua, toraxa eta abdomena, armiarma batek soilik tagma bi ditu, prosoma eta opistosoma hain zuzen, eta karra-marro batek ere tagma bi, zefalotoraxa eta abdomena. Beraz, nahiz eta artropodoak metamerikoak izan, guztiz eraldatuta daude: segmentuen arteko septuak desagertu egin dira, sarri askotan segmentuak eurak ere, zeloma guztiz murriztuta dago eta kanpo-eskeletoak iraunarazten du gorputz-forma. Edozelan ere, organo bikoitien errepikapenak adierazten du artropodoen metameria primarioa, nahiz eta kanpo-aldetik erabat maskaratuta egon.

– Zelomatu oligomerikoak

Diseinu oligomerikoak longitudinalki bi edo hiru zatitan partituriko zeloma erakusten du. Diseinu horren barruan, lofoforatuak, hemikordatuak, urokordatuak eta ekinodermatuak ditugu.

– Zelomatu amerikoak edo monomerikoak

Barrunbe zelomiko sinple bati, zatituta ez dagoenari, amerikoa edo monomerikoa esaten zaio. Kasurako, sipunkulidoek aurkezten dutena.

– Zelomatu pseudometamerikoak

Talde horretan moluskuak sailkatu izan dira klasikoki. Baina kokapen hori oso eztabaidagarria bide da, zeren, autore batzuen ustez, moluskuak ez baitira zelomatuak, eta, bestetik, ez baitago batere argi molusku batzuek erakusten duten organo-errepikapenaren esangura.

4. Animalia bere ingurune biologikoan

Animalia-espezieek aurkezten duten banaketa espaziala irizpide biren arabera ikas daiteke: 1/ Irizpide geografikoak erabiliz espezieen banaketa-areak lortuko ditugu; horretaz, biogeografia arduratzen da (12. gaia). 2/ Irizpide ekologikoak erabiliz, animaliak inguruneari lotuta aztertuko dira.

Animaliak ingurune guztietan bizi daitezke, eta horrela izanik, lehen hurbilketa batean uretako animaliak (itsastarrak zein dultzikolak) eta lurreko animaliak aurkituko ditugu. Bestetik, inguruneen arteko mugak (= **ekotonoak**) oso bereziak izaten dira, eta berebiziko komunitateak edukitzen dituzte. Ekotonoak dira, adibidez, marearteko zirrindak, estuarioak, padurak, urbazterrak, orbelaren geruzak, eta abar. Gainera, gune horiek oso garrantzi handikoak izaten dira, zeren hautespen-presioak bortitzak izaten baitira hor, eta beraz, pentsa genezake eboluzio-prozesuak bizkortu egiten direla.

Orokorrean, espezie bakoitza ingurune bakar batera dago mugatuta, nahiz eta espezie batzuk ingurune bitan bizi daitezkeen, baina, bizi-zikloko aldi desberdinetan. Horixe gertatzen da, esate baterako, anfibioekin, aingira eta izokinekin, sorgin-orratz eta txitxiburduntziekin, eta abar.

Hurrengo orrialdeotan ingurune nagusi bakoitza aztertuko dugu ikuspuntu konparatibo batetik abiatuta.

ITSASOA

Onartu egin daiteke itsasoa bizidunen sorlekua izan dela, eta beraz, esan egiten da ingurune itsastarra medio primitiboa edo primarioa dela, eta, gainerakoak, berriz, sekundarioak.

Baieztapen hori zenbait arrazoitan oinarritu da klasikoki:

- a. Arrazoi paleontologikoak: animalia lerro ebolutibo guztien lehen ordezkariak itsastarrak dira, eta askotan, ez da agertzen gainerako inguruneak kolonizatu dituen espezierik.

- b. Arrazoi fisiologikoak: zelulak medio akuatiko salinoa behar du bizi ahal izateko, eta, hain zuzen, animalien barne-medioak itsaso antzestrara gogorazten du gatz-konposizioari dagokiola. Gogoratu suero fisiologikoak itsasoko uraren antza duela. Modu berean, lehen etapa ontogenikoen likidoek, itsaso baitan libre gertatzen ez badira, gesalaren antza dute. Bestalde, zelulen kinada-hartzaile primitiboenak itsasorako moldatuta daude.
- c. Arrazoi faunistikoak: egungo fauna ikertuz, ikusi egin daiteke, batetik, talde eksklusiboki itsastar asko daudela (molusku zefalopodoak eta ekino-dermatuak, kasu), eta bestetik, itsasokoak ez direnek sekundarioki konkistatu dituztela gainerako medioak, eta, horrela izanik, itsastarrak ez diren espezieak konplexuagoak dira ebolutiboki. *Phylum*-mailako dibertsitatea, hots, dispartitatea, maximoa da itsasoan. Bestetik, animaliarik primitiboenak itsastarrak dira ia eksklusiboki (belakiak, knidarioak, ktenoforoak), eta bai *phylum* bakoitzaren ordezkariak primitiboenak ere. Primarioki itsasokoa ez den *phylum*ik ez dago (beharbada, artropodo uniramioak dira salbuespena, *phylum*tzat joz gero, noski), ingurune dultzikolan ez dago talde eksklusiborik, eta ingurune lehortarrean bat besterik ez (onikoforoak); areago, kategoria goreneko taxon gehienak ere (*subphylum*, klase) itsasokoak dira.

Animali *phylum*en banaketa inguruneen arabera:

UR GEZA	ITSASOA	
<i>Ez eksklusiboak</i>	<i>Ez eksklusiboak</i>	<i>Esklusiboak</i>
Porifera	Porifera	Placozoa
Cnidaria	Cnidaria	Ctenophora
Platyhelminthes	Platyhelminthes	Gnathostomulida
Nemertea	Nemertea	Kinorhyncha
Nematoda	Nematoda	Loricifera
Rotifera	Rotifera	Priapula
Gastrotricha	Gastrotricha	Pogonophora
Tardigrada	Tardigrada	Chaetognatha
Mollusca	Mollusca	Phoronida
Entoprocta	Entoprocta	Brachiopoda
Annelida	Sipuncula	Echinodermata
Arthropoda	Annelida	Hemichordata
Ectoprocta	Arthropoda	Vestimentifera
Chordata	Ectoprocta	Micrognathozoa
<u>14</u>	Chordata	<u>14</u>
	<u>15</u>	

LUR LEHORRA

Ez eksklusiboak
 Platyhelminthes
 Nemertea
 Nematoda
 Rotifera
 Tardigrada
 Mollusca
 Entoprocta
 Annelida
 Arthropoda
 Chordata
10

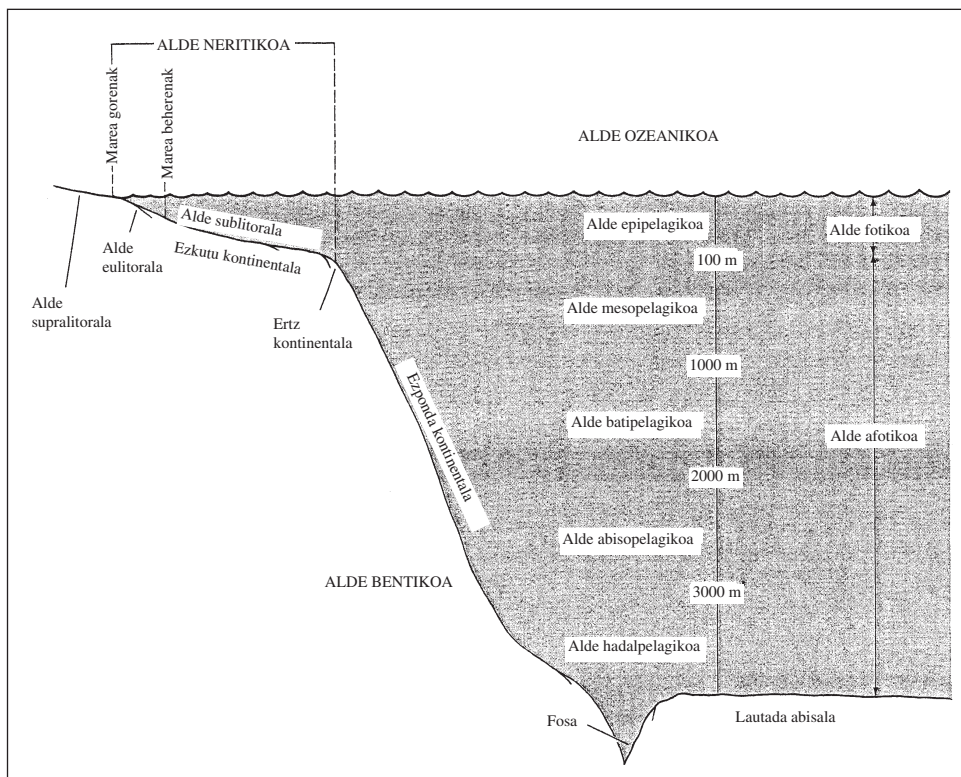
SINBIOTIKOAK

Esklusiboak
 Onychophora
1

Ez eksklusiboak
 Porifera
 Cnidaria
 Platyhelminthes
 Nemertea
 Nematoda
 Rotifera
 Mollusca
 Entoprocta
 Annelida
 Arthropoda
 Chordata
11

Esklusiboak
 Orthonectida
 Rhombozoa
 Nematomorpha
 Acanthocephala
 Cycliophora
5

Zernahi gisaz, egungo animalia itsastar guztiak ez dira jatorriz itsasokoak, zeren eta egungo komunitateetako animalia batzuk sekundarioki itzuli baitira itsasora, ur gezatiko edo lurretiko birkolonizazioa burutu dutelarik. Adibidez, arrain teleosteoak (ur gezako arrainak dira jatorriz) edo zetazeoak (ugaztunak).



Itsasoko ingurune nagusiak. Eskema ez dago eskalara marraztuta (Brusca eta Brusca, 1990etik hartua).

Itsasoan bizi diren animaliak itsas uretan daude murgilduta. Segun eta zein lekunetan agertzen diren, **planktonikoak**, **nektonikoak** edo **bentikoak** izan daitezke. Bizidun planktonikoak flotatzen edo jitoan joaten dira; nektonikoak igerilariak dira. Bentikoak hondoa bizi direnak dira, eta sesilak edo herrestariak izan daitezke; nolanahi, bizidun **epibentikoak** substratuaren gainean bizi dira, eta **endobentikoak**, substratuaren barruan. Azkenik, bizidun **psamnikoak** edo **interstizialak** dauzkagu: partikula txikien arteko zirrikitueta bizi dira, esate baterako, harea-garautxoaren artean.

Ingurune biologikoa den aldetik, itsasoak baditu abantaila asko, bai eta zenbait oztupo garrantzitsu ere. Ondoan zerrendatuko ditugu, guztiz eskematikoki bada ere:

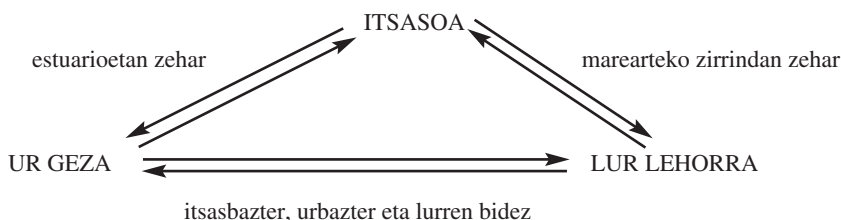
1. Ikuspuntu fisikotik eta kimikotik, itsasoa oso egonkorra izaten da, eta beraz, kontserbakorra, eboluzioari dagokiola. Konparatiboki, ia ez dago oszilaziorik: gazitasuna, tenperatura, pHa, disolbaturiko oxigenoa, eta abar, konstante mantentzen dira ia, eta aldatzekotan, parametro horien jauziak oso indargeturik agertzen dira, hau da, ez dira batere bortitzak izaten, zeren, itsasoko ur-bolumena oso handia baita. Gainera, gau-egunek eta sasoiek ez dute oszilazio nabarmenik sortzen.
2. Higidura eta lokomozioa, zilio bidez, flagelo bidez edo uhinduraz egin daiteke, Arkimedesen printzipioak lagundurik. Hau da, pisuari Arkimedesen bultzada kentzen zaio, eta ondorioz oso erraza da egituren mantenimendua eta bai mugitzea ere. Modu berean, oso erraza da animalia forma mantentzea, eta horregatik ez da agertzen eskeleto gogorraren beharrik.
3. Primarioki itsastarrak direnez, animaliak isosmotikoak dira itsasoarekiko, eta beraz, ez dira gatzaren kontzentrazioez arduratu behar.
4. Oreka osmotikoarekin batera, eskrezioaren arazoa joango da. Itsasoan ez dago ardurarik: animalia gehienak amoniotelikoak dira, hau da, amonioa iraitzen dute hondakin gisa. Amonioa guztiz toxikoa izaten da zeluletan pilatzen bada, baina, ur franko dagoenean bertara egozten da difusioz. Modu berean, difusioz galtzen dute CO_2 -a.
5. Itsasoan ez dago eragozpen handiegirik ernalketarako, ugalketarako eta garapenerako: gametoak itsasoan aska daitezke, eta bertan gertatuko dira aipatu prozesuok.
6. Elikadurari dagokionez ere, ez da arazo handiegirik agertzen, janari-kiziak ur-zutabeen esekita baitaude, eta beraz, mikroiragazketa izaten da elikabide arrunta, hau da, animaliak ez du elikagaia aktiboki bilatu beharrik.

Alde onen zerrenda potoloa izan bada ere, dena den, itsasoak zenbait muga jarri dizkio animalien hazkundeari, eta dirudienez, hortik dator beste inguruneak kolonizatze presio ebolutiboa. Hauexek dirateke eragozpenik nabarmenenak:

1. Argiari dagokionez, eta beraz, fotosintesiari. Alde fotikoa mugatuta dago lehenengo 200 m-ko sakoneraraino gehienez (uraren uhertasunaren arabera), eta horrenbestez, ekoizpen primarioaren gunea ere tarte horretara murrizten da. Jakina, argiak ez du zuzenean eragiten animalien gainean, zeren animaliak printzipioz berdin bizi bailitezke alde fotikoan edo afotikoan, baina, ekoizpen primarioa soilik alde fotikoan egongo da. Alde afotikoan, esan dugunez, badago animaliarik, baina karniboroak, deskonposatzaileak, detritiboroak edo iragazleak izango dira, ez herbiboroak. Edozelan ere, aipatu egin behar da ekoizpen primarioa alde fotikotik kanpo ere egon daitekeela, esate baterako, sakonera handiko tximinia geotermikoetan, zeintzuetan bakterioak baitira ekoizleak.
2. Gatz mineral elikagarriak (sulfato, nitrato eta fosfatoak) oso urriak izaten dira (bilioiko parteak), eta, hori dela-eta, faktore limitatzaileak dira alde fotikoan. Soilik gatzak kanpo-ekarpenak dauden lekuetan egongo da ekoizpen primario handia, adibidez, plataforma kontinentalean, estuarioetan eta azaleramenduetan.
3. Oxigenoa ere mugatzailea da. Oxigenoa oso kantitate txikitik disolbatzen da uretan. Batez beste, 100 ml-ko 0,7 ml O_2 dago, baina kontzentrazio hori jaitسي egiten da tenperatura eta gazitasuna handiak direnean. Bestalde, leku jakin bateko oxigenoa kontsumitzen bada, nahikoa zaila izaten da ordezteak, zeren uretan oso baxua baita difusio-abiadura, atmosferakoa baino 10 bider baxuagoa. Hain zuzen, atmosferan dago oxigeno-erreserbarik handiena, eta, horregatik, sakonerak eragin handia edukiko du oxigeno-berritzapenean.
4. Elikagaiekiko eta espazioarekiko konkurrentzia. Aipatu dugunaren arabera, itsasoko alderik onena plataforma kontinentala litzateke. Bertan denetarik aurkitzen da, alegia, argia, gatzak eta oxigenoa. Baina, hain zuzen ere horrexegatik, oso altua izango da konkurrentzia. Berori saihesteko sortu bide da plataformatik alde egiteko joera ebolutiboa, hau da, itsaso sakonerantz batetik, edo bestela ingurune dultzikola eta lurterra kolonizatzea. Azken bide horretan zehar lehenago landareek burutu zuten kolonizazioa, eta berorien atzetxotik animaliek.

Esan bezala, itsasotik abiatuta kolonizatu ziren sekundarioki ur kontinentalak eta lur lehorra, baina atzera itzultzea gertatu zen ere zenbait kasutan.

Ingurune desberdinetako animalien kolonizazioak:



I → UG: kordatuak

I → LL: araknidoak

UG → LL: ornodun amniotoak

LL → UG: gastropodo pulmonatu basomatoforoak, narrastiak

LL → I: zetazeoak, gastropodo pulmonatuak

UG → I: arrain teleosteoak, narrastiak

UR GEZAKO INGURUNEA (INGURUNE DULTZIKOLA, UR KONTINENTALAK)

Antza denez, ur kontinentalak estuarioetan zehar kolonizatu ziren nagusiki. Itsasoa-rekin konparatuta, ur kontinentalek abantaila batzuk dituzte:

1. Sakonera askoz txikiagoa dutenez, eta ur-bolumena askoz ere murriztagoa, ur-kopuru osoa argiztatuta egoten da.
2. Gatz mineralen kontzentrazioa altuagoa izaten da, lurretiko ekarpenak direla-eta.
3. Oxigeno-kontzentrazioa ere handiagoa da (itsasoa, %0,7; ur kontinentaletan, %1). Gainera, kontsumitzen denean, berriztapena arinagoa izaten da, atmosfera hurbilago dagoelako.

Hiru abantaila horiek ikusi eta gero, erraza da konturatzea ur kontinentalak kolonizatzeke gai izan ziren animaliek janari gehiago lortu zutela sari gisa. Baina, badago eragozpenik ere:

1. Ur gezetako gazitasuna txikiagoa izanik, arazo osmotiko larriak edukiko zituzten animalia kolonizatzaileek. Animalia-aren gatz-kontzentrazioa ingurune-koa baino altuagoa da; beraz, urez betetzeko arriskua izango du (ingurunea hipotonikoa da). Arazo hori saihesteko, eskrezio-aparatua asmatu zen, antza. Kasu jakin batzuetan (belaki eta ur gezako knidarioak), arazoa maila zelularrean konpondu da.
2. Bestalde, ugalketa eta bizi-zikloa ditugu. Ingurunea ez da aproposa, alegia, gametoak ezin dira uretara askatu, eta horrek derrigorrezko bihurtu du barne-ernalketa. Era berean, defentsabako enbrioaren babesaren areagotu egin behar da: arrautzek geruza babesleak edukiko dituzte. Ziklo biologikoa zuzen bihurtu da kasu gehienetan, hau da, larba primarioak desagertu egin dira. Inoiz, larba gorde denean, ibaien korronteei aurka egiteko mekanismoak garatu dira: bibalbioen globulidiorak, esate baterako, foretikoa egin dira.

3. Hirugarrenez, ingurune-faktoreen oszilazioak oso handiak izaten dira, nahiz zirkadianoak (egunean zehar gertatzen direnak) zein sasoikoak: tenperatura, gazitasuna, pHa, oxigeno-kontzentrazioa, eta abar, sano aldatzen dira. Kontuan hartu behar da kanpoko baldintzek oso eragin sakona dutela ingurune horren gainean: kasurako, ibai berbera agortu edo izoztu egin daiteke urtean zehar.
4. Azkenik, ibaien kasuan, korronteeek animaliak arrastatzen dituzte, eta, beraz, populazio batek leku jakin eta egoki batean gelditzeko mekanismo bereziren bat beharko du efektu horri aurka egiteko.

LUR LEHORRA

Lurra ere oso ingurune zaila da, eta izatez oso berandu kolonizatu zen. Lurreko lehenengo bizidunak (landareak lehenago eta animaliak geroago) ez ziren Siluriko-Deboniko arte agertu, hau da, *phylum* guztiak eratuta egon eta gero. Gainera, soilik artropodo batzuek eta ornodunek konkistatu dute guztiz egokiro. Molusku gastropodoek eta anelido oligoketo terrikolek erdipurdiko konkista burutu dute, ez baitira osoki libratu urarekiko mendekotasunaz.

Itxura batean, dena da eragozpen ingurune lurtarrean. Batzuk aipatuko ditugu:

1. Oszilazio fisiko-kimikoak maximoak izaten dira, eta oso arinak gainera. Aldaketak zirkadianoak zein sasoikoak izaten dira.
2. Indar hidrostatikorik ez dagoenez, grabitatearen zamaren aurka egin behar da gorputz-forma gordetzeko: eskeleto gogorra beharrezkoa izango da (exoskeletoa edo endoskeletoa).
3. Ura lurrinketaz eta transpirazioz galtzen da. Ezin da ahaztu arazo osmotikoa: lurtean ura galtzeko joera aurkituko dugu, eta, beraz, eskrezio-aparatu ur kontinentaletako aparatuekin konparatuz kontrako noranzkoan aritu beharko da.
4. Ur-gabezia dela-eta, ezin da bizitza zelular askerik egon, eta beraz, bai ugalketa eta bai enbriogenesisia ere zailago bihurtu dira. Arrautza oskolduna asmatu behar izan da, edota bibiparo bihurtu animalia.
5. Zilioek eta uhindurek ez dute lokomoziorako balio. “Hanka” asmatu behar izan da.
6. Elikabideetan ere aldaketa batzuk derrigorrezkoak izan dira. Esate baterako, lurtean ezinezkoa gertatu da mikroiragazketa. Oro har, mikrofgiatik makrofagiaranzko joera nabarmendu da.

A. Animalia urtarrrak

Multzo honetan biltzen dira lurzoruko animalia ñimiñoak, soilik ur-pelikula batez inguratuta daudenean aktibo egoten direnak, adibidez, protozooak, ostrakodoak, nematodoak.

B. Animalia kriptozoikoak

Mota honetako animaliek hezetasun handia behar dute eta ezin dute desikazioa jasan. Multzo honetako animaliek jokabidezko moldapenak edukitzen dituzte guneez hezeetan iraun ahal izateko.

- (i) Lurzoruko biztanleak, esaterako, lur-zizareak, anfibio indusleak eta intsektu-larba asko.
- (ii) Orbeletako animaliak, edota batzuetan harripetan-eta aurkitzen direnak, adibidez, bolakokoak, ehunzangoak eta milazangoak.
- (iii) Euri-ohianetako biztanleak, adibidez, zizare zapalak, nemertinoak, izainak.

C. Animalia higrifikiloak

Berauek hezetasun handia behar dute, edota ura, bizkor egoteko, baina desikazioa jasan ahal dute. Sarritan, estibazioa erakusten dute urtaro desagokietan, adibidez anfibio batzuek eta lur-barraskilo askok. Espezie kriptobiotikoak hemen koka daitezke.

D. Animalia xerifikiloak

Berauek bizkor dabilta baldintza lehorretan. Multzo honetakoak dira ornodun asko —narrasti, hegazti eta ugaztunak— eta bai artropodo asko. Azkenotatik gehienak intsektu dira, baina anitz araknido eta zenbait krustazeo isopodo bizkor daude are eta basamortuko baldintzetan ere.

Animalia lurtarren erantzuna ur-gertutasunaren aurrean (Little, 1983tik hartua).

Zailtasunak zailtasun, ingurune lurtarrek beteta daude, eta gainera, arrakasta ebolutibo handiko taldeez. Horrek garbi adierazten duenez, konponbide desberdinak aurkitu dira aipatutako arazoei kontra egiteko: kasu batzuetan arazoak saihestu edo minimizatzeko, eta beste batzuetan, zuzentzeko. Hor ditugu, esate baterako, tenperatura erregulatzeko mekanismoak asmatzea, edo azalaren iragazgaiztasuna lortzea, urik ez galtzeko.

Beraz, ingurune lurtarrek eboluzioa akuilatu egin duela esan daiteke, bertako ingurune-presioa maximoa da-eta.

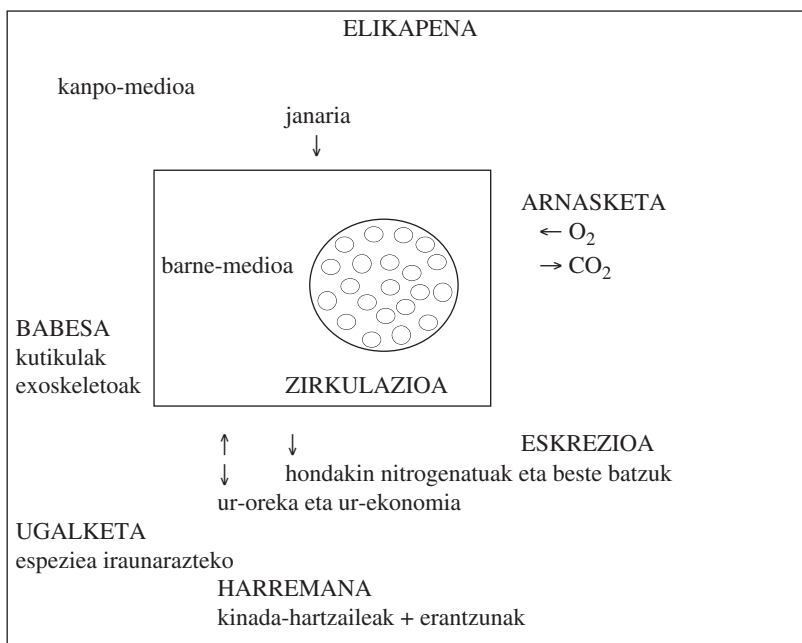
Lur lehorra kolonizatu duten animaliek abantaila bi aurkitu dituzte:

1. Ekoizpen primarioa ez dago mugatuta (beti dago argia; lurtean, elikagaiak eta ura; atmosferan, CO₂), eta horrenbestez, janari-gertutasuna uretako inguruneetan baino askoz handiagoa da. Beraz, arrazoi trofikoak direla-eta, lur lehorrean txoko ekologiko berri asko agertu dira, eta, azken batean, biodibertsitatea areagotu da ezin gehiago.

2. Oxigeno-gertutasuna osoa da. Hori munta handikoa da metabolismorako: atmosferan, oxigenoaren kontzentrazioa %21 da (hau da, 20-30 bider handiagoa urarekin konparatuz), eta gainera, kontsumitzen denean, atmosferatik ekarpena oso azkarra da (urarekin konparatuz, 1000 bider arinagoa). Hainbeste oxigeno erabilgarri egoteak metabolismoa azkartu du, eta, era berean, bestelako aurreramendu garestiak baimendu ditu: neurona, muskulua, eta abar. Horrek guzti horrek azaltzen du zergatik, mantendu diren arnas kontuetan atmosferaren mende, sekundarioki uretara itzuli diren animaliak, baleak-eta kasurako.

5. Antolakuntza tisularreko gradua. Organoak, aparatuak eta sistemak. Organo/funtzio/ingurune trinomioa

Bizidun plurizelularrek zelula guztiak eduki ditzakete kanpo-ingurunearekiko ukipenean; izan ere, horixe jo da animalien egoera primitibotzat, maila diploblastikoan aurkitzen duguna hain zuzen ere. Alabaina, eboluzioa aurrera doan heinean, zelulak kanpotik urrundu eta barne-medioan aurkituko ditugu gero eta gehiago. Azken zelula horiek mesodermikoak dira printzipioz, nahiz eta bestelako jatorria duten zelulak ere aurkituko ditugun egoera horretan (kasurako, nerbio-zelula gehienak, ektodermotik eratorriak). Kontuak horrela, animalien eredu funtzional orokorra era honetara adieraz dezakegu:



Kanpo-ingurunearekiko ukipenean dauden zelula bizien zeregina truke zuzena egitea da. Kanpo-ingurunea urtsua izan behar da derrigorrez, nahiz eta batzuetan medio akuatiko hori ur-pelikula soil bat izan, mukosak atxikitzen dutena. Gainerako zelulak barne-medioan bizi dira, eta animalia taldeen arabera homeostasia-maila desberdina dute (baldintza fisiko eta kimikoen mantentzea; ikus 6. gaia).

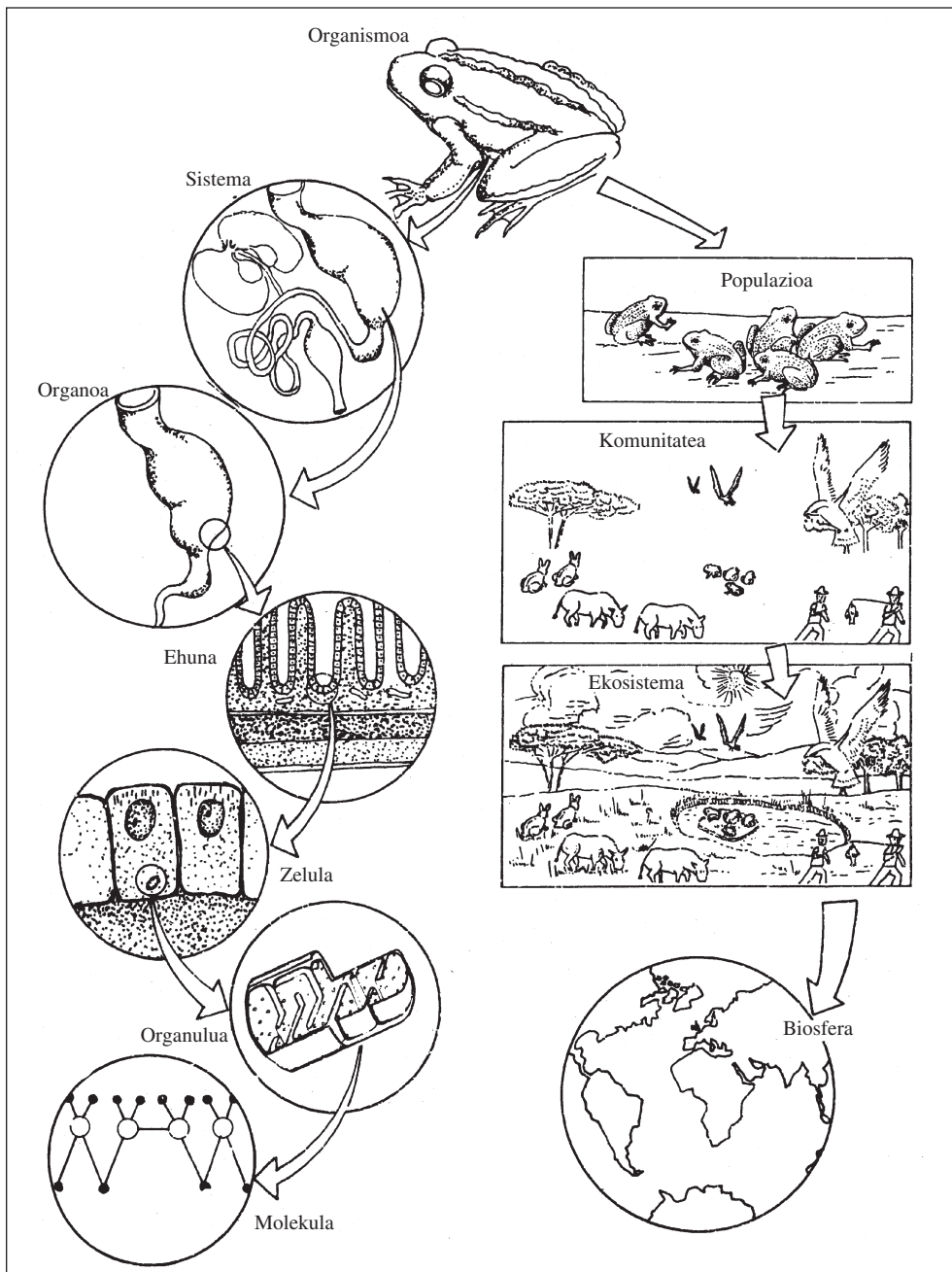
Plurizelularitatearen ezaugarri garrantzitsua ez da gorputza zelula askoz osotua izatea, baizik eta zelula horien espezializazioa, hau da, zelulek lan fisiologikoa banatu egin dute haien artean. Ehuna da zeregin berbera betetzen duten zelulen multzoa. Lau ehun-mota nagusi daude, funtzioaren eta egituraren arabera:

- ehun epiteliala (ektodermo, endodermo edo mesodermotik eratorria)
- ehun konektiboa (mesodermotik eratorria)
- ehun muskularra (mesodermotik eratorria) (ikus 7. gaia)
- nerbio-ehuna (ektodermotik eratorria) (ikus 7. gaia)

Ehun epitelialak animaliaien gainazal guztiak estaltzen ditu, bai kanpokoak (epidermia), eta bai barnekoak ere, hau da, ehun epitelialak gainazal bat agerian dagoen edozein lekutan ager daitezke. Duten kokapen agerikoa dela-eta, arin agortzen dira, baina badituzte zelula enbrionarioak berriztapenerako. Funtzio asko bete ditzakete, haien artean, babeslea (babes mekanikoa –kolpeen edo igurtzimenduen eraginez ehun delikatuak izan ditzaketen kalteak murriztuz– zein babes fisiologikoa —ur eta gatzen galera edo irabazia galaraziz edo mikroorganismoen inbasioa oztopatuz—), jariatzailea (mukusa, kutikulak, oskolak, maskorrak, ezkatat, lumak, ileak, substantzia itsaskorrak, pozoitsuak edo nardagarriak), lokomotorea (horretarako zilioez edo flageloek hornituta daude epitelioen zelulak), eta bai erabil daitezke ere substantzien trukerako (arnasketa kutanea, elikagaiak epitelioan zehar xurgatuz, eskrezioan eta osmorregulazioan ioi mineralak trukatzuz...).

Ehun konektiboaren jatorrizko funtzioa da, gorputz barneko organoen arteko hutsuneak betetzea. Ondorioz, hiru funtzio nagusi betetzen ditu: loturazkoa eta euskarrikoa (dermia, tendoia, lotailuak, kartilagoa, hezurra) eta elikagai-erreserba (odola, linfa, ehun adiposoa). Ehun konektiboan adibideak dira, bestetik, knidario eta ktenoforoen mesoglea eta poriferoen mesohiloa.

Antolakuntza tisularreko gradua da animalia batzuetan lortutako mailarik altuena (knidario eta ktenoforoetan). Gainerako animalietan, ehunak **organoak** eratzeke elkartzen dira; organoak, beraz, funtzio jakin berbera betetzen duten unitate anatomikoak dira. Kasu horretan, antolakuntza organikoaren graduaz hitz egiten da, eta horixe da, hain zuzen, plathelmintheek lortu duten gradurik altuena. Azkenik, organoek modu koordinatuan egin dezakete lan, **aparatua** eratuz, eta antolakuntza-gradu hori aurkezten dute animalia-*phylum* gehienek. Ehun-mota bakar batez osotuta egoteagatik organoak antzekoak baldin badira baina lana independenteki egiten badute, orduan, **sistemaz** hitz egiten da. Beraz, aparatu batean



Antolakuntza-mailak (Fernandes, 1981etik hartua).

parte hartzen duten organoak ez dira independenteak, hau da, ezin dute bere kabuz bete aparatu horren funtzioa. Aitzitik, sistema baten osagaiak independenteki aritu ahal dira. Horrela izanik, hurrengo hauek dira aparatuen adibideak: digestio-aparatua, zeinak liseriketa integratua betetzen baitu organo batzuen lan seriatuari esker (ahoa, faringea, esofagoa, urdaila, hestea...); ugal aparatua, eskrezio-aparatua, arnas aparatua eta zirkulazio-aparatua. Eta sistemen adibideak, berriz, hauexek dira: muskulu-sistema, nerbio-sistema, sistema tegumentarioa, sistema endokrinoa eta sistema immunitarioa.

Animalia guztiak ia arazo berberak konpondu beharrean aurkitzen dira bizi-tzan zehar, alegia, janaria eta oxigenoa lortzea, oreka hidrikoa mantentzea, hondakin metabolikoak iraitzea eta espeziea iraunaraztea. Lau arazo horiek ebazteko, gorputz-egiturak erlazio zuzena edukiko du honako faktore hauekin: animalia bizi den ingurunearekin, animaliarekin tamainarekin eta bizimoduarekin. Adibidez, animaliarekin simetria-mota eta nerbio-sistema duen bizimoduarekin erlazionatuta daude (simetria erradiatua eta nerbio-plexua, bizimodu sesilarekin; simetria bilaterala eta nerbio-kordioa, higidurarekin); inguruneak halabehartuko ditu bai organo-motak (uretakoetan, brankiak edo zakatzak; lurekoetan, birrikak edo trakeak), bai gorputz-forma (uretako ornodunetan, arrain-forma; animalia hegalarietan, hegoak) edo eskrezioaren hondakin-mota (akuikoetan, amoniakoa; lurtarretan, urea edo azido urikoa).

Tamainari dagokionez, aipatu egin behar da konplexutasun estrukturalaren eta tamaina-emendioaren arteko erlazioa. Hain zuzen ere, **alometria** deritzona ardurtzen da gorputz-tamaina eta haren ondorioak aztertzeaz. Animalia eboluzioaren konplexutasuna tamainaren eboluzio sinple batera murriz daiteke. Horrek esan nahi du hainbat eta hainbat ezaugarri morfologiko, fisiologiko, ontogenetiko, ekologiko eta etologiko gorputz-tamainaren menpe dauden aldagai sinpleak direla. Nolabait, tamainak animalia bizitzaren hertsamendu energetikoa dakar, eta horrela izanda, tamaina parametro gisa erabil daiteke animalien konplexutasun estrukturala eta arrakasta ebolutiboa kuantifikatzeko orduan. Gorputz-tamaina handiak, izatez, soilik ingurune egonkor, auresankor eta nahikoa baliagai trofiko duten tokietan ager daitezke. Bai animaliek eta bai landareek ere denbora ebolutibo luzea behar izan dute ondare energetiko hori beren egituretan gauzatzeko. Animalien kasuan, lur lehorra kolonizatzeko gai izan ziren talde gutxi batzuek lortu dute soilik. Zentzu horretan, interesgarria da aipatzea intsektuek eta ugaztunek, hau da, animalia eboluzioaren gailurrak nolabait (protostomatuak vs deuterostomatuak), elkarren arteko desberdintasun biologiko nabariak aurkezten dituztela (kopurua vs tamaina), r eta K estrategiekin erlazionatuta daudenak (ikus 10. gaia).

6. Animalia biologია: elikapen-funtzioak

Claude Bernard frantziarrak antzeman zuen lehenengo aldiz gorputzeko barne-egonkortasuneranzko joera, XIX. mendean. Urte batzuk beranduago, W. Canon fisiologo estatubatuarrek barne-medioa egonkor mantentzen duten prozesu fisiologikoen oreka deskribatu zuen; **homeostasia** esan zion. Homeostasia kontzeptua prozesu fisiologiko guztiekin erlazionatuta dago, eta animalia guztiei aplika da-kieke.

Barne-medioaren aldaketak bi arrazoiengatik gerta daitezke. Alde batetik, ekintza metaboliko guztiek materialen hornidura konstantea behar dute (oxigenoa, elikagaiak, gatzak...). Zelulek inguruneetik hartzen dituzte material horiek, eta be-raz, berriztatu behar dira behin kontsumitu eta gero. Gainera, zelulen jarduerak kanporatu behar diren hondakinak sortzen ditu (nitrogeno-hondakinak, CO₂...). Bigarrenetik, ingurunea alda daiteke (esate baterako, tenperatura, gatz- edo oxige-no-kontzentrazioak...), baina organismoak aurre egin behar die aldaketa horiei, barne-medioa konstante mantentzeko.

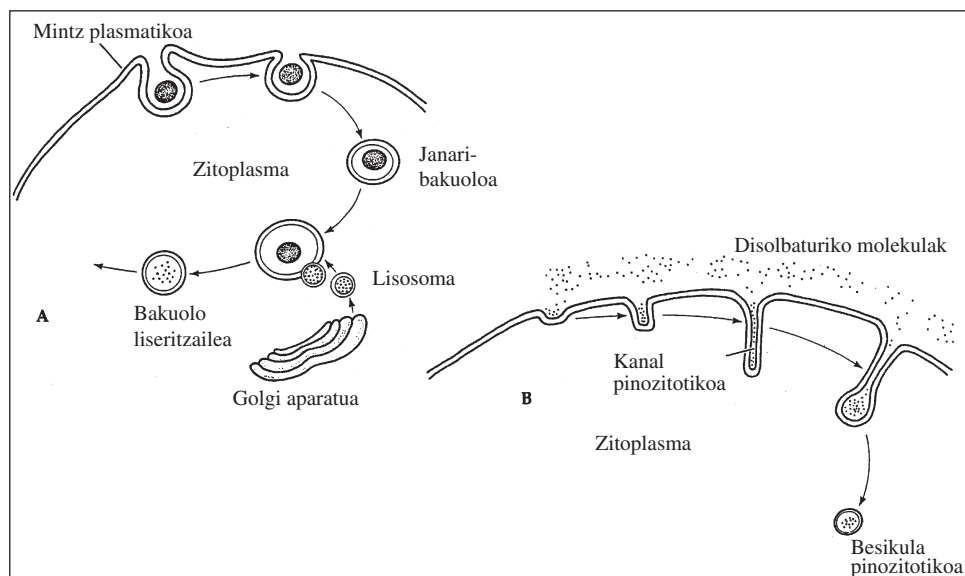
Gai honetan, homeostasiarekin erlazionatuta dauden funtzio guztiak aztertuko ditugu, hau da, elikadura, eskrezioa eta osmorregulazioa, eta zirkulazioa eta gas-trukea.

DIGESTIO-APARATUA ETA ELIKADURA-MEKANISMOAK

Liseriketa intrazelularra eta estrazelularra

Animalia guztiek elikagaiak bilatu, aukeratu, harrapatu, irentsi eta, azkenik, liseritu eta asimilatu behar dituzte. Nahiz eta liseriketa-fisiologia gutxi gorabehera uniforme den maila biokimikoan, askotarikoak dira harrapaketa- eta liseriketa-mekanismoak. Esate baterako, organismo unizelularrek ezin dute elikagairik manipulatu eta prozesatu, animaliek (multizelularrak izanda) egiten duten bezala; edo animalia diploblastikoek ez dute animalia triploblastikoek duten joera berbera.

Liseriketaren bidez, elikagaiak txikertu egiten dira hidrolisiaz, zelulek erabil ditzaketen unitate egokietaraino. Apurketa-prozesu hori gorputzetik kanpo ger-tatzen denean, **gorputzetik kanpoko liseriketa** deitzen da; digestio-aparatuaren kameraren baten barruan gertatzen bada, **liseriketa estrazelularraz** hitz egingo dugu, eta zelula barruan gertatzen bada, **liseriketa intrazelularraz**.

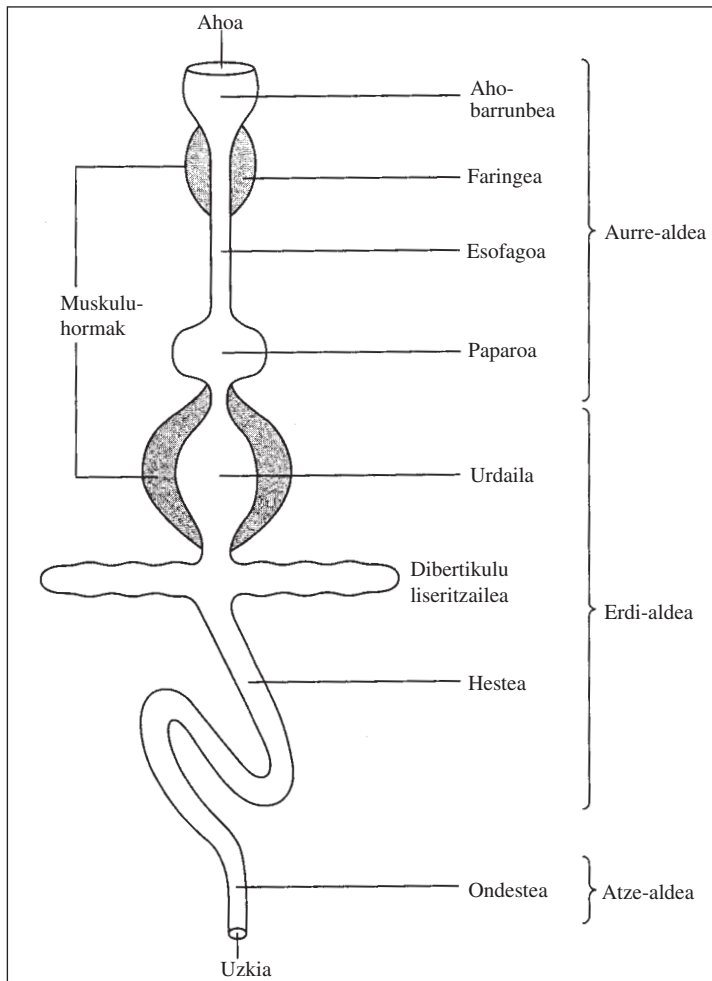


A, Fagozitosia. Diagraman janari-bakulo baten eraketa ikus daiteke, eta bai Golgi aparatutiko lisosoma baten eta janari-bakuloaren fusioa, eta bai hondakinak zelula-azaleraino garraiatuko dituen bakulo liseritzailea. B, Pinozitosia. Disolbaturiko elikagai-molekulak zelula-mintzean atxikitzen dira; orduan kanal pinozitotikoak eratzen dira eta horietatik besikula pinozitotikoak ateratzen. (Brusca eta Brusca, 1990etik hartua).

Liseriketarako lekua kontuan hartu gabe, organismo guztiek aurre egin behar diote produktu elikagarrien harrapaketa zelularrari. Berori fagozitosiari edo pinozitosiari esker gauzatzen da. **Fagozitosi** bidez, mintz plasmatikoa janari-kizia inguratu eta poltsa bat itxuratzen du zelularen azalean; gero poltsa hori barneratu egiten da zelulara **janari-bakuoloa** eratuz. Liseriketa intrazelularra lisosomen entzimek egiten dute; zitoplasma zelularrak liseriketa-produktuak (azukreak, aminoazidoak...) xurgatzen ditu, eta azkenik, hondakinak askatzen dira zelulatik kanpo. Horretarako **liseri-bakuoloa** mintz zelularrarekin fusionatu behar da. Fagozitosi bidezko liseriketa belakietan gertatzen da, eta bai metazooen heste-zeluletan ere.

Pinozitosia fagozitosiaren antzekoa da baina espezializatuagoa. Pinozitosian, zelulak aukeratzen du janari-kizien tamaina, eta kizi horiek beti fluido batean (itsasoko ura, gorputz-fluidoak) disolbatuta egoten dira. Pinozitosian, zelularen azaleko leku jakin batzuetan inbaginazioak eratzen dira (**pinozitosi-kanalak**), zeintzuk inguruneko likidoek eta elikagai-partikulez betetzen baitira. Gero, inbaginazio horiek zelulara barneratu eta **pinozitosi-besikulak** eratzen dira. Pinozitosia, orokorrean, gorputz-barrunberen bat estaltzen duten zeluletan gertatzen da, hestean esaterako, behin liseriketa estrazelularra burutu eta gero, hau da, behin jatorrizko elikagai-iturritik elikagai-partikulak askatu eta gero. Kasu batzuetan, hala ere, elikagai-molekulak itsasoko uretatik har daitezke zuzenean, eta antza, horixe da ornogabe askok egiten dutena.

Oro har, metazooek barneko liseri-hodi bat izaten dute. Batzuetan, irekigune bat besterik ez dago, **ahoa**, zeinean zehar elikagaiak irentsi eta hondakinak askatzen baitira. Digestio-aparatu hori **zaku-eredukoa** dela esango dugu, edo **heste ez-oso**a, eta knidario eta platihelmineteetan agertzen da. Gainerako metazoo gehienek **ahoa** eta **uzkia** dauzkate, hau da, **hodi-ereduko** digestio-aparatua edo **heste oso**a. Hodi-eredukoetan, janariak norabide bakarra jarraitzen du, eta, orokorrean, hodi-guneak espezializatu egiten dira funtzio desberdinen arabera: birindu, jariatu, bildu, liseritu eta xurgatzeko. Horrela bada, hurrengo zonazio hau topatuko dugu, behin elikagaiak aurkitu eta harrapatu eta gero:



Ornogabe baten digestio-aparatuaren aldeak (Barnes *et al.*, 2001etik hartua).

- Elikagaien harrerako gunea (ahoa): gune horretan **ingestioa** gertatuko da, hau da, janariak irentsi egingo dira. Aldi berean, liseriketa kimikoa edota mekanikoa (mamurketa) egon daitezke.
- Eroate- eta metaketa-gunea (esofagoa eta paparao).
- Birrintze-gunea eta liseriketa-hasierako gunea (arandoia eta urdaila): elikagaien makromolekula organikoak monomero bihurtu behar dira xurgapena posible izan dadin. Egoera primitiboenetan, intrazelularra da liseriketa; gero, estrazelularra (batzuetan mota biak batera gertatzen dira, proportzio desberdinetan bada ere). Entzimen jariaketa liseri-guruinetan gertatzen da (hepatopankrea, gibela, pankrea...).
- Liseriketaren bukaera-gunea eta xurgapen-gunea (erdiko hestea eta asoziatu-rikoko guruinak): trukerako azalera emendatzeko, gainazaletan mikrobiloxkak (zelulen mintzetan), biloak eta heste-tolesturak ager daitezke. Xurgatutako molekulak zelula guztietara joango dira. Ehun eta organo batzuk egon daitezke soberakinak metatzeko (gibela, ehun konektibo adiposoa...).
- Gorotzak prestatzeko eta ura berreskuratzeko gunea (atze-hestea).
- Egestio-gunea (uzkia): uzkia zuzenean ireki daiteke kanpora edo **kloaka** izeneko atari batera, zeinean eskrezio-hodiak eta ugai hodiak ere irekitzen baitira.

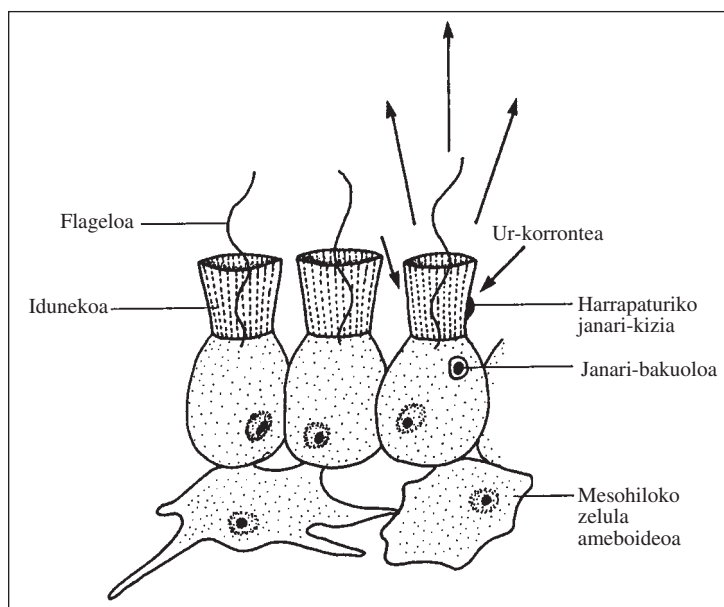
Elikadura-estrategiak

Animalien gorputz-arkitekturak digestio-aparatuaren mota ondorioztatzen du, eta, gainera, guztiz erlazionatuta dago elikagai-hautapen eta -irenstearekin. Animaliak **heterotrofikoak** dira, hau da, gainerako bizidunetz elikatzen dira. Biologok animalia heterotrofikoen elikadura-estrategiak modu desberdinetan sailkatzen ditugu. Esate baterako, elikagai-motaren arabera, oso ohikoa izan da animaliak hiru motatan sailkatzea, alegia, **herbiboroak**, **karniboroak** eta **omniboroak**, segun eta, hurrenez hurren, landareez, animaliez edo landareez eta animaliez elikatzen diren. Aspaldiko sailkapen horren erabilera emendatu egin zen ekologiaren aurrerakadarekin batera, zeren eta dietan oinarritutako kategoria horiek elikakateen mailak ere islatzen baitzituzten. Horrela, herbiboroak ekoizle primarioez (landare berdeez) elikatuz lortzen du bere energia, eta modu berean, karniboroa kontsumitzaile sekundarioa edo tertziarioa izango da.

Dieta orokorra gehiago zehaztuz, herbiboro/karniboro/omniboro (edo fitofago/ zoofago/polifago) hirukotea asko ugaritu zen, eta latinaren zein grekoaren bitartez, hamaika berba eratu ziren: frugiboro, nektariboro, graniboro, xilofago, fungiboro, medusofago, intsektiboro, piziboro, iktiofago, ornitofago, nekrofago, oofago, hematofago, koprofago, saprofago, antropofago... Baina, dietan oinarritutako sailkapen hirukoitz horrek desabantaila batzuk dituela-eta, gaur egun gehien erabiltzen den irizpidea da janaria lortzeko modua. Horrela, animaliak mota bikoak

direla esaten da: **makrofagoak** eta **mikrofagoak**. Printzipioz, elikagaiaren tamaina baino garrantzitsuago, janaria lortzeko bidea dugu irizpide. Mikrofagoek modu ia automatikoan irensten dute janaria; janari hori kizi txikiez osotua izaten da, balio nutritibo eskasekoa eta sarritan ingurune homogeneoan era jarraituan hedatuta dagoena. Makrofagoek, ostera, harrapakinak hautatu egiten dituzte aktiboki, eta harrapakin horiek era diskretuan hedatuta daude ingurune zabal eta heterogeneoan. Beraz, esate baterako, balea animalia mikrofagoa izango da, nahiz eta 5 cm-ko izkirak harrapatu iragaziz; ostera, amebak eta beste bizidun unizelular asko makrofagoak dira, zeren janari-kiziak aktiboki bilatzen dituzte.

Makrofago/mikrofago kategorია horiek gehiago mugatu daitezke. Horrela, animalia mikrofagoen artean ondokoak bereizten dira: **iragazleak** (edo **suspen-tsiboroak**), **sedimentiboroak** (edo **detritiboroak** edo **jalkin-jaleak**), **larrekariak** (hortzekin belarra moztuz elikatzen direnak) eta **kimujaleak** (zuhaitz, zuhaixka, kimu eta puja berriak jaten dituztenak). Eta makrofagoen artean, **harrakapariak** edo **ehiztariak** (animalia biziak harrapatuz eta janez bizi direnak), **sarraskijaleak** eta **nekrofagoak** (haragi ustela edo gorpuak janez elikatzen direnak) eta **bizka-rroiak**.

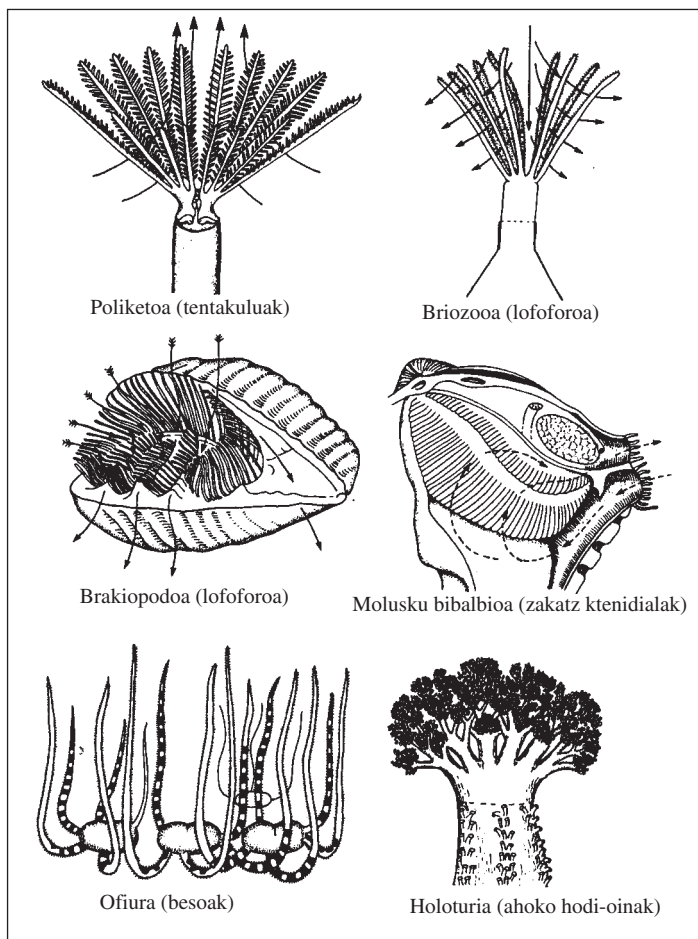


Poriferoen koanozitoak (Barnes *et al.*, 2001etik hartua).

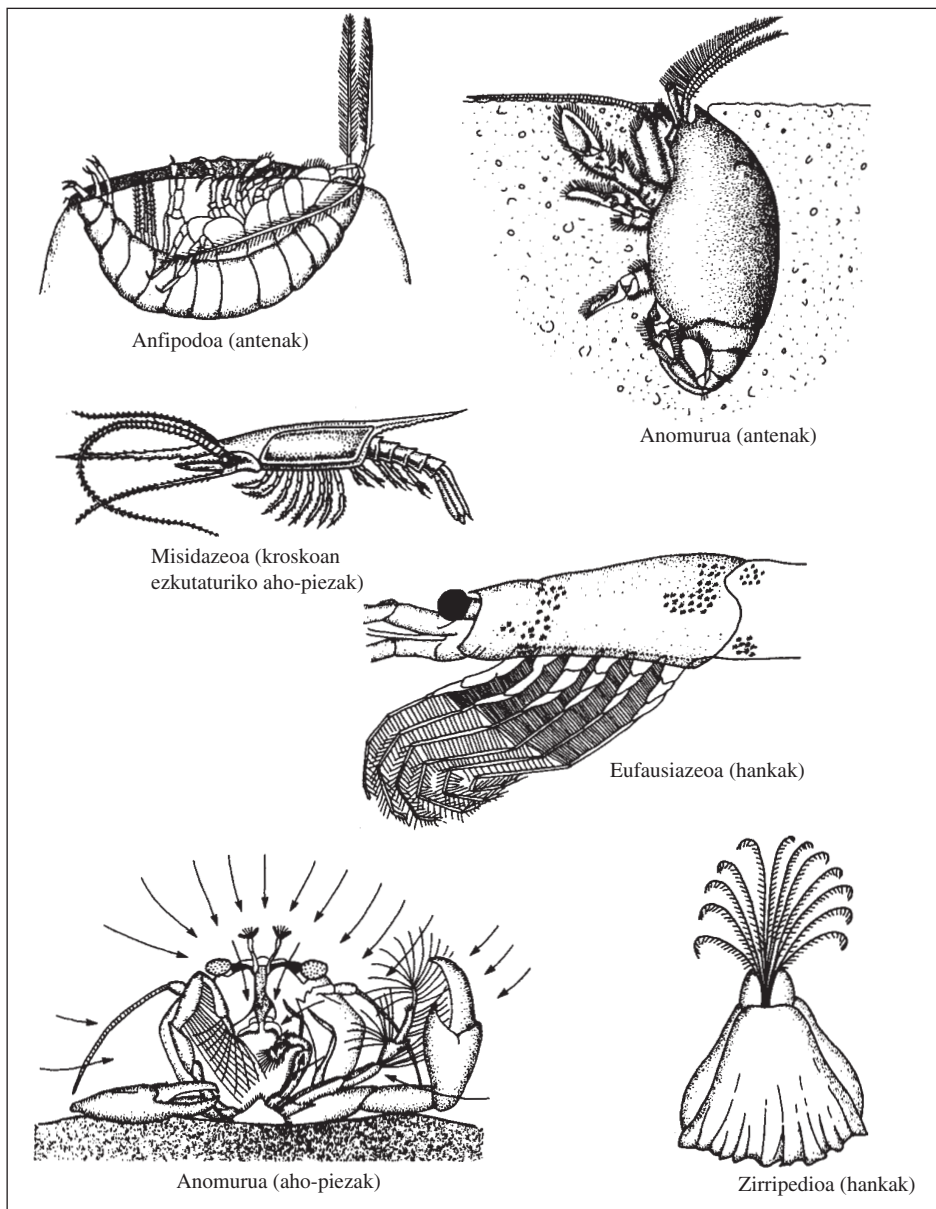
Animalia suspentsiboroak edo iragazleak

Berehalakoan kontura gaitezkeenez, *suspentsiboro* berba jaten denari dagokio, eta *iragazle* berbak, berriz, jaten dena zelan lortzen den adierazten du. Nolanahi, elikadura-mota horretan, ur-ingurunean esekita dauden janari-kiziak harrapatu edo

iragazi egiten dira. Hiru fase nagusi hartzen ditu prozesuak: 1/ uraren garraioa elikadura-egituretaraino (adibidez, bibalbio batean, brankiaraino), 2/ uretan dauden janari-kiziak harrapatu, eta 3/ harrapaturiko kizien garraioa ahoraino. Elikadura-mota hau nagusia da, besteak beste, belakietan, aszidietan (kordatuak), bibalbio gehienetan eta krustazeo, poliketo eta gastropodo askotan. Elikagaiak aukeratzeko irizpide nagusia kizien tamaina da. Gainera, esperimentalki ikusi da animalia batzuk gai direla partikula elikagarriak aukeratzeko eta ez-elikagarriak edo kaltegarriak errefusatzeko. Orokorrean, ornogabe suspentsiboroek bakterio, fitoplankton, zooplankton eta detritusak kontsumitzen dituzte.



Animalia suspentsiboro mukoziliarrek erabilitako kanpo-organoak (Barnes *et al.*, 2001etik hartua).



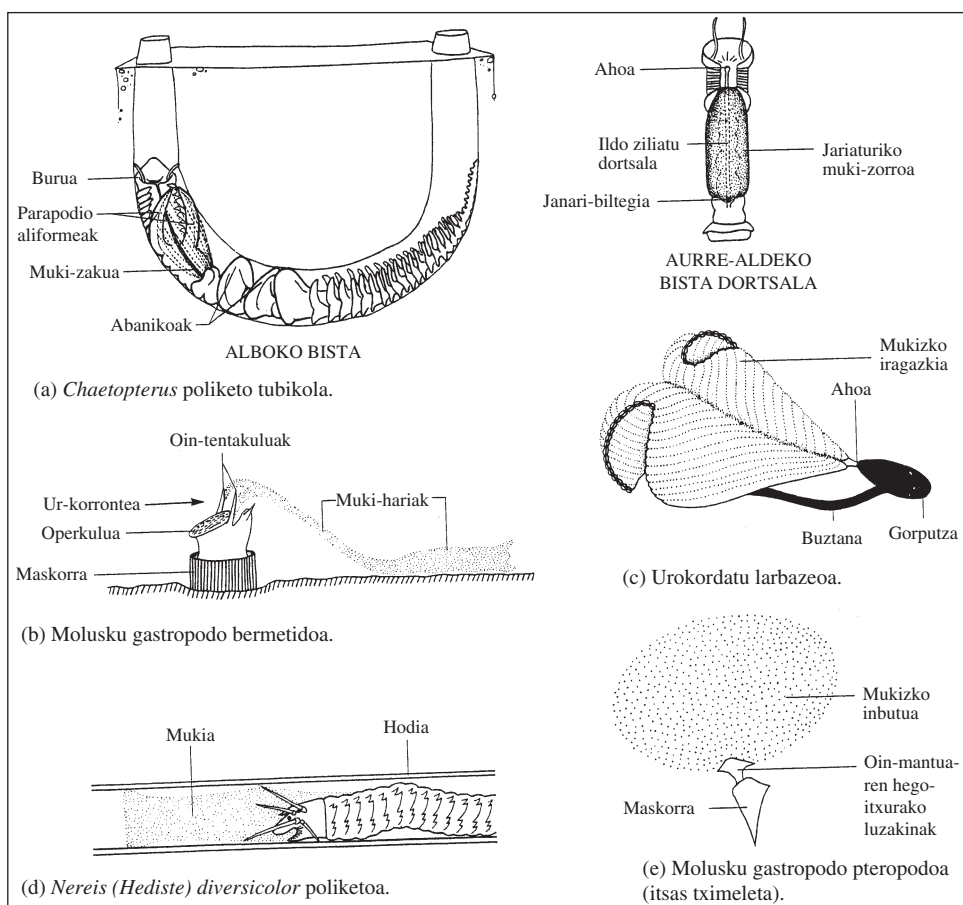
Krustazoen zeta bidezko iragazketa-sistemak (Barnes *et al.*, 2001etik hartua).

Mekanismo askotarikoak erabiltzen dira inguruneko janari-kiziak eskuratzeko:

1. Animalia batzuen gorputz-adar jakin batzuk eraldatuta daude luma-itxurako zeta-ilarekin. Zeta horiek balio dute bai gorputza zeharkatzen duten ur-korronteak sortzeko eta bai aukeratutako kiziak gorputzera garraiatzeko

ere. Mekanismo hori animalia sesiletan zein mugikorretan ikus daiteke, esate baterako, artropodo urtarak eta beraien larbak.

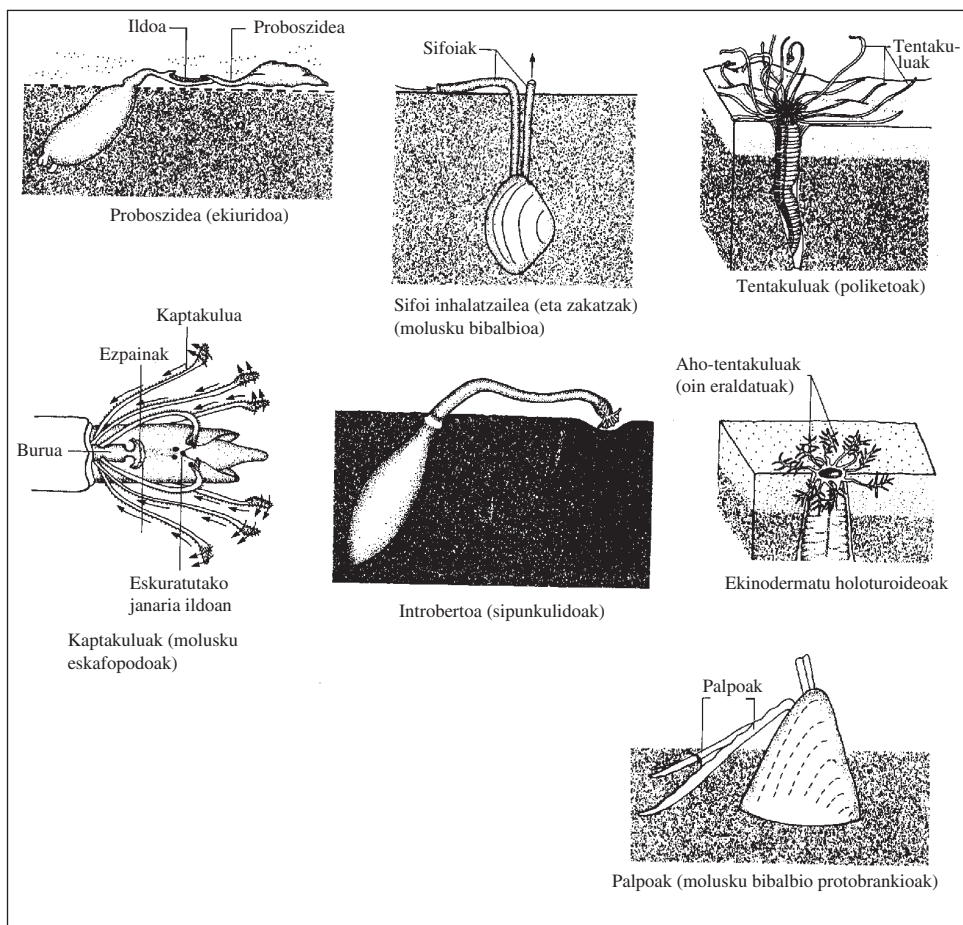
2. Animalia askok *mucusa* erabiltzen dute partikulak harrapatzeko. Kasurako, anelido poliketo tubikola batzuek garro-korua daukate, eta garro horietan, zilio asko. Zilioek ur-korronteak sortzen dituzte, eta janari-kiziak *mucusean* geratzen dira harrapatuta; gero, garro horietan barrena, kiziak ahoantzez eroaten dira. Ekinodermatu eta knidario askok garroak dauzkate elikagaia harrapatzeko. Molusku bibalbioek, bestalde, brankiak erabiltzen dituzte bai arnasketarako eta bai janari-kiziak iragazteko ere. Brankien zilioek ur-korronteak sortzen dituzte. Ura, lehenago sifoi inhalatzaileretik eta gero brankien arteko zirrikituetatik pasatzen da, eta kiziak brankiak estaltzen dituen *mucusean* harrapatuta geratuko dira. Geroago, kizi horiek ahoraino gidatzen dira.



Mukizko zalabardo bidezko iragazketa (Barnes *et al.*, 2001etik hartua).

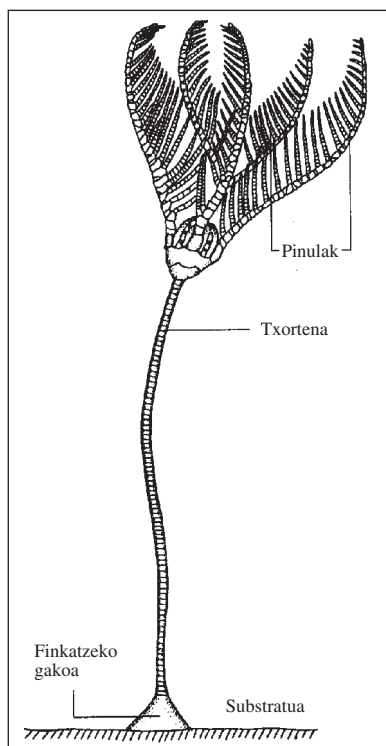
Animalia jalkin-jaleak edo detritiboroak

Animalia hauek hondo biguneko habitatetik (istilak, basak edo hareak) edo lurreko lurzorutik lortzen dituzte elikagaiak. Animalia batzuek sedimentu-kantitate handiak irensten dituzte (basa, harea, lurzorua, detritusa...). Materia organikoa asimilatzen dute eta gainerakoa uzkitik kanporatzen. Elikadura-mota hau anelido poliketo askotan, zizare lurtar gehienetan eta itsas triku batzuetan behatu da.



Ornogabe indusle jalkin-jaleen organo mukoziliarrak (Barnes *et al.*, 2001etik hartua).

Jalkin-jale batzuek garro-moduko egiturak erabiltzen dituzte sedimentua ahoratzeko. Animalia hauek sedimentu-azaleko materiala kontsumitzen dute, eta horrela materia biziaren (protozoo eta bakterioak batik bat) eta materia organikoa-ren portzentaia altua kontsumitzen dute. Uretako jalkin-jale batzuek gorotzak jaten dituzte (koprofagoak), zeintzuek mikroorganismoak eta materia organiko ez-liseritua edo ez guztiz liseritua baitauzkate.

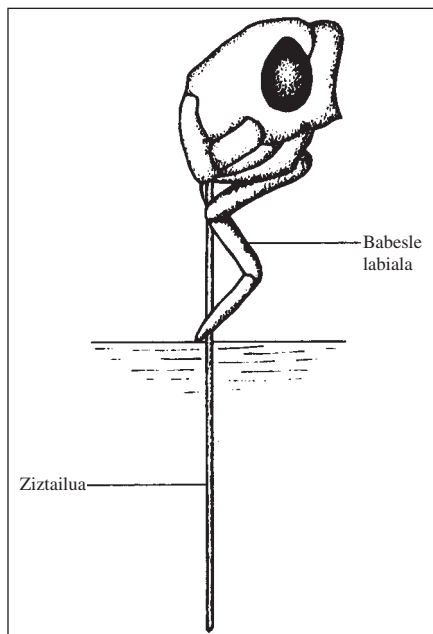


Ekinodermatu krinoideo txortendun jakin-interzeptatzailea (Barnes *et al.*, 2001etik hartua).

Jalkin-jaleen zeregin ekologikoa oso garrantzitsua da sedimentuak berriztatzeke. Jalkin-jaleak gune jakin batetik desagertzen direnean, detritus organikoak metatzen dira, oxigenoa agortzen da bakterioen ekintzaz eta bakterio anaerobikoen populazioak emendatzen dira. Lur lehorrean, zizareak eta gainerako jalkin-jaleak oso garrantzitsuak dira nekazaritzarako eta lorezaintzarako, lurzoruak osasuntsu mantentzeko.

Animalia herbiboroak (larrekariak eta kimujaleak)

Herbiboroak landare makroskopikoez elikatzen dira. Animalia erreinuan oso arrunta da herbiboroa izatea. Herbiboroek landare-zati handiak ausiki eta mamurtu behar dituzte, eta horretarako hagin gogorrak (kaltzifikatuak edo kitinazkoak) aurkezten dituzte beti. Animalia-talde handienetako kide askok bizimodu herbiboroa garatu dute, hala nola, moluskuek, poliketoez, artropodoek, itsas trikuek eta kordatuek.

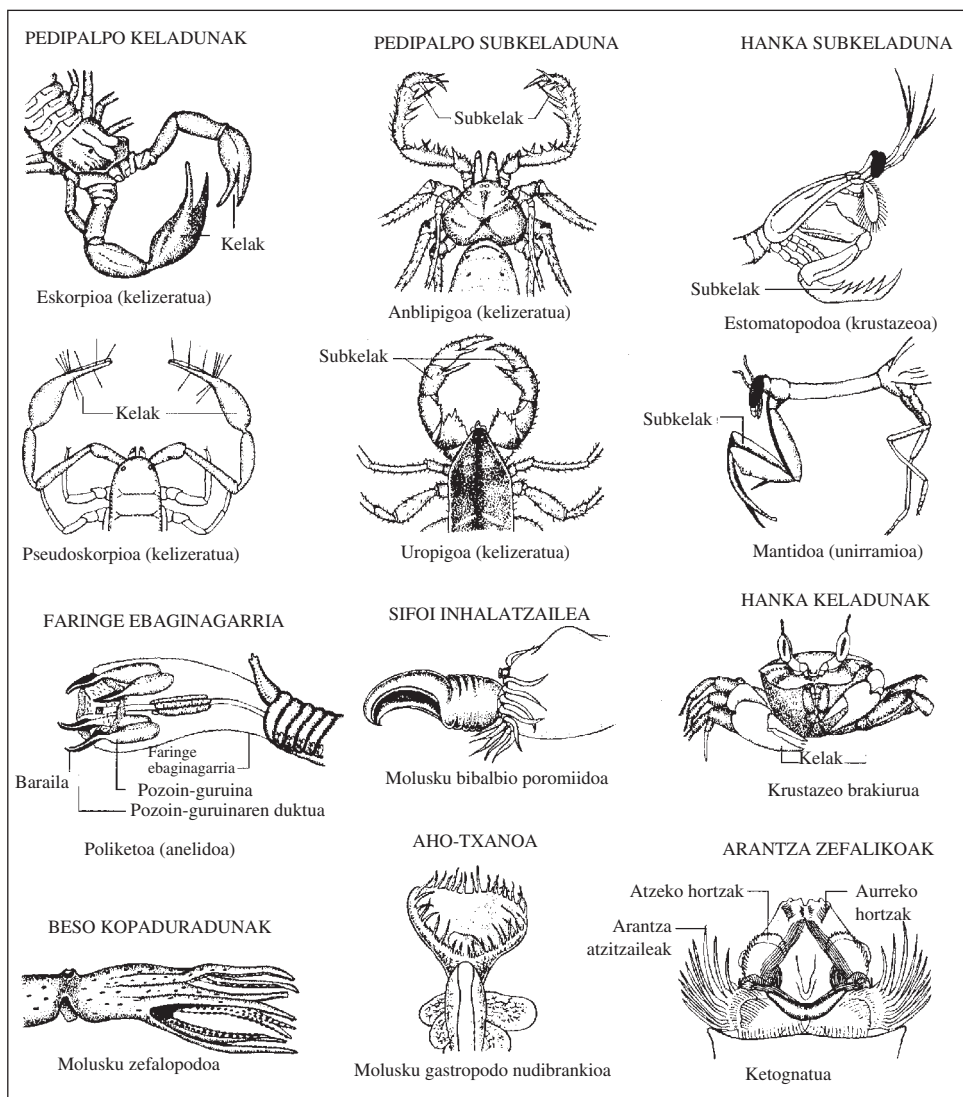


Zomorro landare-xurgatzailea, ziztailua landarearen ehunetan sartuta duela (Barnes *et al.*, 2001etik hartua).

Molusku gehienek **erradula** izeneko egitura daukate ahoan, janaria karraskatzeko. Erradula mintzezko zirrinde labur eta zabala da, kitinazko hortzak dituen lerro longitudinaletan jarrita. Poliketo herbiboroek, bestalde, kitinazko haginak daukate **faringe ebaginagarri** edo **proboszide** baten gainean. Presio hidrostatikoaz, proboszidea ebaginatzen egiten da, haginak agerian utziz. Haginek algak karraskatzen dituzte, eta ondoren irentsi egiten dira, proboszidea uzkuertzen denean. Poliketoen proboszidea karniborian ere erabil daiteke, eta izatez, algak urri direnean poliketo herbiboro batzuk animaliez ("okelaz") elika daitezke. Artropodo herbiboroek **baraila** ahaltsuak daukate landareak ausiki eta mamurtzeko, ahoratu baino lehen; karniboriara pasatzeko gai dira, behar denean. Baina fenomeno hori ez da ohikoa artropodo lurtarren artean, landareak beti-edo daudelako; oster, nahikoa arrunta da itsasoetan, zeren eta algen hornidura oso mugatua izan baitaiteke noizbehinka.

Animalia karniboroak (harrapakariak) eta sarraskijaleak

Elikabiderik sofistikatuena animalia biziak harrapatzean datza, hau da, harrapakaritza da. Harrapakari gehienek, hala ere, animaliak hilda edo hiltzean daudenak jan ditzakete janari bizi urri denean.



Organo harrapatzaileak (Barnes *et al.*, 2001etik hartua).

Harrapakaritzan ondoko faseak bereiz daitezke: harrapakina aurkitzea edo atzematea, harrapakina jarraitu, harrapatu eta maneiatu eta, azkenik, irenstea. Harrapakina aurkitzeko, harrapakariaren nerbio-sistema gutxi-aski sofistikatu izan behar da. Printzipioz, ornogabe gehienek kimiosentsorialki aurkitzen dute harrapakina, nahiz eta askok begi-orientazioa (ikusmena), ukimena eta bibrazioak erabil ditzaketen.

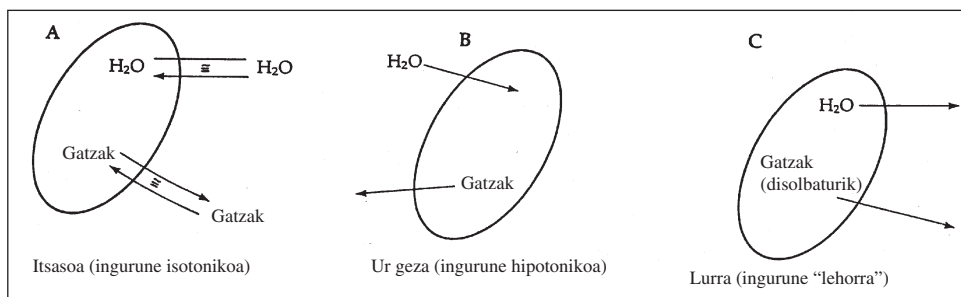
Harrapakina nola harrapatzen dutenaren arabera, harrapakariak era honetara sailka daitezke:

1. **Ehiztari mugikorrak** harrapakinari aktiboki jarraitzen zaizkionak dira. Adibideak ornogabe-talde askotan aurki ditzakegu, esate baterako, zizare turbelario, nemertino eta poliketoak, molusku gastropodo eta zefalopodoak (olagarro eta txibiak), karramarroak eta itsas izarrak. Talde horietan guztietan kimiorrezeptzioa oso inportantea da harrapakin potentziala atzemateko, nahiz eta zefalopodoek ikusmena oso garatuta daukaten.
2. **Zelatan dauden harrapakariak** mugitu gabe itxaroten dute harrapakinaren hurbilketa, gero harrapatzeko. Mota honetako harrapakari asko, hala nola zigalen antzeko krustazeo batzuk, karramarroak, armiarmak eta poliketoak, gordelekuetan bizi dira, harrapakina hortik pasatzen denean irteten direlarik.
3. **Oportunista sesilek** zelatan dauden harrapakariak bezala dihardute, baina ez dira mugitzen. Oportunista sesil asko, esaterako, lanpernak eta knidarioak, suspentsiboroak dira, baina asko “gustatzen” zaie ere harrapakin biziak jatea.
4. **Harrapakari kimujale karniboroak** substratu gaine mugitzen dira epi-fauna horzkatuz. Animalia hauek edozein gauza jan edo aukera dezakete. Nolanahi, beraien dietan animalia sesilak eta gutxi mugitzen direnak aurkituko ditugu, esate baterako, belakiak, koralak, barraskiloak, krustazeo txikiak eta zizareak. Beste alde batetik, harrapakari kimujale gehienak, izatez, omniboroak dira, zeren beraien harrapakinak diren animalien artean dagoen materia begetala ere kontsumitzen baitute. Mota honetako harrapakarien adibideak karramarroak, ganbak, itsas armiarmak eta itsas bareak dira.

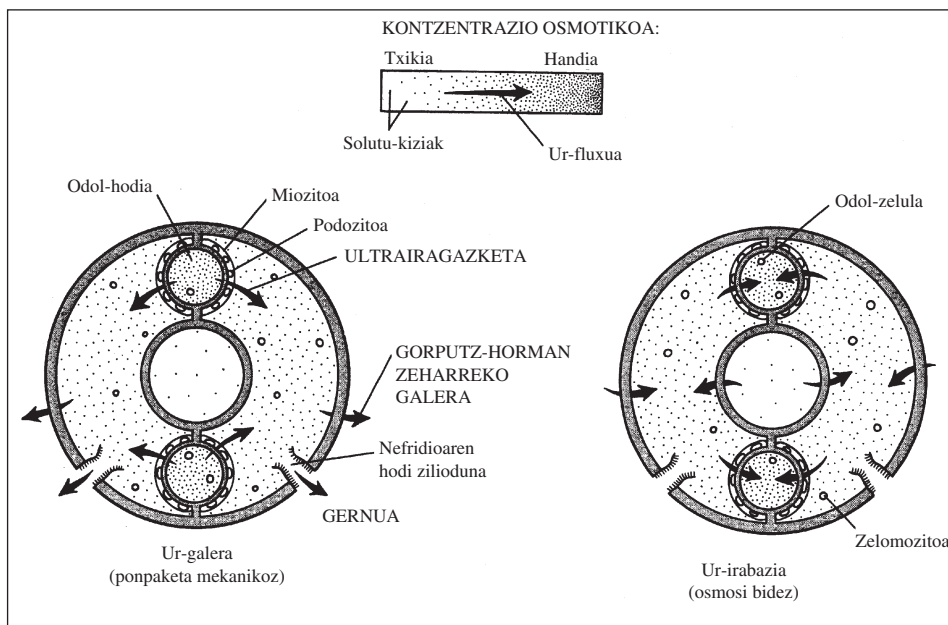
ESKREZIOA ETA OSMORREGULAZIOA

Eskrezioa metabolismoak sortzen dituen hondakinen iraizpena da zentzu zaballean. Hondakinak, alde batetik, arnasketa zelularrak sorturiko karbono dioxidoa eta ura dira, eta bestetik proteinen metabolismoak sorturiko nitrogeno-konposatuak. Azken horiek toxikoak izan daitezke gorputzerako, kontzentrazio handietan daudenean.

Nitrogeno-konposatuen eskrezioa guztiz erlazionatuta dago animaliak dituen uraren eta ioien erregulazioarekin. Eskrezioak, osmorregulazioak eta ioien erregulazioak gorputza hondakin potentzialki toxikoez garbitzeko balio dute, eta bai ere gorputzeko fluidoan osagai desberdinen kontzentrazioak jarduera metabolikoe-tarako maila egokian mantentzeko. Aipatutako prozesuak, egiturari eta funtzioari dagozkiela, animaliaaren konplexutasunarekin erlazionatuta daude, eta bai dauzkan beste sistema fisiologikoen izaerarekin eta bai animaliaaren habitatarekin ere.



Baldintza osmotiko eta ioniko erlatiboak, itsasoko, ur gezetako eta lurreko ornogabeen eta beraien inguruneen artean. Geziek, ura eta gatzak kontzentrazio-gradienteei pasiboki erantzunez mugitzen direneko norabideak adierazten dituzte. Gogoratu, kasu hauetarik bakoitzean norabide bietan gertatzen da higidura, baina gradientean zeharreko higidura garbia da garrantzitsua dena, eta izatez berorren aurka borrokatu behar izaten dira etengabe bizidun urgezatar eta lurtarrak. Itsasoko ornogabeen kasuan, gorputz-fluidoak eta ingurunea ia isotonikoak dira elkarrentzat, eta mugimendu gutxi dago norabide bakoitzean. (Brusca eta Brusca, 1990etik hartua).

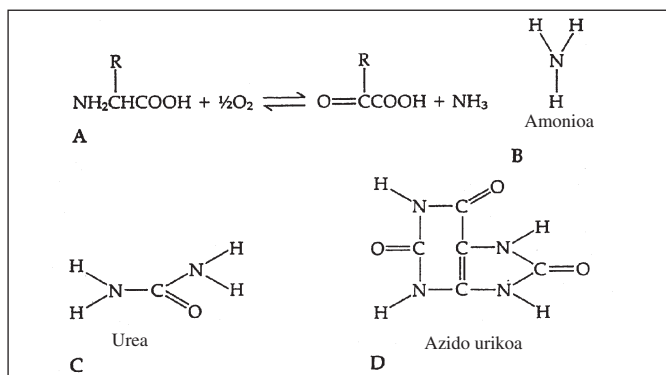


Animalia bilateral baten ur-oreka, ultrairagazketaz eta gernuarekin sorturiko ur-galerak osmosi bidez eta edanez berdintzearen ondorioa da. Ur-galerak jarduera muskularrez sortzen dira (gorputz-hormako eta odol-hodietako muskulatura) eta bai jarduera ziliarrez (nefridioak). Ur-irabaziak, gorputz-fluidoetako solutuen kontzentrazio osmotikoen ondorio dira, zeintzuok inguruneak baino handiagoak baitira. Oro har, fluido zelomikoen kontzentrazioa inguruneak baino handiagoa izaten da, eta odoleko kontzentrazioa fluido zelomikoarena baino. Horrenbestez, gorputz-hormetan zeharreko eta liseri-hodian zeharreko osmosiak berdindu egiten ditu gernuak sorturiko likido zelomikoaren galerak, eta era berean, ultrairagazketazko galerak konpentsatzen dira odolak ur zelomikoa hartzean. (Ruppert eta Barnes, 1994tik hartua).

Printzipioz, katabolismoak sortzen dituen hondakinak gorputzeko horman zehar edo gas-trukerako gainazalak zeharkatuz iraitz daitezke, edo, bestalde, aparatu berezi batek egin dezake iraipena: **eskrezio-aparatuak**, hain zuzen. Aparatu horrek beste funtzio bat ere bete dezake, antza funtziorik primitiboena dena: soberan dagoen ura kanporatzea (animalia hiperosmotikoen kasuan). Bestetik, aparatuak alderantziz funtziona dezake, hau da, ura errekuiperatzeko (animalia lurtarren kasuan).

Nitrogeno-hondakinak eta ur-kontserbazioa

Dietan irentsitako proteinen digestioak sorturiko aminoazidoek osotzen dute animalien nitrogeno-iturri nagusia. Lorturiko aminoazidoak proteina berriak edo beste konposatu batzuk eraikitzeke erabil daitezke. Nitrogeno-soberakinak, tipikoki, **amoniako** modura (NH_3) askatzen dira. Amoniakoa substantzia disolbagarria baina oso toxikoa da, eta zuzenean eskreta daiteke, edo, bestela, hain toxikoa ez den beste substantziaren baten modura kanpora daiteke.



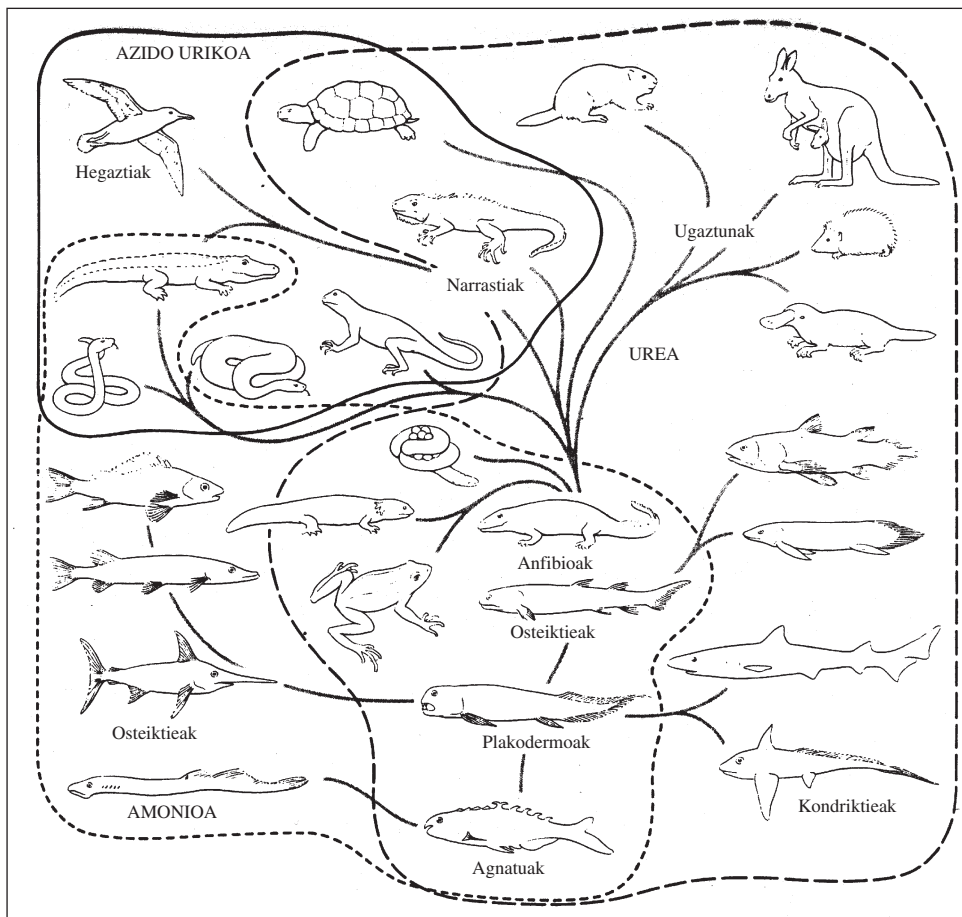
Hondakin nitrogenatuak. A, Aminoazido baten deaminazio-erreakzio orokorra, ketoazido bat eta amonioa sortuz. B-D, Hiru eskrezio-konposatu arruntak. B, Amonioa. C, Urea. D, Azido urikoa. (Brusca eta Brusca, 1990etik hartua).

Ornodunen eskrezio-produktuak ornogabeenak baino askoz hobeto ezagutzen dira, baina edozelan ere, orokorpen batzuk egin daitezke. Segur aski, animaliek ez dute nitrogeno-soberakina konposatu bakar baten gisara eskretatuko, baina espezie bakoitzean konposatu jakin bat da nagusia, bere izaera ingurunekeko ur erabilgarria-ekin erlazionatuta dagoelarik.

	Amoniotelikoak (amonioa)	Ureotelikoak (urea)	Urikotelikoak (azido urikoa)
PROTOZOOAK	P	–	–
BELAKIAK	P	–	–
KNIDARIOAK	P	–	–
PLATIHELMINTEAK	P	–	–
ASKELMINTEAK	P	S	–
POLIKETOAK	P	–	–
HIRUDINEOAK	P	–	–
OLIGOKETOAK	S	P	–
KRUSTAZEOAK	P	S	–
INTSEKTUAK	–	–	P
MOLUSKU URTARRAK	P	–	–
MOLUSKU LURTARRAK	–	P	S
EKINODERMATUAK	P	S	–
KONDRIKTIEAK	S	P	–
OSTEIKTIEAK	P	S	–
ANFIBIOAK	S	P	–
KELONIOAK (urtarrak)	P	–	–
KELONIOAK (leku hezetakoak)	–	P	–
KELONIOAK (lurtarrak)	–	–	P
KROKODILIOAK	S	–	P
OFIDIOAK	–	–	P
LAZERTILIOAK	–	–	P
HEGAZTIAK	–	–	P
UGAZTUNAK	–	P	–

Zenbait animalia-talderen eskretakinak. P: eskretakin nagusia; S: eskretakin sekundarioa (Fernandes, 1981etik hartua).

Horrela izanik, itsasoko ornogabe gehienek eta bai dultzikolek ere amoniakoa eskretatzen dute, zeren eta ingurunean substantzia toxiko hau disolbatzeko nahikoa ur baitago. Animalia horiek **amoniotelikoak** direla esaten da. Amoniakoa oso disolbagarria denez, animalia amoniotelikoetan amonioa oso erraz barreiatzen da fluido eta ehunetan zehar, eta parte handi bat gorputzeko horman zehar askatzen da zuzenean. Organo eskretatzaile definituak ez dituzten animaliak (belakiak, knidarioak eta ekinodermatuak) amoniako-ekoizpenera mugatuta daude, eta bai uretako habitatetan bizitzera ere.

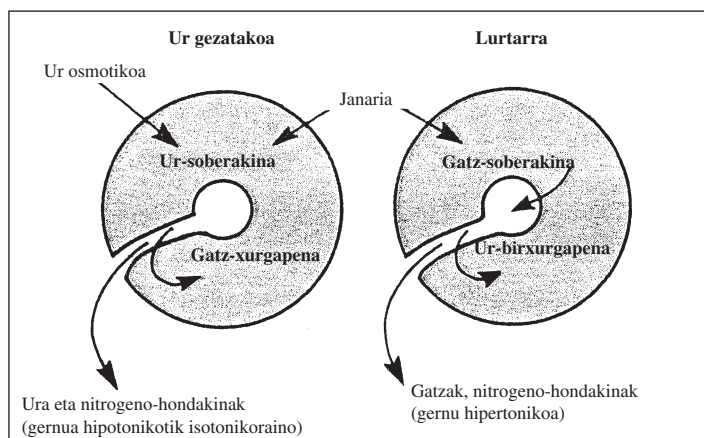


Lur lehorreko ornogabeek arazoak dauzkate ur-kontserbazioari dagokionez. Animalia horiek ezin dute gorputzko ura galdu hondakinak diluitzeko: organo eskretatzaile sofistikatuak dauzkate, nitrogeno-hondakinak prozesatzen dituztenak beste substantzia konplexuagoak baina ez hain toxikoak eratzeko. Substantzia horiek ez dute diluituta egon behar, edo ez hainbeste behintzat, eta gainera gorde egin daitezke gorputz barruan iraitzi baino lehen. Bi dira amoniako-destoxifikaziorako bidezidor metaboliko nagusiak, bata urearen arruta eta bestea azido urikoarena. Animalia **ureotelikoak** anfibioak, ugaztunak eta arrain kartilaginosoak (marrazoak eta arraiak) dira. Ornogabeen artean arraroa da, oso, urea eskretatzea. Bestalde, animalia **urikotelikoak** erlatiboki disolbagaitza eta hain toxikoa ez den azido urikoa eskretatzen dute; gernu semisolidoa eskreta dezakete, oso zaila baita azido urikoa disolbatzea. Artropodo eta barraskilo lurtar gehienak urikotelikoak dira, eta bai narrastiak eta hegaztiak ere. Edozelan ere, berriro aipatu behar dugu animalia

askok nitrogeno-hondakinak azido uriko modura eta beste nitrogenozko substantzia batzuen gisara eskretatzen dituztela, kasu batzuetan animaliak substantzia horien proportzioak alda ditzakeelarik inguruneko baldintza konkretuen arabera.

Osmorregulazioa eta habitata

Osmorregulazioa, eskrezioarekin erlazionatuta egoteaz gain, inguruneko baldintzekin elkartuta dago zuzenean. Laugarren gaian aipatu dugunez, oso antzekoak dira animalia gehienek gorpuzteko fluidoek konposaketa eta itsas urarena, bai kontzentrazio osoari eta bai ioi askoren kontzentrazioei dagokiela. Horrela, itsasoko ornogabe askoren fluidoak eta beraien habitatenak **isotonikoak** direla esaten da.



Ur gezetako animalia batek ur osmotikoa xurgatzen du eta gatz organikoak atxikitzen; hori dela-eta, gernu ugari eta diluitua edukitzen du. Ostera, animalia lurtar batek ur hornidura mugatua edukitzen du, eta ondo gobernatu behar du; horrenbestez, gernua urri eta kontzentratua izango da kasu honetan. (Weisz, 1982tik hartua).

Ur gezetako animalien fluidoak **hipertonikoak** izaten dira inguruarekiko, eta beraz urak gorpuzteko barruan sartzeko joera dauka eta gatzak irteteko. Lur lehorreko animaliek, airearen eraginpean daudenez, ur-galerari aurre egin behar diote. Itsasotik ur gezarantzko eta lehorralderantzko urrats ebolutiboek, mekanismoren baten sorrerarekin erlazionatuta egon behar izan zuten arazo horiek konpontzeko, baina soilik ornogabe-talde gutxi batzuek lortu zuten oztopo horiek guztiz gainditzea, zelan edo halan.

Orokorrean, animalia dultzikolek eta lurtarrek, hurrenez hurren, ura egotzi edo gorde egiten duten eskrezio-egiturak dauzkate, eta bai gorpuzte-hormaren aldaketak ere iragazkortasuna ekiditeko. Zentzu horretan, ornogabeen artean, artropodo eta molusku gastropodoak dira lur lehorrean bizitzeko gorpuzte-diseinu egokiena daukatenak, eta orokorrean ingurune guztietan. Izan ere, beraien egitura eskretatzaile eta exoskeletoei esker oso ondo hornituta daude dela osmorregulazio fisiologikorako, dela lehorketaren kontra.

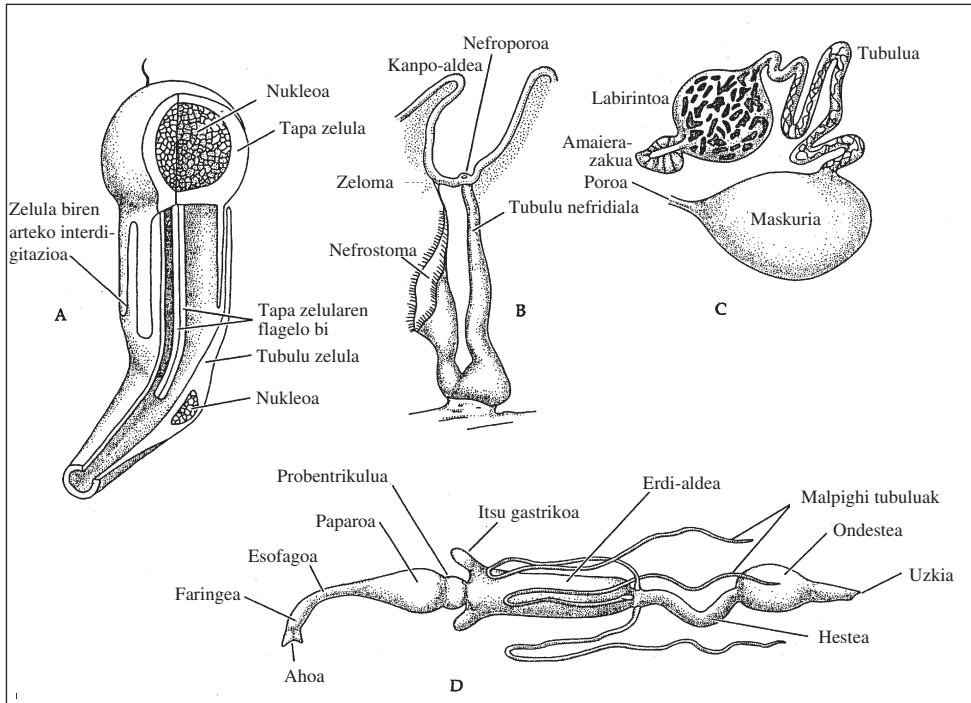
Uretako animalien osmorregulazio-arazoak inguruneko ur-gazitasunarekin erlazionatuta daude. Ornogabeek bi modura egiten diote aurre arazo horri. Batzuek (zenbait krustazeok, oligoketoek eta beste zizare batzuek), inguruneko baldintzak kontuan hartu gabe, beraien fluidoek kontzentrazioak konstante mantentzen dituzte; **osmorregulatzaileak** direla esango dugu. Beste batzuek, haien artean animalia interstizial eta estuariokoek (muskulu eta beste bibalbio batzuek, edota gorputz biguneko animalia-mota askok), beraien fluidoek kontzentrazioak aldatzen dituzte inguruneko gazitasunaren arabera; **osmokonformatzaileak** direla esango dugu. Edozelan ere, animalia osmokonformatzaileen fluidoak ez dira guztiz isotonikoak ingurunearekiko; badaukate erregulatzeko ahalmen minimo bat.

Inguruneko gazitasunarekiko jasankortasuna desberdina izaten da espezieen arabera. **Estenohalinoek** oso tolerantzia txikia daukate; oster, **eurihalinoek** gazitasun-aldaketa handiak jasan ditzakete, esate baterako, estuarioetako animaliek.

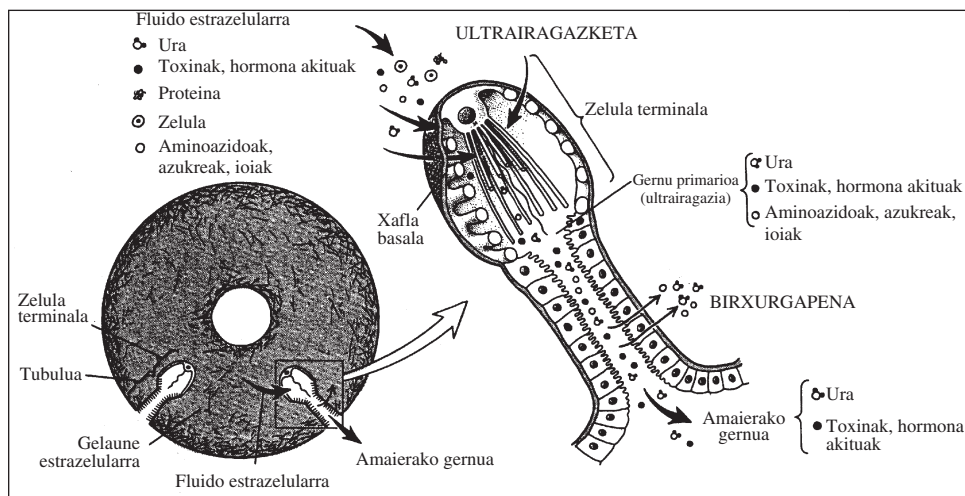
Egitura eskretatzaileak eta osmorregulatzaileak

Organo edo aparatu eskretatzaile eta osmorregulatzaileen forma eta funtzioa ingurune-baldintzekin ez ezik, gorputzaren tamaina eta diseinuarekin ere erlazionatuta daude.

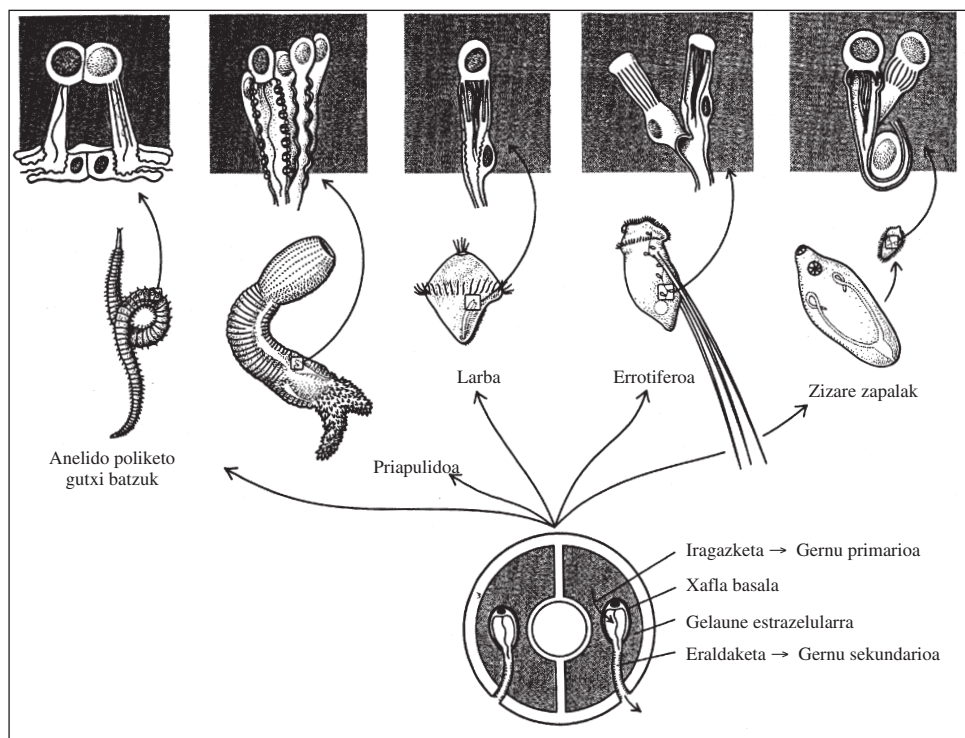
Protozooetan, hondakin metaboliko gehienak gorputz-azalean zehar barreiatzen dira erraz, nahikoa azalera baitaukate bolumenarekiko, eta beraz nahikoa ukipen-azalera ingurunearekin. Hala ere, ur gezetako protozooek osmorregulazio-arazoak daukate, inguruneko urak zelula barrura sartzeko joera baitu. Horri aurre egiteko **bakuolo uzkurgarriak** dituzte, ur-soberakina aktiboki kanporatzen dutenak. Bakuolo uzkurgarriek zitoplasmako ura metatzen dute eta gero zelulatik at botatzen dute. Prozesu horrek energia behar du, eta mitokondrio asko daude bakuolo horiekin asoziatuak. Belaki dultzikoletan ere aurkitu dira horrelako bakuoloak.



Ornogabeen zenbait eskrezio-egitura. A, Protonefridio sinplea, tapa zelula eta tubulu zelularekin. B, Zizare poliketo baten metanefridio sinplea. Nefrostoma zelomara zabaltzen da, eta nefroporoa kanpo-aldera. C, Krustazeo baten nefridioa (guruin antenala) barrutik itxitakoa. D, Intsektu baten liseri-traktua. Malpighi tubuluak hemozeletik ateratzen dituzte hondakinak, eta liseri-hodian husten. (Brusca eta Brusca, 1990etik hartua).



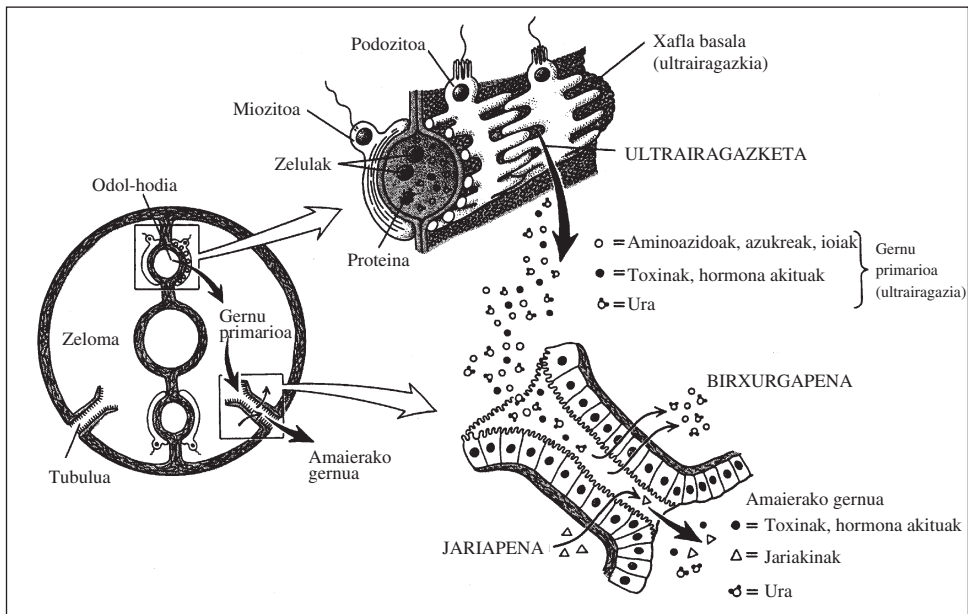
Sistema metanefridialetan bezala, espezializazio protonefridialetan biko prozesua da, bai iragazketa eta bai amaierako gertuak gauzatu duen eraldaketa erakusten dituen. Protonefridioetan, ultrairagazketa zelula terminal baten horman zehar gauzatzen da; zelula terminala, izatez, tubuluaren barruko muturrean itsatsitako podozito metanefridial baten antzekoa da. Ultrairagazketarako indarra ez da muskularra: flageloen astinketak eragiten du zelula terminalaren horman zeharreko likido-fluxua. (Ruppert eta Barnes, 1994tik hartua).



Sistema metanefridiala barik, protonefridioak edukitzen dituzte odol-hodirik gabeko animalia bilateralek, zelomarik gabekoek edo egitura bi horiez peituek. Normalean, animalia oso txikerrak izaten dira edota lauak, eta euron barne-garraioa difusio sinplez gauzatzen da. Bestalde, batzuk animalia handiak dira, fluidoak beteriko gorputz-barrunbe bat dutenak soilik, normalean banatu gabeko zeloma bat edo hemozele bat. (Ruppert eta Barnes, 1994tik hartua).

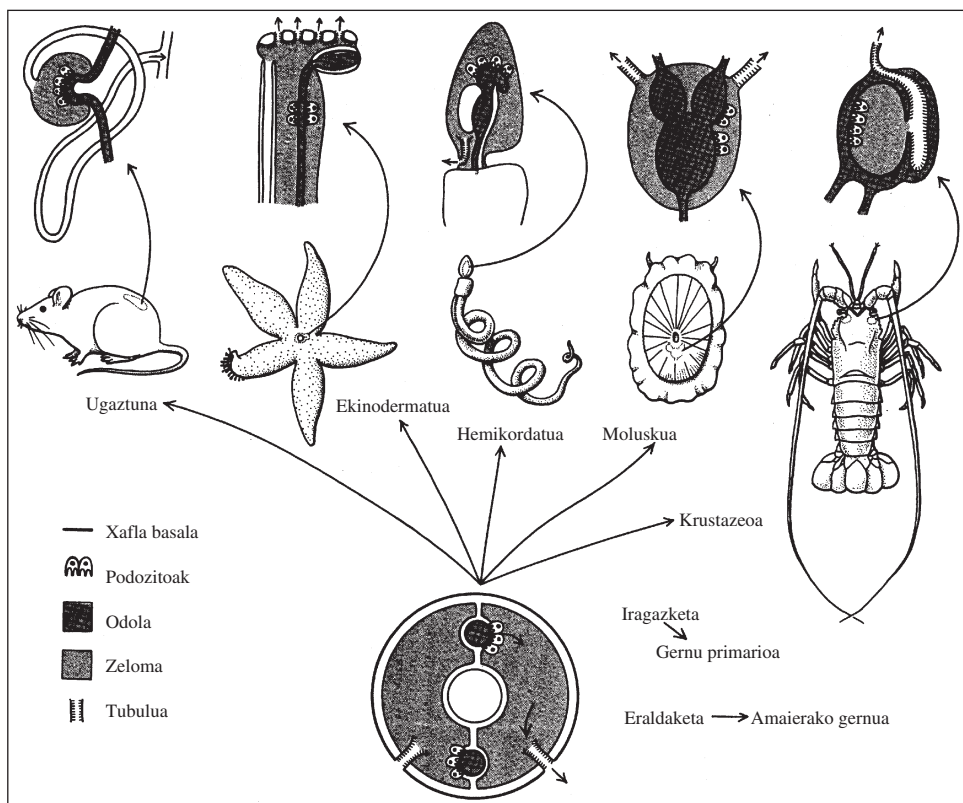
Ornogabeen talde gutxi batzuen egitura eskretatzaileak ezezagunak badira ere, talde gehienek **nefridio** antzeko zerbait daukate eskrezio edota osmorregulaziorako. Segur aski, nefridio-motarik primitiboena **protonefridioa** da. Aparatu protonefridialek hodi-antolakuntza daukate. Hodiak **nefridioporo** batez edo batzuez irekitzen dira kanpo-ingurunera, eta barne-aldean unitate unizelular itxien bidez amaitzen dira. Unitate horiek **zelula apikalak** edo **zelula terminalak** dira, eta banaka edo taldeka ager daitezke. Zelula bakoitza hodi eskretatzaile bati atxikita dago (**nefroduktua**). Protonefridio-mota bi daude zelula apikalen izaeraren arabera: alde batetik, barrunbe barruan zilio asko daukan **flama-zelula** edo **flama-erraboila**, eta bestetik flagelo bat edo bi daukan **solenozitua**. Zilioek edo flageloek fluidoak mugiarazten dituzte nefrodukturantz, presio baxuagoa sortuz nefroduktuan. Presio baxuak pasaratzen ditu hondakinak dauzkaten gorputzeko fluidoak nefroduktura, zelula-mintzak gurutzatuz. Edo beste modu batez esanda, gorputzeko fluidoak zelula apikalen bidez sartzen da aparatu protonefridialera, eta gero nefroduktutik mugitzen da, azkenik nefridioporotik irteteko. Zilioen edo

flageloen mugimenduak presio baxua sorrarazten du nefroduktuan. Horrela barneratzen da fluido sistema. Iragazketa selektiboa izaten da. Protonefridioak arruntak dira animalia azelomatu helduetan, animalia pseudozelomatu askotan eta anelido batzuetan, eta arraroak animalia zelomatu helduetan, nahiz eta larba-mota desberdinetan agertu. Segur aski, protonefridioak garrantzitsuagoak dira osmorregulazioan eskrezioan baino, zeren aipatutako animalia protonefridioidun gehienetan, nitrogeno-hondakinak gorputzeko azalean zehar kanporatzen baitira difusioz.

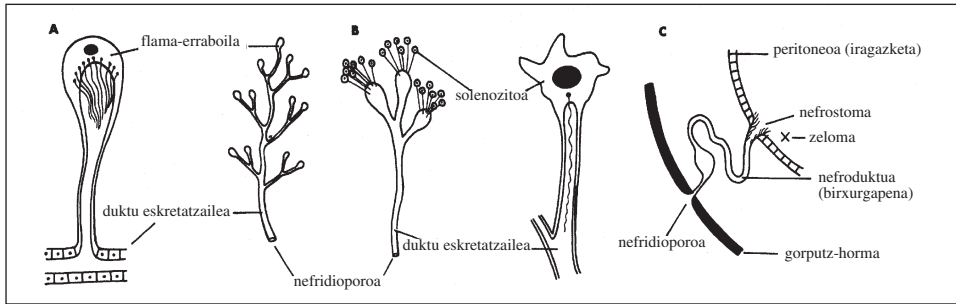


Metanefridio erako eskrezio-sistema ondoko elementuez osotua da: ultrairagazketa-gune bat odol-hodi batean (podozitoek adierazita), zeloma bat, eta kanpo-aldera doan tubulu bat. Iragazketa-giltzurrun guztietan bezala, eskrezioa urrats biko prozesua da, zeinean: (1) ultrairagazketak gertu primarioa eratzen baitu, eta (2) eraldaketak amaierako gertua gauzatzen du, kanpora askatzen dena. Eraldaketak gertu primarioaren konposizioa bestelakotuko duten prozesu bi ditu: metabolito erabilgarrien berreskurapen selektiboa, edo birxurgapena, eta odoleko edota fluido zelomikoko toxinen jariapena eratzen ari den gertura. Ultrairagazketarako presioa odol-hodien uzkurketa muskularrez lortzen da. (Ruppert eta Barnes, 1994tik hartua).

Beste egitura eskretatzaile bat, segur aski protonefridioa baino eboluzionatua-goa, **metanefridioa** da. Protonefridio eta metanefridioen artean badago desberdintasun estruktural bat: biak kanpo-aldera irekita daude, baina metanefridioak gorputzeko fluidoetara irekitzen dira ere, protonefridioak ez bezala. Barne-bukaerak, tipikoki, inbutu ziliatua (**nefrostoma**) dauka, eta sarritan duktua luzatuta eta biribilkatuta dago, anpulu-itxurako biltegi-guneraren bat eduki dezakeelarik. Metanefridioaren zeregina hauxe da: zelomaren fluido sartzen da nefrostomako inbutuan barrena, eta gero hondakin ez diren fluidoaren osagaiak selektiboki xurgatzen dira anpuluaren edota duktuen horman zehar.



Odol-sistema baskularrak dituzten animalia handien sistema metanefridialak (Ruppert eta Barnes, 1994tik hartua).

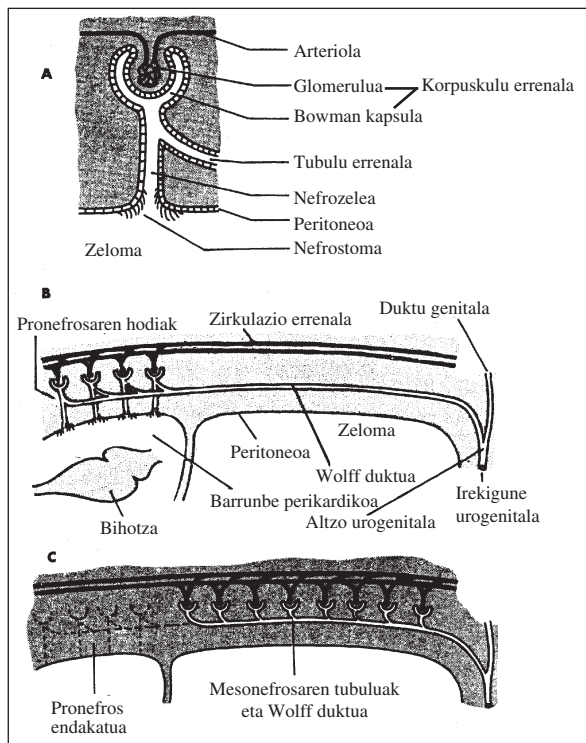


Ornogabe batzuen eskrezio-sistemen eskemak. A, Flama-erraboil erako protonefridioak. Ezkerrean flama-erraboil bakar bat; ikus flagelo-sorta. Eskuinean sistema osoa. B, Solenozito erako protonefridioak. Eskuinean, solenozito zelulabakarrekoa; ikus flageloa. Ezkerrean sistema osoa. C, Metanefridioaren egituraren eskema. Gorputz-horma eta peritoneo arteko fluido organikoak iragazi eta zelomara askatzen dira. (Weisz, 1982tik hartua).

Oro har, esan egin daiteke protonefridio eta metanefridioen arteko desberdintasun egitural eta funtzionalak gorputz-diseinu jakin batekin asoziatuta daudela. Horrela, protonefridioak egokiak dira: 1/ animaliak gorputz trinkoa daukanean (azelomatuak), 2/ gorputz-barrunbea txikia denean, edo 3/ gorputzak oso txikiak direnean (larbak). Nefrostomak, hau da, metanefridioak inefikazak izan daitezke azelomatueta, barrunberik ez daukatelako, eta pseudozelomatueta, zeren, txikiegiak izanda, arinegi aska baitzitezkeen gorputz-fluidoak. Alderantziz, protonefridioak ez dira gai ornogabe zelomatuaren gorputz erlatiboki handiak eta dauzkaten fluidoaren bolumen tipikoak maneiatzeko. Beraz, oro har, ornogabe zelomatu handietan (anelido, molusku, sipunkulidoetan...) metanefridioak aurkitzen dira.

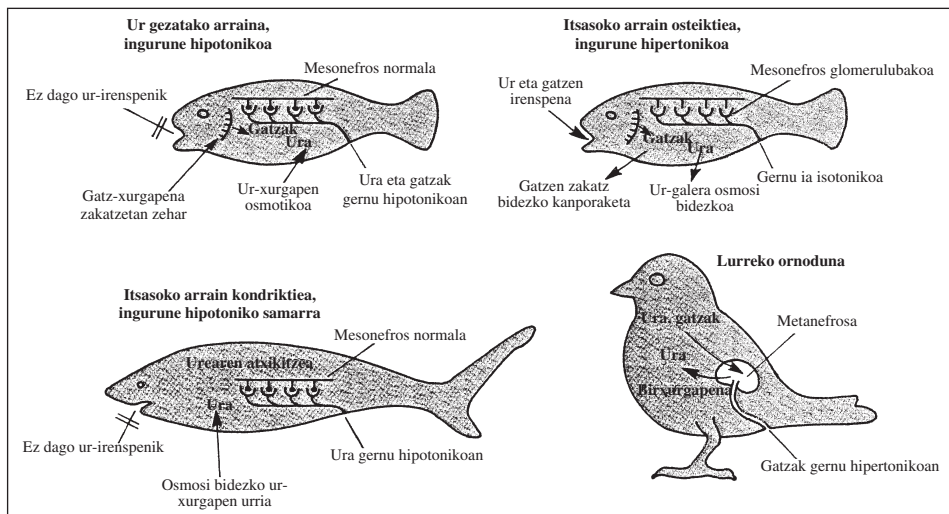
Zenbait animaliatan, metanefridioak **zelomoduktu** izeneko egiturekin asoziatuta daude. Zelomoduktuak zeloma eta kanpo-ingurunea lotzen dituzte, gorputz-horman dauden poro berezi batzuen bitartez irekitzen direlarik. Segur aski, game-toak kanporatzeko sortu ziren. Primitiboki, zelomoduktuak eta nefridioak bananduta zeuden, baina eboluzioan zehar batu egin dira kasu askotan.

Metazoo guztiek ez dute protonefridio edo metanefridiorik. Talde batzuetan (belaki, knidario, ekinodermatu eta ketognatueta) ez dago egitura eskretatzaile definiturik. Kasu horietan, hondakinak epitelioa gurutzatuz iraitzen dira, beharbada hondakinak hartzen eta garraiatzen dituzten zelula ameboideo fagozitikoaren laguntzaz. Beste talde batzuek oso nefridio eraldatuak edo bestelako egiturak dauzkate. Horrela, krustazeoen **antena-guruinak** eta **maxila-guruinak** metanefridioetatik eratorriak edo dira, baina, intsektuen **Malpighi tubuluak** independenteki sortu dira, egitura berriak dira.

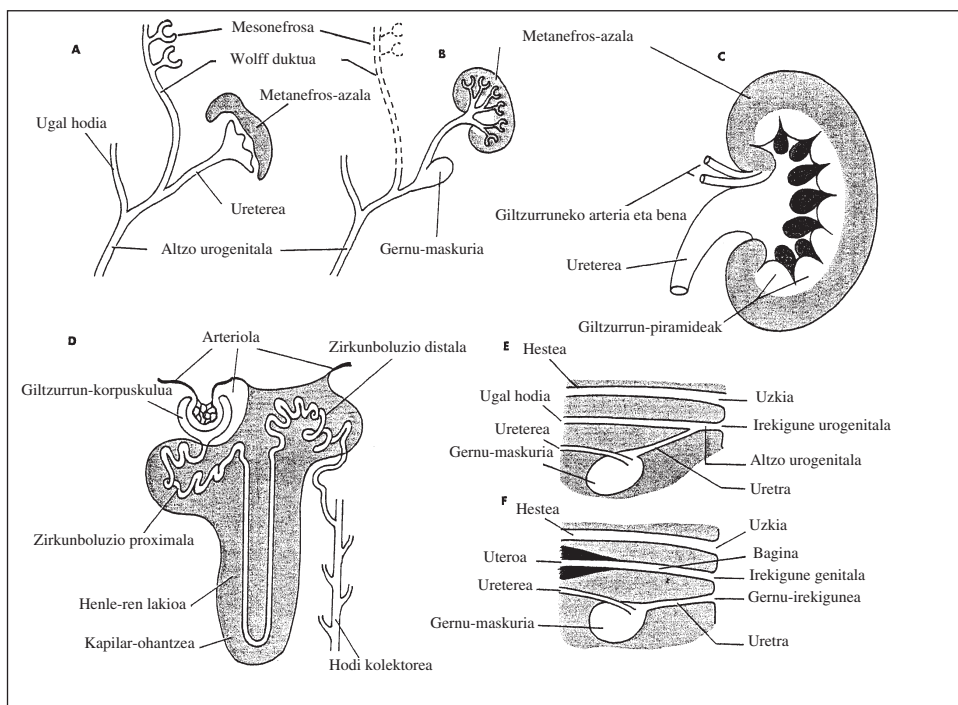


Ornodunen giltzurrun primitiboa. A, Nefrona, hau da, ornodunen oinarriko eskrezio-unitatea. B, Pronefros erako giltzurrun baten diagrama. C, Mesonefros erako giltzurruna. B irudian nefrostomak ikus daitezke, alegia, perikardioko barrunbe zelomikora nefronek dituzten irekidurak; C irudian desagertuta daude. Gaur egungo pronefros eta mesonefros batean hemen adierazi direnak baino askoz nefrona gehiago daude. (Weisz, 1982tik hartua).

Bestalde, ornodun primitiboen giltzurruna, barrunbe zelomikoan zehar luzatuko zatekeen eta metamerikoki kokatutako tutuez osotuta egongo zatekeen. Tutu bakoitza metanefridio-antzekoa izango litzateke, eta beraz, nefrostoma baten bidez zelomarentz irekiko litzateke, beste muturretatik **konduktu arkinefriko** komunerrantz. Giltzurrun primitibo horri **arkinefros** esaten zaio, eta, izatez, gaurko zezilia anfibioen eta mixino arrain agnatuen enbrioietan agertzen da. Gainerako ornodunen giltzurruna arkinefrosetik abiatuta garatzen da. Giltzurrunaren unitate morfofuntzionala **nefrona** da. Tutu komunari **uretere** esaten zaio, eta animaliaaren atze-aldean irekitzen da (batzuetan, **kloakan**). Eboluzioa aurrera joan den neurrian, ornodunen giltzurrunak, fluido zelomikoa iragazteaz gain, odola ere araztuko du, zeren zirkulazio-aparatuarekin asoziatuko baita eta, izan ere, azkenik odola iragaziko du soil-soilik.



Ur- eta gatz-trukeak ornodun lurtar eta urtarretan (Weisz, 1982tik hartua).



Metanefrosa (A eta B). Metanefrosaren garapen-urratsak; B irudian mesonefrosa endekatuta dago, eta bai Wolff duktua gehiena ere. C, Metanefros erako giltzurrun heldu baten alde nagusiak; piramide errenalak hodi kolektoreen sortak dira. D, Nefrona isolatu bat, tubulu errenalaren zirkunboluzioak eta Henle-ren lakioa erakutsiz; gris koloreko gunea nefronaren alde kiribildatuak biltzen dituen kapilar-ohantzea da. E eta F, Ugaztun gehienetako hodi urogenitalak, arrei (E) eta emeei dagozkienez. (Weisz, 1982tik hartua).

ZIRKULAZIOA ETA GAS-TRUKEA

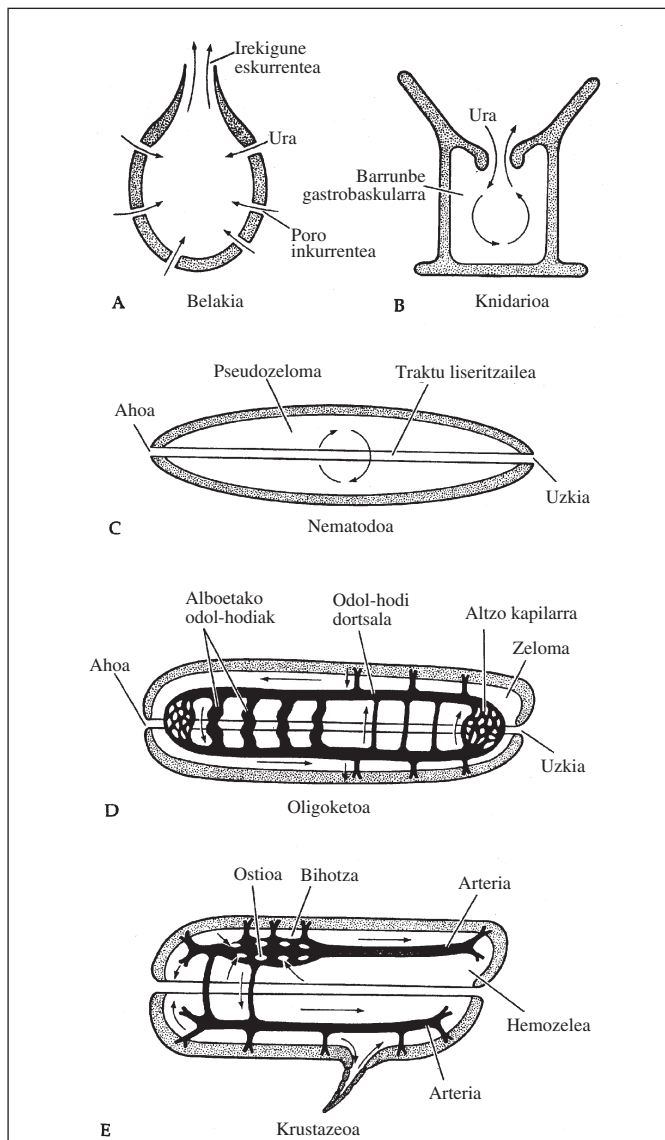
Zenbait elikagai, gasak eta hondakin metabolikoak gorputzeko fluidoan disolbatuta daude edota zelula aske batzuen barruan, kasurako odol-zeluletan. Substantzia horiek leku batetik bestera garraiatu behar dira zelulen beharrezanez erantzuteko. Printzipioz, animalia-aren muskulaturak berak bete dezake funtzio hori, baina oso laster inefikaz bihurtuko da, eta zirkulazio-aparatuak garatuko dira. Zirkulazio-aparatua, izatez, fluido-aren mugimendurako balio duen edozein egitura edo tresneria da, eta bere izaera animalia-aren tamainarekin, konplexutasunarekin eta bizimoduarekin erlazionatuta egoten da. Oro har, zirkulazioko fluidoak animaliak berak sorturiko medio urtsua, barnekoa eta estrazelularra da, baina badago salbuespenik. Adibidez, belakiek eta knidario gehienek ingurune-ko ura erabiltzen dute zirkulazioko fluido gisa.

Animalia gehienek egitura bereziak dauzkate gorputzeko fluido eta bere osagaien garraioa errazteko. Egitura horiek askotarikoak izan daitezke, hala gorputzeko barrunbea bera, nola zainez, ganbarez, sinuez edo ponpatzeko organoez osotutako benetako zirkulazio-aparatuak. Animalia gehienek bai gorputz-barrunbea eta bai zirkulazio-aparatua ere erabiltzen dituzte barne-garraiorako.

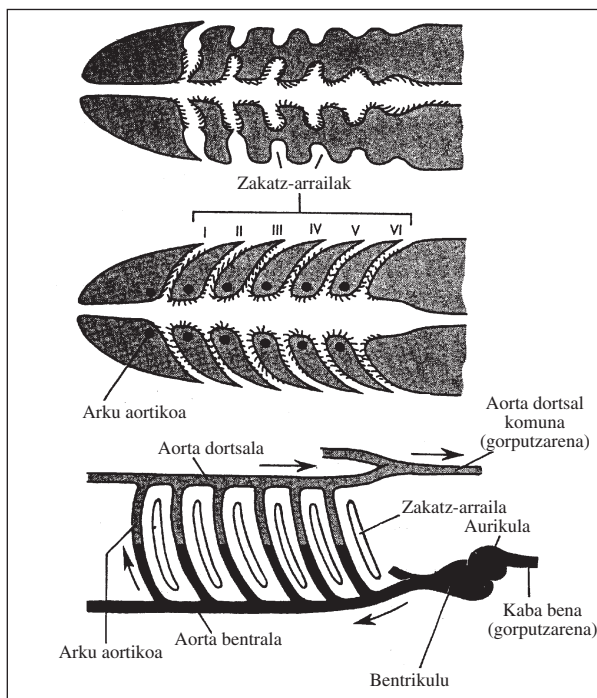
Ornogabe pseudozelomatu-ek gorputz-barrunbeto fluidoak erabiltzen dituzte. Animalia horietako asko nahikoa txikiak dira (esate baterako, errotoferoak edota nematodoak), eta horregatik pseudozelomako fluido-aren mugimendua gorputz-mugimenduaz lagunduta dago. Ornogabe zelomatu gutxi batzuek ere (kasurako sipunkulidoek eta ekinodermatu gehienek) gorputz-barrunbea erabiltzen dute zirkulazioko ganbara zelomiko bezala.

Zirkulazio-aparatuak

Aipatutako zirkulazio-mekanismo errudimentarioak aparte utzita, diseinu nagusi bi daude barne-garraiorako, hain zuzen ere, zirkulazio-aparatu itxia eta zirkulazio-aparatu irekia, eta bietan zirkulazio-fluidoren bat dago.



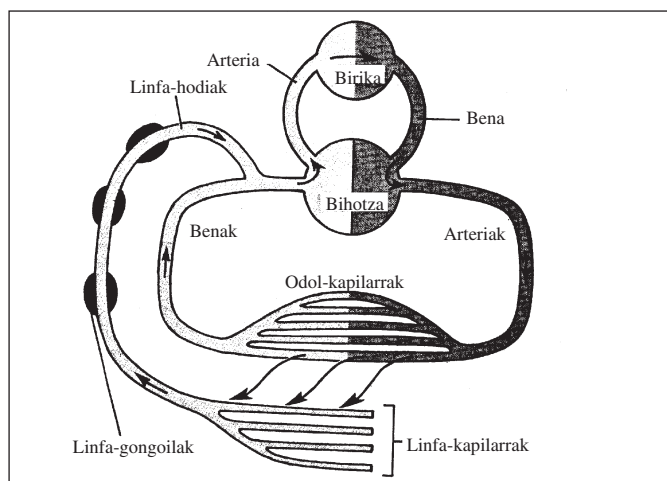
Ornogabeen zirkulazio-sistemak. Belakienak (A) eta knidarioenak (B) inguruneke ura erabiltzen dute zirkulazio-fluido gisara. C, Pseudozelomatek (berbarako, errotofero eta nematodoek) gorputz-barrunbeko fluidoak erabiltzen dute barne-garraiorako. D, Lur-zizarearen zirkulazio-sistema itxiak odola dauka, fluido zelomikotik aparte mantentzen dena. E, Artropodoek zirkulazio-sistema irekia dute, eta, izatez, gauza bera dira odola eta gorputz-barrunbeko fluido hemozelikoa. (Brusca eta Brusca, 1990etik hartua).



Kordatuak zakatz endodermikoak eta ornodunen zakatz-zirkulazioa. Goiko eskemak ornodunen zakatz bikoitien garapena erakusten du: faringetik abiatuta, poltsa endodermikoak tegumentuko inbaginazioekin elkartzen dira (ondoz ondoko urratsak atzekoz aurrera adierazi dira). Erdiko eskeman, ornodun baten zakatz-arrail ziliatuen oinarritzko sei pareak. Janaria esofago barrurantz iragazten da, eskuinerantz, eta ura kanporantz ateratzen da zakatz-arrailetatik, aldi berean arku aortikoetako odola oxigenatuz. Beheko eskeman, gorputzeko ezker-aldeko zakatz-zirkulazioaren alboko bista. Arteria-odola grisez adierazi da, eta bena-odola beltzez. (Weisz, 1982tik hartua).

Zirkulazio-aparatu itxietan odola zainetan eta ganbaretan gordeta dago; zirkulazioko materialen eta gorputzeko alde desberdinen arteko trukea gune berezietan gertatzen da, **kapilareetan** hain justu. Kasu honetan, zirkulazio-aparatuaren barruan **odola** edukiko dugu, eta kanpoan **linfa**, edo odol iragazia (plasma-antzekoa). Kasurik konplexuenetan, animalia baten barne-medioan, odola, linfa, fluido zelomikoa eta fluido interstiziala aurki ditzakegu, azken horiek gune inter-zelular guztiak betetzen dituelarik. Odola eta gainerako fluido guztiak elkarretik bananduta daude fisikoki, eta beraz trukeko lekuek erresistentzia minimoa eskaini behar diote difusioari. Hori dela-eta, kapilareen mintzak oso finak izaten dira, zelula-geruza bakar batez osatuak. Zirkulazio-aparatu itxiak arruntak izaten dira barrunbe zelomikoa ondo garatuta daukaten animalietan (anelidoetan, ornodunetan...). Kasu horietan, odola eta zelomako fluido oso desberdinak izaten dira konposaketari eta funtzioari dagokiela. Esate baterako, odolak elikagaiak eta gasak garraiatzeko

balio dezake, eta fluido zelomikoak, besteak beste, hondakin metabolikoak metatzeko.



Ornodun baten odol- eta linfa-zirkulazioaren eskema orokorra. Odol oxigenatua gris ilunez adierazi da, eta bena-odola, linfa bezala, gris argiz. Odolaren oxigenazioa zakatzetan edo biriketan gauzatzen da. Konturatu, arteria batek darama bihotzetik irtendako odola eta bena batek bihotzera doana (odolaren oxigenazio-maila gorabehera). Odol-kapilarretan iragazitako fluidoa, zeina inguruetako ehunetatik zabaltzen baita, kapilar linfatikoen hormetatik sartzen da linfa-sisteman. (Weisz, 1982tik hartua).

Zirkulazio-aparatu itxia duten ornogabe askok, gorputzeko mugimenduari eta zainen gaineko presio zelomikoari esker higiarazten dute odola. Beste kasu batzuetan, zainen hormetako muskuluak uzkuertzen dira uhin peristaltikoak sortuz, eta horrela joanaraziz odola. Gainera, zain batzuetan gune muskulutsuak egon daitezke ponpa modura aritzen direnak. Nahiz eta batzuetan “bihotz” izenaz deitu, egokiagoa da **zain uzkurgarri** izena erabiltzea. Bestetik, benetako bihotz bat edo beste egon daitezke.

Zirkulazio-aparatu irekiak zenbait animalia-taldetako helduek aurkezturiko zeloma-murritzpenarekin erlazionatuta daude. Oro har, zirkulazio-aparatu irekietan **bihotza** egoten da, zeina ponpatzeko organo gisa aritzen baita, eta bai agertzen dira ere zain, ganbara edo gutxi definituriko sinu batzuk. Zirkulazio-aparatu irekietan, zirkulazioko fluidoa eta fluido zelomikoa fluido berbera da izatez, eta **hemolinf**a deritzo; hau da, hemolinf a zainetatik gorputzeko barrunbera doa, eta ukipen zuzenean dago organoekin. Hemolinfak hemozelea betetzen du; **hemozelea** hutsune handi bat da, ehun konektiboak itxuratzen duena. Gutxi gorabehera zertzelatu ditugun zirkulazio-aparatu irekiak, artropodoetan eta moluskuetan (zefalopodoetan izan ezik) agertzen dira tipikoki.

Nahiz eta zirkulazio-aparatu irekiak xumeak direla iruditu, ez dira batere inefikazak izaten. Izatez, animalia-talde askotan zirkulazio-aparatu horiek bestelako funtzioak betetzen dituzte, zirkulazioaz gain. Esaterako, molusku bibalbio eta gastropodoetan hemozelea eskeleto hidrostatiko gisa aritzen da lokomozio zein indusketarako. Uretako artropodoetan ere eskeleto hidrostatiko modura funtzionatzen du, animalien muda-aldian denbora-tarte batez exoskeletoa galtzen denean. Lur lehorreko intsektuetan trakeek egiten dute gas-trukea, eta tenperatura-eraenketa omen da zirkulazio-aparatuaren lehenengo funtzioa.

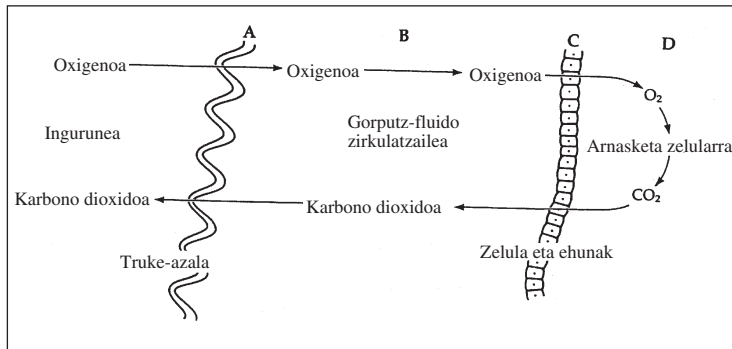
Bihotzak eta odola higiarazteko beste mekanismo batzuk

Oro har, zirkulazio-aparatu hala irekiek nola itxiek zenbait mekanismo dauzkate hemolinfra edo odola bultzarazteko eta fluido horien presio egokiak mantentzeko. Gorputzeko mugimenduen eragina aparte utzita, hauexek dira ponpatzeko egiturak: **zain uzkurgarriak** (anelidoetan), **bihotz hodikarak** (artropodo gehienetan) eta **bihotz ganbaradunak** (molusku eta ornodunetan). Uzkuradura hasteko metodoa **intrintsekoa** edo **estrintsekoa** izan daiteke. Intrintsekoa dela esaten da uzkuradura ponparen beraren muskuluek sorrarazten dutenean, eta estrintsekoa nerbio motoreek abiarazten dutenean. Lehenengo kasuak molusku eta ornodunen **bihotz miogenikoak** deskribatzen ditu, eta bigarrenak, artropodo gehienen **bihotz neurogenikoak** eta bai anelidoen zain uzkurgarriak ere.

Odol-presioa eta fluxu-abiadura, mekanismo ponpatzaileen ekintzarekin ez ezik, zainen diametroekin ere erlazionatuta daude. Energetikoki, garestiagoa da fluxua mantentzea tutu estu batean zehar, tutu zabal batean zehar baino. Aparatu itxia duten animaliek kostu hori minimizatu egiten dute zain estuak murriztuz, alegia, soilik truke-guneetan erabiliz eta distantzia handiko garraiorako zain zabalak erabiliz. Truke-guneetan beharrezkoa da odol-presioa eta fluxu-abiadura gutxitzea, eta hori zain estu asko erabiliz lortzen da, zeintzuen diametro osoa zain zabalena baino handiagoa baita. Aparatu irekietan, bai odol-presioa eta bai fluxu-abiadura jaitsi egiten dira drastikoki, hemolinfak bihotza eta zainak utzi eta hemozelean sartutakoan.

Gas-trukea eta garraioa

Zirkulazioko fluido gehienak zeregin nagusietariko bat da oxigenoa eta karbono dioxidoa gorputzean zehar garraiatzea, eta ingurunearekin trukatzeko. Oxigenoa beharrezkoa da zelula-arnasketarako. Animalia guztiek ingurunetik hartzen dute oxigenoa, eta, aldi berean, karbono dioxidoa askatzen dute arnasketako hondakin gisa. **Gas-truke** terminoa erabiliko dugu organismoaren azalean zeharreko oxigeno-hartzea eta karbono dioxidoaren kanporatzea definitzeko, eta **arnasketa** terminoa, bestalde, zelula barruan gertatzen diren eta energia askatzen duten ekintza metabolikoak aipatzeko. Nolanahi, autore batzuek gas-trukeari kanpo-arnasketa esaten diote, eta arnasketari barne-arnasketa edo arnasketa zelularra. Izenak izen, gure honetan gas-trukeari buruz mintzatuko gara soil-soilik.



Animalien gas-trukea. Oxigenoa ingurunetik eskuratzen da truke-azal batean (A), eta gorputz-fluido zirkulatzaile batek (B) garraiatzen du zelula eta ehunetaraino (C), non arnasketa zelularra gauzatzen baita (D). Karbono dioxidoak kontrako arrutari jarraitzen dio. (Brusca eta Brusca, 1990etik hartua).

Gas-trukerako oinarritzko estrategia, inguruneko medioa (ura zein airea) gorputz-fluidoetatik hurbil egotean datza, halako moldez non medioa eta fluido bereizita baitaude mintz umel baten bidez, zeinean zehar gasak barreia baitaitezke. Sistema umel egon behar da derrigorrez, zeren gasak disolbatuta egon behar baitira mintza zeharkatzeko.

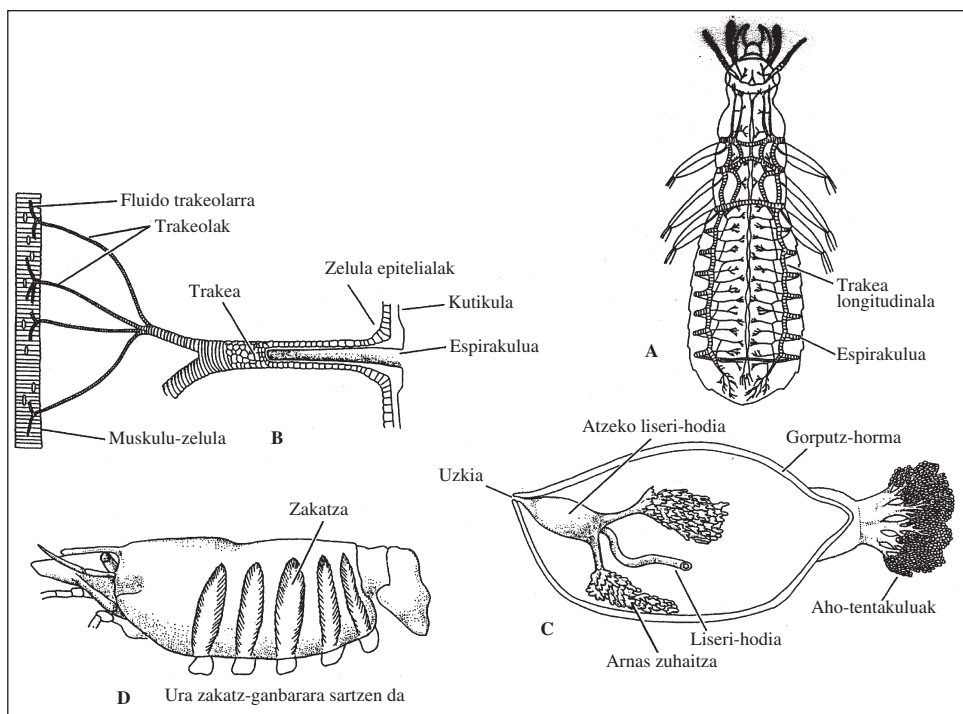
Gas-trukerako egiturak

Ornogabe batzuk gas-trukerako egitura berezietz peituak dira. Kasu horietan, gas-trukea **tegumentarioa** edo **kutaneo** dela esaten da, eta gorputz-azal osoan zehar gertatzen da (knidarioak eta nematodoak). Gas-truke tegumentarioa duten animalia gehienak uretakoak izaten dira edo lurreko gune umeletara mugatuta egoten dira, gainazala heze mantendu behar baitute. Dena dela, gas-truke tegumentarioa gehigarritzko metodo modura erabiltzen da animalia askotan, anfibioetan kasurako.

Oxigeno-beharrizana oso aldakorra izaten da animalia taldeen arabera. Animalia primitiboetan, txikiak badira eta oxigeno gutxi behar badute, gas-truke tegumentarioa nahikoa izaten da: oxigenoa kontsumitzen den lekuetan, hau da, ehunetan, oxigeno-kontzentrazioa baxuagoa da kanpoan baino, eta beraz, difusio fisikokimikoa nahikoa izaten da gas-trukea gertatzeko. Baina metodo hori oso mugatua da ez baita gauza kanpotik urrun dauden ehunetara oxigenoa ailegarazteko. Arazo horri aurre egiteko, konponbide bi sortu dira. Batetik, animalia batzuk zeharo lautu dira, hau da, txapaldu egin dira oxigenoa difusioz irits dadin ehunetaraino. Bestetik, gas-trukerako guneak (benetako **arnas aparatuak**) asmatu dira. Aldi berean, **arnas pigmentuak** ager daitezke, zeintzuek oxigenoa garraiatzeko ahalmena gehitzen baitute.

Arnas aparatuak

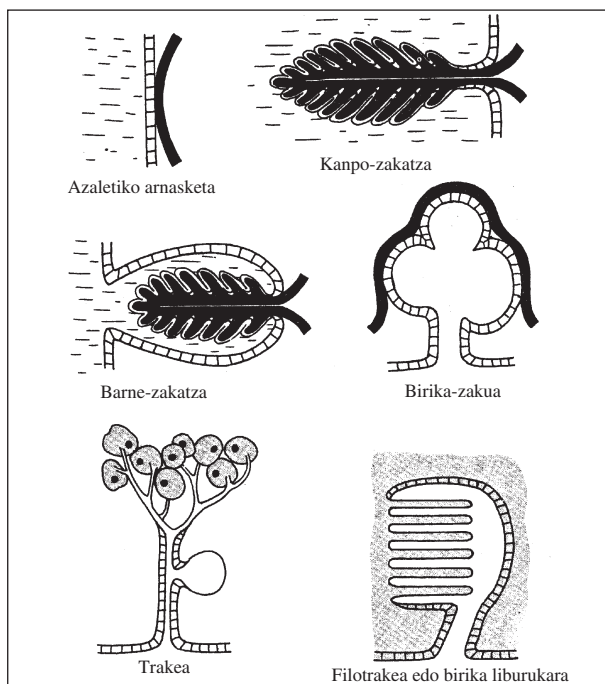
Itsasoko ornogabe gehienek eta ur gezetako askok **brankiak** dauzkate. Brankiak, izatez, gas-trukerako espezializatuta dauden kanpo-organoak dira edo gorputz-azaleko gune mugatuak. Oinarrian, brankiak mintz meheak dauzkaten luza-kinak dira, eta odolaz edo gorputzeko beste fluido batzuek ondo hornituta daude; horrela, fluido horien eta ingurunearen arteko difusioa erraztu egiten da. Sarritan, brankiak tolestuta edo digitatuta daude, difusio-azalera handiagotzeko.



Ornogabeen gas-trukerako egitura batzuk. A, Intsektuen trakea-sistema. B, Intsektu baten trakea bat, eta muskulu-zeluletaraino zuzenean iristen diren trakeolak. C, Holothuria bat disezionatuta, arnas zuhaitzak erakutsiz, zeintzuk urez betetzen baitira, digestio-aparatuaren atzeko irekigunean zehar. G, Krustazeo baten zakatzak, krosko barnean kokatuak. (Brusca eta Brusca, 1990etik hartua).

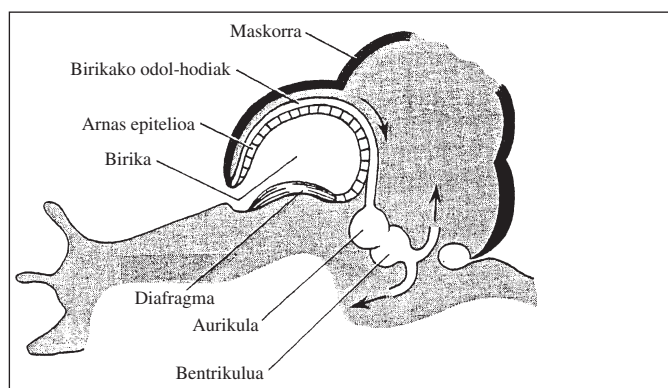
Animali talde desberdinetan, brankia modura eboluzionatu dira homologoak ez diren zenbait egitura, eta gas-trukeaz gain bestelako zereginak betetzeko balio dute sarritan (esate baterako, iragazketazko elikadurarako edo kinada-hartzaile gisara aritzeko). Brankiak, izatez, iragazkorrak dira, eta babestu egin behar dira ganbaren barruan gordez edo uzurtuz, estuarioetan edo ingurune interstizialetan jazotzen diren estres-egoeretan.

Aipatu dugunez, brankiak ezgauza dira lur lehorrean. Ingurune horretan, gas-trukerako egiturak barneratu egin behar dira, gorputz-azalean zeharreko ur-galerak ekiditeko. Horren adibiderik klaruena ornodun lurtarren **birika** da: hormak oso tolestuta (espazio berberean azalera emendatzeko) dituzten zaku-itxurako egiturak dira, airez beteta egonik; biriketan barne-medioarekiko gas-trukea gertatzen da, hau da, odolarekin edo hemolinfarekin, zeren zirkulazio-aparatuarekin asoziatuta baitaude. Ornogabeen artean, artropodoek modu bitan konpondu dute arnasa airean hartzearen arazoa. Horrela, armiarmek **birika liburukarak** dauzkate, eta bestalde, intsektuek, ehunzangoek eta milazangoek **trakeak**. Birika liburukarak barne-azalera oso tolestuta daukaten poltsak dira, eta trakeak, ostera, tutu-multzoak dira, zeintzuk adarkatuta baitaude eta bai irekita kanpo- eta barne-aldera ere. Trakeei esker, aireko gasak zuzenean pasatzen dira gorputz-ehunetara, eta horrela izanik, odolak edo, hobeto esanda, hemolinfak, oso garrantzi gutxi du gas-garraioan. Sarritan, trakeetako kanpo-irekidurek (**espirakuluek**) itxiera-mekanismoren bat eduki dezakete lurrinketa bidezko fluido-galerak ekiditeko. Intsektu askotan, batik bat handienetan, trakeak egurasten dituzten muskuluak egon daitezke, airea ponpatzen dutenak.



Ornogabeen arnas sistemak. Epidermia zelula-geruza modura adierazi da, eta odola eta odol-hodiak beltzez. Eskemotan ikus daitekeenez, arnas organo guztiak tegumentuaren inbaginazio edo ebaginazioak dira. Barne-brankia eta kanpo-brankia, izatez, berdinak dira, salbu lehenengoa ganbara baten baitan kokatuta dagoela. Trakea artropodo lurtarretan aurkitzen da; airea zuzenean iristen da zeluletaraino; nolana, tarteka badaude zaku muskular batzuk, aldi berean aire-gordailu gisa eta aire-ponpa gisa aritzen direnak. Filotrakea edo birika liburukara armiarma gehienetan beha daiteke; kasu honetan, hemolinfak da oxigenoa garraiatzen duena. (Weisz, 1982tik hartua).

Beste alde batetik, lur lehorreko ingurunea arrakastaz konkistatu duen beste animali talde handi bat molusku pulmonatuena izan da (bare-barraskiloak). Kasu honetan, gas-trukerako egiturari **birika** esaten zaio; izatez, hauspo baten antzera aritzen da, eta **pneumostoma** izeneko poro baten bidez irekitzen da kanpo-aldera. Birika delako horren jatorria moluskuen barrunbe palialean dago, zeinak beste molusku batzuetan brankiak edo bestelako organoak itxuratu baititu eboluzioan zehar.



Lur-barraskiloaren birika. Hemozeleko likidoak birika-zakuaren epitelioa bustitzen du, eta, gas-trukearen ostean, birikako odol-hodietan zehar odol oxigenoduna bihotzera joaten da; horrek hemozele osorantz ponpatzen du berriro. (Weisz, 1982tik hartua).

Gas-garraioa

Gas-trukerako lekuetatik gorputzeko zelula desberdinetara garraiatu behar da oxigenoa, eta karbono dioxidoa alderantziz, hau da, zeluletatik gas-trukerako azalera. Oro har, zefalizazio nabarmena duten animalietan, odol oxigenatua alde zefalikora joaten da lehenago eta gero gorputzeko gainerako aldeetara.

Gorago aipatu dugunez, oxigeno-beharrizanak oso aldakorrak izaten dira ornogabeen artean. Oro har, animalia aktiboagoek oxigeno gehiago behar izaten dute; aldiz, mugikortasun gutxiko animaliek eta animalia sesilek nahikoa oxigeno gutxi beharko dute.

Halaber, oxigeno erabilgarriaren kantitatea desberdina da ingurune-motaren arabera. Kasurako, lur lehorrean oxigeno-kontzentrazioa 210 ml/l-ko da itsas mailan, baina ur gazietan eta itsasoetan 0-tik 10 ml/l artekoa da. Uretan, dagoen aldakuntza, sakontasun, turbulentzia, ekintza fotosintetiko, tenperatura eta gazitasunaren menpe egoten da. Oro har, habitat gehienek oxigeno-iturri egokiak edukitzen dituzte animalia-bizia mantentzeko. Hala ere, urak oxigeno disolbatua garraiatzeko ahalmen eskasa daukala kontuan hartuz, animaliek **arnas pigmentuekin** nahasten dute oxigenoa, eta horrela handiagotu egiten da oxigenoa garraiatzeko gaitasuna.

Arnas pigmentuak desberdinak dira molekularen arkitekturari zein oxigeno-arekiko kidetasunari dagozkiela, baina den-denek daukate oxigenoarekin konbinatzen den metal bat (burdina edo kobrea). Pigmentuak odolean edo beste gorputz-fluidoetan disolbatuta egon daitezke edota zelula berezi batzuen barruan (odol-korpuskuluak). Oro har, pigmentuek oxigeno-kontzentrazioa altua denean hartzen dute oxigenoa (oxigenoarekin konbinatzen dira), eta askatu egiten dute kontzentrazioa baxua denean. Beraz, pigmentuek oxigenoa hartzen dute gas-trukearen lekuan, bertan baita altua oxigeno-kontzentrazioa, eta alderantziz, zelula eta ehunetan askatzen dute.

Hemoglobina da arnas pigmenturik arruntena. Hemoglobina burdina duen pigmentu bat da, gorria oxigenatuta dagoenean. Ornogabe askotan agertzen da, hala nola, anelido batzuetan, krustazeo primitiboetan eta molusku batzuetan. Bestetik, ornodun guztietan dago, arrain gutxi batzuetan izan ezik. Era berean, hemoglobina, metazooetan ez ezik, badago ere protozoo, onddo eta landare batzuetan, eta beraz, suposatzekoa da eboluzioan oso goiz agertu zela. Animalietan, hemoglobina fluidoetan urtuta ager daiteke, edota odol-korpuskuluetan (**eritrozitoetan**).

Hemoianina da beste arnas pigmentu garrantzitsu bat; moluskuetan eta krustazeo eboluzionatuenetan agertzen da. Burdinaren ordezkaria kobrea dauka, eta urdin kolorekoa da oxigenatuta dagoenean. Beti agertzen da disolbatuta, eta inoiz ez korpuskuluetan. Beste pigmentu batzuk **hemeritrina** eta **klorokruorina** dira; burdina daukatenak. Lehena larrosa edo morea izaten da oxigenatuta dagoenean, eta bigarrena berdea, oxigeno-kontzentrazioa baxua denean, edo gorria, altua denean.

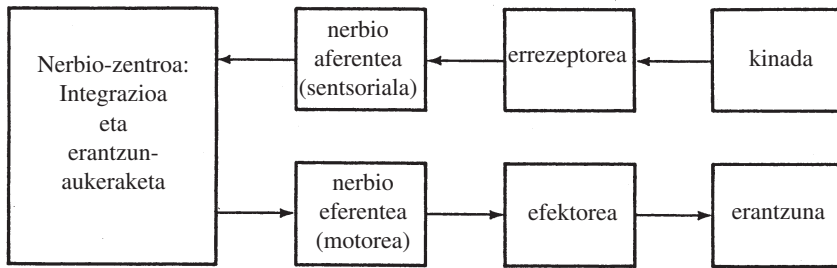
Oro har, intsektuek ez dute arnas pigmenturik, aparatu trakeala izanik ez baitute zirkulazio-fluidorik erabiltzen gas-trukerako medio bezala. Trakeak gutxi garatuta dauden kasuetan, oxigenoa hemolinfan disolbatuta garraiatzen da.

7. Animali biologia: harreman-funtzioak

Sistema bi daude animalien organoen ekintzak erregulatu eta integratzen dituztenak: nerbio-sistema eta sistema endokrinoa. Sistema hauek elkarrekin erlazionatuta daude oso, eta bizidunari ingurunearen aldaketak igartzea ahalbidetzen diote, eta bai barne-oreka mantentzea ere, kasu bietan erantzun egokiak sorraraziz. Hau da, integrazioa zentzu bitan egiten da; alde batetik, kanpo-ingurunearekiko (habitat eta gainerako bizidunei dagokien informazioa jasoz), eta bestetik, norberaren gorputzarekiko (homeostasia mantentzeko eta, aldi berean, ontogeniaren faseak modu koherente batean jarraitzeko: garapena, hazkundera, muden zikloak, ugal aldia...). Kasu bietako erantzuna jariakin bat izango da. Nerbio-sistema eta sistema endokrinoaren arteko desberdintasuna, hain zuzen, jariakin horren izaera eta jariapen-mekanismoan datza. Horrela izanik, sistema endokrinoak substantzia kimikoak ekoizten ditu barne-medioan (hormonak) edo kanpo-medioan (feromonak) askatzen direnak. Nerbio-sistemak soilik nerbio-zelularen parte berezi batean (axonean) ekoizten du substantzia kimikoa (neurotransmisorea), zeinaren ekintza beste nerbio-zelula batera edo gutxi batzuetara mugatuta baitago.

NERBIO-SISTEMAK ETA SENTIMEN-ORGANOAK

Zelula guztiek kinadei erantzuten diete eta informazioa jasotzen dute. Horrela, nahiz eta benetako nerbio-sistematik ez egon (belakietan gertatzen den legez), bai gertatzen dira nolabaiteko koordinazioa eta bai kanpo-kinadekiko erreakzioa ere. Nerbio-sistemaren funtzioak hauexek dira: kinada sentitiboen harrera eta transmisioa, eta erantzunen ekoizpena. Nerbio-elementuen inguruan kinadaren bat dagoenean, nerbio-sistemaren barruan inpultso bat sortzen da. Estimulazioaren iturria kanpokoa edo barnekoa izan daiteke. Hurrengo irudi honetan, edozein nerbio-sistematan tipikoki gertatzen dena ikus daiteke:



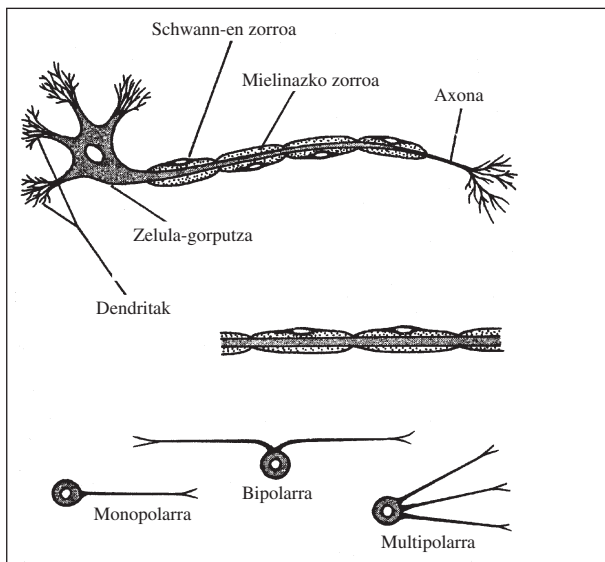
Nerbio-sistemaren ekintza-bidea. Kinada batek inpultso bat sorraziko du egitura sentikorren baten baitan (errezeptorea); orduan, inpultsoa nerbio-sistemaren alde integratzailera bidaltzen da nerbio sentsore bidez. Erantzuna hautatu denean, beste inpultso bat sortzen da eta nerbio motoretan barrena efektore bateraino iritsarazten da (muskulu bateraino, kasurako), eta erantzun egokia gauzatuko da. (Brusca eta Brusca, 1990etik hartua).

Kinada, hartzaileren batek jasotzen du (kasurako, sentimen-organo batek). Kinada hori inpultso bihurtzen da eta nerbio aferenteek eroaten dute nerbio-sistemaren koordinazio-zentroraino. Informazioa prozesatu eta erantzun egokia aukeratu egiten da. Orduan, nerbio eferenteak eroaten du bigarren inpultsoa koordinazio-zentrotik efektore batera (esate baterako, muskulu batera), eta hor erantzuna gauzatzen da.

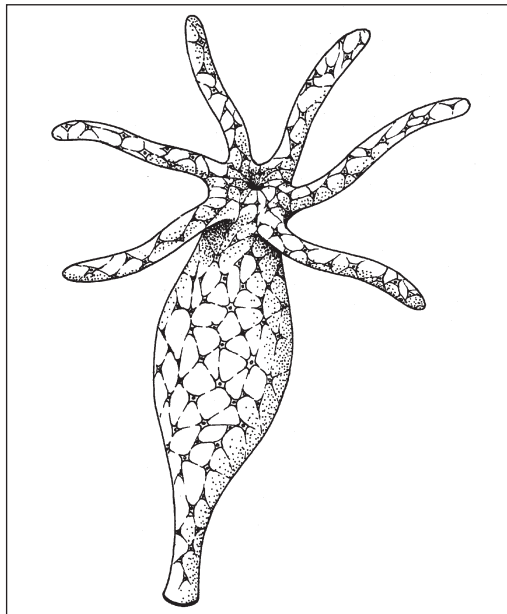
Nerbio-sistemen motak

Nerbio-sistemen unitate estrukturalak nerbio-zelulak dira, **neuronak** alegia, zeintzuk espezializatuta baitaude inpultsoak abiadura erlatiboki handiz eroateko. Neurona bakoitzean hiru osagai aurkituko ditugu: **soma**, nukleoa daramana; **axona** (bat edo gutxi batzuk), bulkadak somatik periferiara eroaten dituenak, eta **dendrita** (batzuk), bulkadak periferiatik somara eroaten dituenak.

Neuronen parakerarik primitiboena **nerbio-plexua** da, zeinean norabide guztietan mugitzen baitira inpultsoak; hau da, sare-itxurakoa da. Plexuak agertzen dira knidario, ktenofo, ekinodermatu eta hemikordatueta.

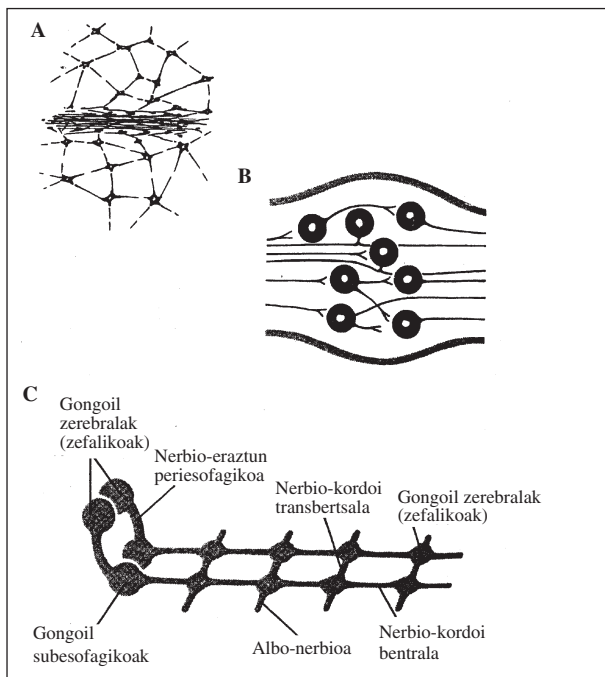


Neurona baten eskema, axon mielinizatua erakutsiz (goian). Erdian, nerbio-zuntzaren zati bat dago, mielinarik gabe, soilik Schwann-en zorroa duela. Behean, neurona-motak adierazi dira; neurona monopolarra goiko eskeman zehazkiago irudikatu dena da. (Weisz, 1982tik hartua).

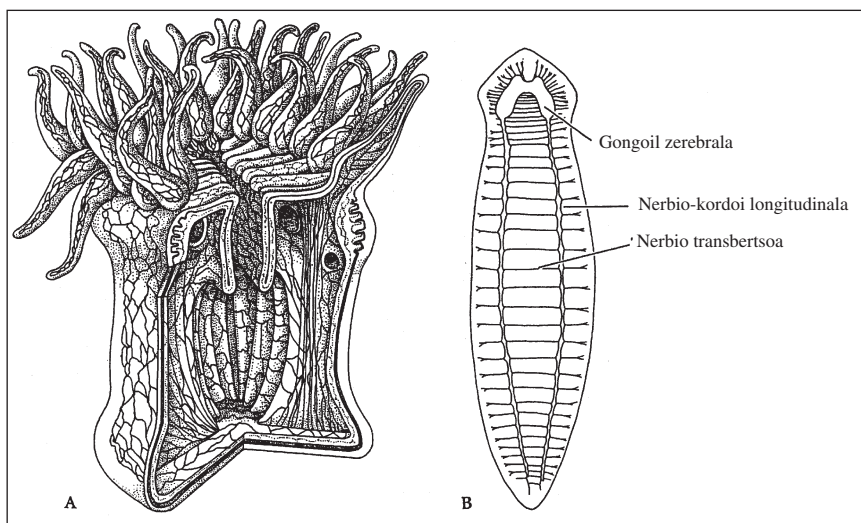


Nerbio-plexu baten parakera. Irudian Hydra generoko knidario baten plexua eskematizatu da; knidario gehienetan bezala, nerbio-sarearen dentsitatea handiagoa da aho inguruan. Nerbio-bulkada edozein norabidetan joan daiteke. Neuronen arteko konexioa sinapsi bidezkoa da. (Weisz, 1982tik hartua).

Nerbio-kordioak eta **gongoilak** aurrerapausotzat jo daitezke. Nerbio-kordioa, plexu baten masa kontzentratua da, nerbio-zuntzen azau lodia eratzen duena. Gongoila, neuronen gorputzez eta amaiezez eratutako masa da. Tamaina handiko gongoil batzuetan, azpibanaketa funtzionalak egon daitezke, zeintzuek ekimen espezifikoren bat erregulatzen baitute. Azpibanaketa horiek **nerbio-zentroak** dira, eta egituraz nahiz zereginaz oso konplexuak direnean **zerebro** izenaz ezagutzen dira. Nerbio-sistemak lortu duen konplexutasunak animaliairen mugimenduen abiadura eta zehaztasuna eta bai jokabide osoaren konplexutasuna determinatuko ditu. Horrela delarik, gongoil txiki nagusi bat besterik ez dauka animalia sesilek edo oso mugimendu moteleko animaliek duten nerbio-sistemak. Animaliak gongoil bat baino gehiago baldin badauka, gongoilak nerbio edo nerbio-kordioen bidez interkonektatuta egongo dira. Horregatik, ornogabe aktiboek eta higikorrek **eskailera-itxurako nerbio-sistema** daukate: bi nerbio-kordoi paralelo eta bentralak, zeintzuek gongoil batzuk baitauzkate tarteka; kordoi bakoitzeko gongoilak kordoi transbertsoen bidez konektatuta daude. Animaliairen aurreko muturrean, tamaina handiagoko gongoil pare batzuk daude, zeintzuk nerbio-kordioen bidez lotuta eta liseri-hodiaren aurreko aldea inguratuz baitaude, eraztun baten gisara (eraztun periesofagikoa). Eraztunaren alde dorsalak gongoil zerebroideoak itxuratzen ditu, eta alde bentralak gongoil subesofagikoak.



A, Nerbio-sarearen kontzentrazioz nerbio-kordioa itxuratu da. B, Gongoil baten eskema: gongoil mistoa adierazi da, zeinak neurona sentsoreak, neurona motoreak eta interneuronak baitauzka. C, Eskailera erako nerbio-sistema. (Weisz, 1982tik hartua).



Nerbio-sistema eta simetria. A, Nerbio-sarea itsasoko knidario erradial batean. B, Eskailera erako nerbio-sistema zentralizatua zizare zapal bilateral batean. (Brusca eta Brusca, 1990etik hartua).

Nerbio-sistematik konplexuenak ornodunetan aurkitzen dira, **entzefalo** eta **bizkarrezur-muinaz** osotuta. Kordatuak nerbio-sistema **medularra** da, hau da, neuronak eta zelula laguntzaileak anatomikoki isola daitekeen gunean kokatuta daude; gune horretan neuronen-somak eta nerbio-zuntzak aurkitzen dira, eta nerbioak (nerbio-zuntzen azauak) hortik irten edo horra ailegatzeko dira.

Sentimen-organoak

Animaliek mota askotako egitura hartzailak dauzkate, zeintzuen bidez jasotzen baita inguruari buruzko informazioa. Animalia baten jokabidea, hein handi batean, informazio horri ematen dizkion erantzunen ondorioa da.

Maiz, mugitzea da animaliak egiten duena kinada baten aurrean. Erantzun-mota horri **taxia** deritzen, eta positiboa ala negatiboa izan daiteke, segun eta kinadaren aurrean animaliak nola erreakzionatzen duen. Esate baterako, argiaren aurrean animaliak ihes egiten badu, fototaktiko negatiboa izango da.

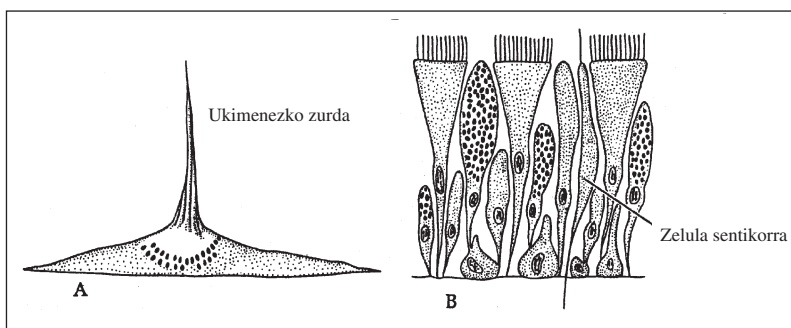
Unitate hartzailak bizidunaren eta bere ingurunearen arteko kate-maila kritikoak izaten dira; izan ere, hartzailak baitira lehenengo urratsa nerbio-sistemaren funtzionamenduan. Beraz, sentimen-organoen motak eta animalia baten gorputzean duten kokapena guztiz erlazionatuta daude animalia baten konplexutasun eta bizimoduarekin.

Sentimen-organoen artean, batzuk mekanorrezeptoreak dira, hau da, kinada mekanikoei erantzuten diete (esate baterako, ukimena, bibrazioak, presioa, tentsioa, soina, oreka...). Beste batzuek kinada ez-mekanikoei erantzuten diete

(esaterako, kinada kimikoak, argia, tenperatura). Lehenengoak azalduz hasiko gara.

Mekanorrezeptoreak

1. Ukimen-hartzaileak: Orokorrean, ukimen-hartzaileak epitelio-zelula eraldatuak izaten dira, neurona sentorialekin erlazionatuta daudenak. Gehienak gorputz-azaleko luzakinak dira, hala nola, arantzak, zetak, tuberkuluak, garau-moduko protuberantziak, eta abar. Animalia inguruan dauden objektuek ukimen-hartzaileak mugiarazten dituzte eta, era horretara, deformazio mekanikoak eragiten dituzte, neurona sentorialek inpultsoak hasiz. Animalia guztiek dauzkate ukimen-hartzaileak, baina beraien erantzunak asko eta askotarikoak izaten dira, sarritan bestelako kinada sentorialekin asoziatuta daudelarik, kasurako kinada kimikoekin.



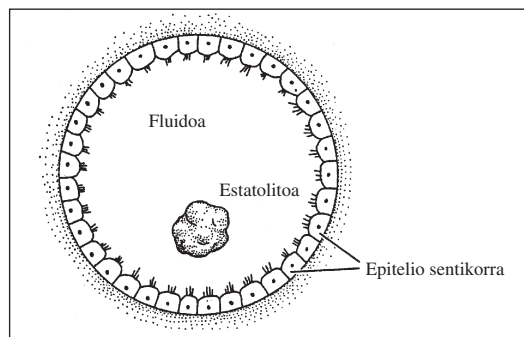
Ornogabeen ukimen-erzeptore batzuk. A, *Sagitta bipunctata* ketognatuaren ukimenezko organoa. B, Nemertino baten epitelio sentikorra. (Brusca eta Brusca, 1990etik hartua).

Ukimen-hartzaile batzuk oso sentikorrak dira uretan edo substratu solidoetan hedatzen diren bibrazioekiko. Esate baterako, poliketo tubikola batzuk beraien tutuetan sartzen dira ingurune mugimenduen aurrean. Era berean, krustazeo harrapakari batzuk harrapakinen bibrazioak atzemateko gauza dira. Halaber, harrapakinen bat amaraunean endredatuta dagoenean, amarauneko bibrazioen bidez detektatzen du armiarmak; mekanorrezeptoreak dauzkate hanketan.

2. Georrezeptoreak edo oreka-organoak: Georrezeptoreek grabitateari erantzuten diote, eta horrela animaliak bere parakera eta orientazio erlatiboari buruzko informazioa eskuratzen du.

Estatozisto deritze georrezeptore gehienei. Oro har, estatozistoak likidoz beteriko ganbarak dira, pikor solido bat dutenak. Pikor solidoa **estatolitoa** da. Ganbararen barne-gainetadura epitelio sentorial taktil “ileduna” da, eta ileak neurona sentorialekin asoziatuta daude. Uretako ornogabeetan, estatozisto batzuk irekita daude, eta urez beteta beraz; kasu horietan, estatolitoa harea-garau bat izan

daiteke. Hala ere, estatolito gehienak ganbara itxien barruan jariatzen dira. Animalia mugitzen denean, estatolitoa ere mugitu egiten da fluidoan, epitelio sentoriala kitzikatuz. Animalia geldirik dagoenean, estatolitoaren posizioak grabitatearekiko orientazioari buruzko informazioa ematen dio animalari. Edozelan ere, animaliek era desberdinetara erabiltzen dituzte georrezeptoreak, segun eta beraien habitata edo bizimodua nolakoak diren. Estatozistoei eskainitako informazioa oso munta handikoa da, batez ere gainerako errezeptore sentorialak desagokiak direneko baldintzetan. Esate baterako, ornogabe zulakariak ezin dira fotorrezeptoreen bidez orientatu substratuan zehar mugitzen ari direnean. Modu berean, animalia planktoniko batzuek arazoak dauzkate hiru dimentsioetan orientatzeko, batik bat ur sakonean eta gauez, eta hori konpontzeko estatozistoak erabiltzen dituzte.



Estatozisto baten eskema, hau da, georrezeptore batena (Brusca eta Brusca, 1990etik hartua).

Intsektu dipteroetan (euliak, eltxoak) **halterioak** (edo **dendunkariak**) dira oreka-organoak, eta izatez, bigarren hego-pare oso eraldatuari dagozkio. Intsektuak hegaz egiten duenean, halterioak hegoekin batera mugitzen dira eta nerbio-sistema zentralari ematen diote informazioa, beharrezko zuzenketak egiteko. Horrela izanik, intsektuek hegaldia kontrolatzen dute, hala altuera zuzendu, nola errotazio-mugimenduak eta norabide-aldaketak koordinatu.

3. Propriozeptoreak: Gorputz-atalen luzapenek, konpresioek, flexioek edo tentsioek sorrarazten dituzten aldaketa mekanikoei erantzuten diete propiozeptoreek. Izatez, artikulazio, tendoi eta muskuluetan dauden zelula espezializatuak dira. Errezeptore hauek animaliaaren gorputz-atalen mugimenduari buruzko informazioa ematen dute, eta bai zati horien arteko kokapen erlatiboari buruzkoa ere. Hau da, muskulu, tendoi eta artikulazioen egoerari buruzko informazioa jasotzen dute, eta, barne-kinadekiko sentikorrak direnez, organoen mina ere igartzen dute.

4. Fonorrezeptoreak: Ornogabe batzuk (kasurako anelido eta krustazeo batzuk) sentikorrak dira soinuarekiko, baina benetako entzun-hartzaileak aurkitu, soilik intsektu-talde gutxitan eta, beharbada, araknido eta krustazeo batzuetan aurkitu dira.

5. Barorrezeptoreak: Presio-aldaketekiko sentikortasuna ez da ondo ezagutzen ornogabeen artean, eta ez horri dagokion egiturarik ere. Dena den, ornogabe batzuek modu desberdinetan erantzuten diete presio-aldaketei. Esate baterako, marmoka, ktenoforo, txibi, krustazeo, uretako intsektu eta larba planktoniko batzuk.

Mekanorrezeptoreak ez direnak

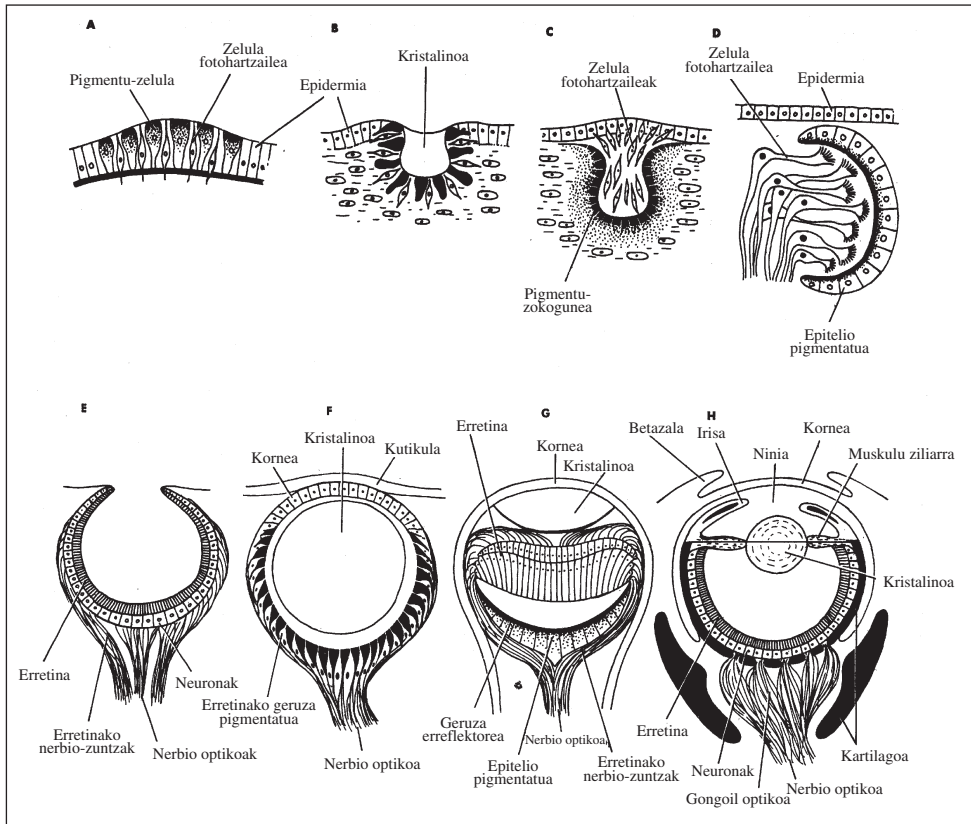
1. Kimiorrezeptoreak: Animalia askok sentikortasun kimiko orokorra daukate, zeina ez baitago inolako egitura sentorial batekin erlazionatuta. Hau da, gorputzeko azal osoan errezeptore ez-espezializatuak edo nerbio-amaiera indiferentziatuak dauzkate horretarako. Nahikoa kontzentrazio altuetan dauden substantzia kimiko kaltegarri edo nardagarriek nolabaiteko erantzunak eragin ditzakete sentikortasun kimiko orokor horren bidez. Horrez gain, animalia askok kimiorrezeptore espezifikoak daukate. Kanpo-molekulak azaleko epitelioan zehar pasatzen direnean, neurona sentorialak kitzikatzen dituzte ukipenaz. Ornogabe urtar askoren kimiorrezeptoreak hobiska edo zokogunetan kokatuta daude, eta ura zilioei esker zirkulatzen da bertatik. Kimiorrezeptoreak espezializatuta egon daitezke hainbat lan-mota betetzeko, esate baterako, uraren azterketa orokorra egiteko, hezetasuna detektatzeko, harrapakinari jarraitzeko, bikotekidea lokalizatzeko, substratua analizatzeko edo janaria aztertzeko; bestalde, pH-arekiko sentikorrak izan daitezke.

Segur aski, uretako organismo guztiek askatzen dituzte aminoazido-kantitate batzuk larruazal eta brankia bidez, eta bai gernuan eta gorotzetan ere. Askatutako aminoazido horiek organismoaren nolabaiteko “gorputz-usaina” itxuratzen dute eta animaliaren “irudi kimikoa” eratzen. Gainerako animaliek “irudi kimiko” horren ezaugarri batzuk atzeman ditzakete, eta era honetara identifikatu zein espezieakoa den, sexua, estres-maila, populazio-dentsitatea, eta beharbada organismoaren tamaina. Uretako ingurunean aminoazidoak nasaiki hedatuta daude, eta ekintza biologikoen adierazle modura funtzionatzen dute. Horrela delarik, animalia urtar askok laborategiko ekipamendurik sofistikatuenean baino hobeto detektatzen dituzte ingurunean aminoazidoak.

2. Fotorrezeptoreak: Gutxi gorabehera animalia guztiak dira argiarekiko sentikorrak, eta gehienek fotorrezeptore-motaren bat daukate. Fotorrezeptore guztiek ezaugarri komuna daukate: guzti-guztiek argiarekiko sentikorrak diren pigmentuak daukate. Pigmentu horiek gai dira argi-energia fotoi-modura xurgatzeko; jakina, prozesu hori beharrezkoa da edozein erreakzio fotikoren hasiera gerta dadin. Horrela xurgatutako energiak, gune argi-hartzailean dauden neurona sentorialak kitzikatzeko balio du.

Orokortasun hori aparte utzita, argiarekiko egitura sentikorrak askotarikoak dira konplexutasun eta egokitasunari dagokienez. Ornogabeen artean, artropodoek,

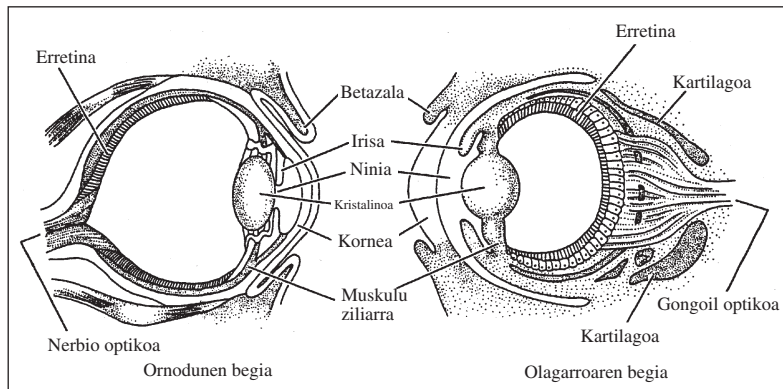
moluskuak eta poliketo batzuek oso begi sentikorrak dauzkate, erresoluzio espazial onekoak eta espektriko-kanal askotakoak (koloreak identifikatzeko).



Begi-motak. A, B eta C, Knidarioen begiak. A, Begi-orbaina. B, Begi-kopa kristalino-duna. C, Begi-kopa inbertitua: argiak nerbio-zuntzen artean (ez daude irudian adierazita) igaro behar du zelula fotosentikorreraino iritsi aurretik. D, Platielminte baten begi-kopa inbertitua: argiak neuronen artean pasatu behar du alde fotosentikorrera iristeko. E, *Nautilus* zefalopodoaren begi-kopa zuzena: argia zuzenean iristen da erretinaraino, eta neuronak geruza fotosentikor horren ostean daude kokatuta. F, Anelido eta barraskilo askotan aurkitzen den ozelo (begi) besikularra; zuzena da. G, *Pecten* bibalbioaren begia, erretina bikoitza duena; kanpoko erretina inbertitua da, eta barnekoa zuzena da eta geruza erreflektoreak islatutako argia jasotzen du. H, Txipiroiaren begia: zuzena da, eta gizakiaren begia bezain korapilatsua. (Weisz, 1982tik hartua).

Fotorrezeptoreen sailkapen gehienak konplexutasun-mailetan oinarrituta daude. Begirik sinpleenak argi-intentsitatea eta argi-norabidea hautematen dituzte soil-soilik, eta konplexuenak imajinak eratzeko gai dira (horretarako lenteren bat egon behar da, **kristalino** hain zuzen). Animalietako fotorrezeptorerik sinpleenak epidermi azpian edo gorputzeko gune jakin batzuetan dauden egitura unizelularrak dira. Knidarioen **begi-orbainak** dira. Fotorrezeptore multizelularrak hiru motatan

sailka daitezke: alde batetik, **ozeloak** dauzkagu (baita esaten zaie **begi bakun** edo **begi-orbain**; platihelmineteetan); bigarrenez, **begi konposatuak** (artropodo gehienetan; **omatidio** deritzo begi konposatua osotzen duten unitateei), eta azkenik, **begi konplexuak** edo **begi ganbaradunak** (molusku zefalopodoetan eta ornodunetan).



Ornodunen eta zefalopodoen begien arteko konparazioa (Brusca eta Brusca, 1990etik hartua).

3. Termorrezeptoreak: Ekintza biologikoaren mailak aldatu egiten dira temperaturaren arabera. Oro har, temperatura baxua denean biziduna letargian dagoela esan daiteke, eta aitzitik, temperatura altua denean biziduna hiperaktibo egon daitekeela. Bestetik, muturreko temperaturek hil egin dezakete animalia.

Ornogabe batzuk gai dira temperatura-aldaketak detektatzeko, baina ez da horretarako unitate hartzailerik identifikatu. Beste alde batetik, aipatu behar da soilik hegaztiak eta ugaztunak direla gauza gorputz-tenperatura iraunkor mantentzeko; hau da, **homeotermoak** dira (*versus* **poikilotermoak**, gainerako animalia guztiak). Kontrol hori nerbio-sistema bidez gauzatzen da.

SISTEMA ENDOKRINOA: HORMONAK ETA FEROMONAK

Animaliek hainbat motatako substantzia kimikoak ekoizten dituzte gorputz barruan, ekintza biologiko asko kontrolatu eta koordinatzen dituztenak. **Hormonak** dauzkagu substantzia kimiko horien artean. Izatez, hormonak organo edo ehunen batean sortu eta jariatzen dira, eta gero odol edo beste gorputz-fluidoren baten bidez garraiatzen dira, beraien eragina gorputzeko beste atalen batean erabiltzeko. Fenomeno hori ornodunetan sistema endokrinoarekin erlazionatuta dago, zeinean guruinak baitira ondo ezaguturiko ekoizpen-guneak: tiroidea, hipofisia, gonadak, guruin suprarrenalak...

Hormona-mota bi daude: alde batetik, **hormona endokrinoak**, alegia guruin isolatueta ekoitzi eta zirkulazio-fluidora askatzen direnak; bestetik, **neurormonak** dauzkagu, **zelula neurojariatzaile** deritzen neurona berezietan ekoizten direnak.

Ornogabeei dagokiela, ia soilik intsektu eta krustazeoetan burutu dira horren gaineko ikerketak. Artropodoen kasuan hormonak erlazionatuta daude hazkunde-kontrolarekin, mudarenarekin eta ugalketarenarekin, besteak beste, eta anelidoetan hazkunde, erregenerazio eta heldutasun sexualarekin.

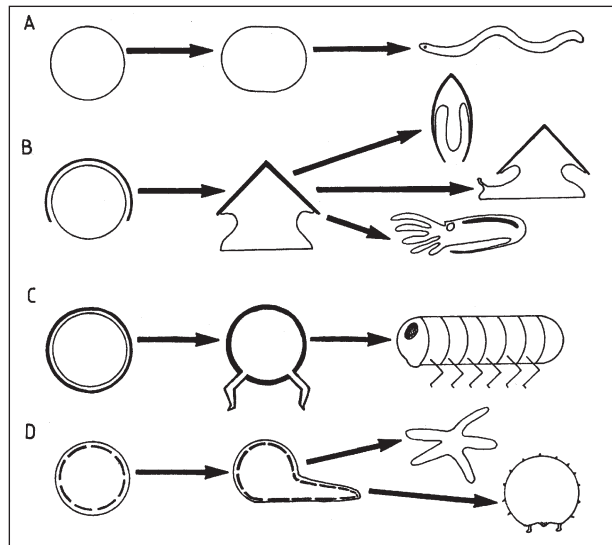
Bestalde, **feromonak**, zentzu zabalean, organismoen arteko hormona gisara aritzen diren substantziak dira. Hau da, animaliak feromonak ekoitzi eta ingurunera askatzen ditu, eta eragina bertako beste organismoren baten gainekoa izango da. Feromona gehienek ekintza intraspezifikoa daukate, hots, espezie bereko organismo baten gainean aritzen dira, esate baterako bikotekidea erakartzeko. Beste feromona batzuek ekintza interespezifikoa daukate; adibidez, espezie harrapakari batzuek (itsas izarrek) uretara askatzen dituzten feromonek alde egiteko portaerak sorrarazten dituzte harrapakinen gainean. Kontraesana dirudien arren, pentsatzekoa da feromona horien jatorrizko zeregina ez zela hori izan, baina, eboluzioan zehar harrapakinek igarri egin dute harrapakariaren presentzia, berorrek askatzen dituen feromonei esker.

SISTEMA ESKELETIKOA ETA SISTEMA MUSKULARRA

Gorputz-tamaina handiagotu egin zen oso bizitza unizelularra izatetik multizelularra izatera igaro zenean, eta gero bilateralitatea agertu zenean. Emendio horrek euskarri-egituren garapena ekarri zuen eta bai horiekin asoziatutako lokomozio-mekanismoen agerpena.

Eskeletoak

Ia animalia guztiek daukate nolabaiteko eskeletoa, batik bat gorputz-forma mantentzeko eta euskarria edukitzeko. Halaber, eskeletoek muskuluak txertatzeko balio dute zurrnak direnean. Animalietan euskarri-sistemak hiru motatakoak dira: eskeleto hidrostatikoak, endoskeletoak eta exoskeletoak.



Ornogabeen lau eskeleto-diseinu nagusiak, eta berorien eragin morfologikoa. A, Eskeleto hidrostatikoa: “zizareetan”. B, Exoskeleto ez-oso: moluskuen “maskorra”. C, Exoskeleto osoa: “artropodoetan”. D, Endoskeleto osikuluduna: ekinodermatuetan. (Willmer, 1990etik hartua).

Eskeleto hidrostatikoak

Ia animalia guztiek daukate eskeleto hidrostatikoa: fluidoz beteriko barrunbeak dituztenez (pseudozeloma edo zeloma), barrunbe horien turgentzia baliatzen dute gorputz-forma mantentzeko edo lokomoziorako, zeren, fluidoz beteriko barrunbeak formaz alda baitaitezke muga jakin batzuen barruan, baina ez bolumenez (barrunbeak leher egingo luke-eta). Hau da, gorputz-fluidoak erabiltzen dituzte eskeleto hidrostatiko modura. Horrela, animaliak baldin eta beste eskeleto-motarik ez badauka, muskuluak fluidoz betetako barrunbearen gainean aritzen dira, mugimendua sortuz. Horixe da, kasurako, nematodo eta anelidoek egiten dutena. Esate baterako, lur-zizareetan, gorputz-hormen muskuluak likido zelomatikoaren gainean uzurtzen dira, mugimendua sortuz. Beste adibide batzuk elefantearen tronpan, ugaztun eta narrastien mihian eta molusku zefalopodoen beso eta garroetan dauzkagu. Elefantearen tronpak ez dauka euskarri eskeletikorik, baina hala ere makurtu, kiribildu, luzatu eta pisu handiak altxatzeko gai da.

Eskeleto zurrinak: endoskeletoak eta exoskeletoak

Eskeleto zurrunek abantaila batzuk eskaintzen dizkiete animaliei: gorputza handiagoa edukitzeko ahalmena, deformazioa ekiditea, gorputz-organoak kokapen egokian mantentzea, mugimendu zehatzago, kontrolatuago eta arinagoak

baimentzea, eta harrapakarien aurkako defentsa hobeak edukitzea. Horiez gain, funtzio metabolikoren bat bete dezakete: mineralak (fosfatoak, kaltzioa...) metatzen dituzte, behar direnean erabil daitezkeenak.

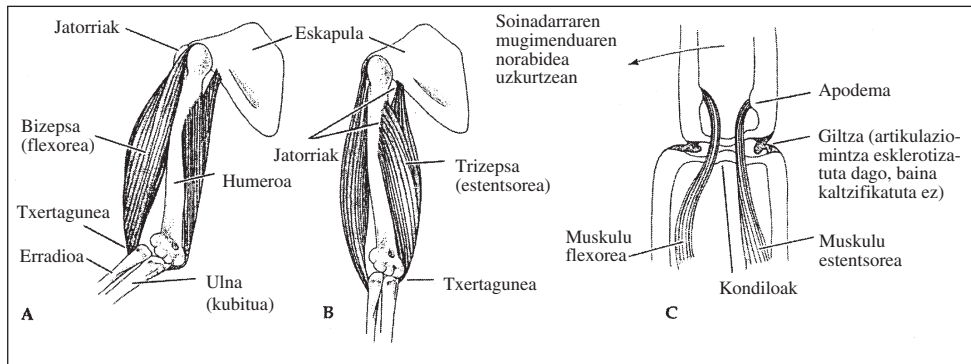
Mota bitako eskeleto zurrinak dauzkagu: **endoskeletoa** eta **exoskeletoa**. Oro har, endoskeletoen jatorria mesodermoan dago, eta exoskeletoena ektodermoan. Oro har, endoskeletoak belaki, ekinodermatu eta ornodunetan agertzen dira, eta exoskeletoak molusku eta artropodoetan. Bestalde, eskeletoa **artikulatua** izan daiteke, esate baterako artropodo, bibalbio eta brakiopodoen exoskeletoak, edo **ez-artikulatua**, barraskiloen exoskeletoaren kasuan bezala, eta itsas trikuen endoskeletoarenean.

Endoskeletoa animaliarekin batera hazten den bitartean, animalia askoren exoskeletoa egitura mugatzailea da, zeina, aldizka ordeztu behar baita muden bidez tamaina handiagoko gorputzera moldatzeko. Hala ere, ornogabe batzuen exoskeletoak (barraskilo eta bibalbioen maskorrak kasurako) animaliarekin batera hazten dira.

Konposaketari begira, eskeletoak askotarikoak dira. Knidarioena korneoa edo kalkareoa da; moluskuena kalkareoa, eta artropodoena kitinazkoa. Kitina iragazgaitza denez, deshidratazioa ekiditen du, eta, hortaz, kitinazko eskeletoak oso garrantzi handia edukiko zukeen ingurune lurtarraren konkistan. Endoskeletoei dago-kienez, belakiena kalkareoa edo siliziozkoa da, eta ekinodermatuena kalkareoa. Ornodunen artean, arrainik primitiboenetako eskeletoa kartilaginosoa bada ere (arraiak, marrazoak), gainerakoena karbonato eta fosfato kaltzikoz osotuta dago.

Animalia askoren epidermiak **kutikula** deritzon kanpo-geruza jariatzen du (kolagenoa gehi polisakaridoak), exoskeleto modura aritzen dena. Uste denez, exoskeletoen jatorria kutikulan dago, eta berorren esklerotizazioz edo kaltzifikazioz sortu zen.

Eskeleto zurrunetan muskuluak txerta daitezke. Horietariko muskulu batzuk uzkurtu egin daitezke soilik (**muskulu flexoreak**), eta luzatzeko muskulu antagonikoen ekintza behar dute (**muskulu estentsoreak**). Adibidez, bizeps muskularen (flexorea) muskulu antagonikoa trizepsa da (estentsorea). Beste muskulu antagonikoen pare batzuk **protraktoreak** eta **erretraktoreak** dira; protraktoreek gorputz-adar osoen aurre-mugimendua eragiten dute eta erretraktoreek atze-mugimendua. Beste batzuk **aduktoreak** eta **abduktoreak** dira, zeintzuek gorputz-atal bat hurbildu ala urruntzen baitute erreferentzia-puntu jakin batetik. Nahiz eta ornodunek endoskeletoa eta artropodoek exoskeletoa eduki, animalia-talde biek dauzkaten muskulu antagonikoen jokoak antzekoak dira. Beste alde batetik, muskularen uzkurduraren fisiologia eta biokimika ia berdinak dira animalia guztietan.



Muskulu antagonikoen jardunbidea. A, Bizeps muskulua uzurtuta dago, eta trizepsa erlaxatuta; parakera honek besoa okertu egiten du. B, Bizepsa erlaxatuta dago eta trizepsa uzurtuta; parakera honek besoa luzatu egiten du. C, Artropodoen giltza baten eskema: kasu honetan, muskulu-txertaguneak exoskeleto barruan daude. (Brusca eta Brusca, 1990etik hartua).

Muskulu-sistema

Animalia batzuek uzurtzeko ahalmena duten zelulak aurkezten dituzte. Adibidez, belakien zelula batzuek uzurdura motelak egiten dituzte, eta knidarioek zelula mioepitelialak aurkezten dituzte epidermian eta liseri-barrunbearen horman; zelula horien alde basalak miozuntzeken azauak dauzka, uzkurduraren erantzuleak direnak. Nolanahi, aipatutako zelulak ez daude guztiz espezializatuta uzkurdura muskularrean, zeren, epidermikoek estaldura-funtzioa betetzen baitute, eta liseri-barrunbearen hormakoek liseriketa.

Gainerako animalia guztiek muskulu-ehunak aurkezten dituzte, soilik uzkurduran espezializatuta daudenak eta mesodermoan dute jatorria. Egiturari dago-kiola, mota bi bereiz daitezke: **muskulu-ehun leuna** eta **ildaskatua**. Muskulu-ehun leunean, zelulak luzangak eta mutur zorrotzekoak izaten dira, eta nukleo bakarrekoak; zitoplasmaren miozuntzeken longitudinalki lerrotuta daude, halako moldez non beraien uzkurdurak laburtu eta loditzen baitu zelula. Ostera, muskulu-ehun ildaskatua unitate sintzitialez osotuta dago, hau da, unitate bakoitza nukleo asko-dun muskulu-zuntza da, zitoplasma-masa luzanga bat duena.

Muskulu-ehuna duten animalia guztietan, ehun muskular leuna beha daiteke eta, izan ere, horixe da talde askotan dagoen mota bakarra. Oro har, muskulu-zelula leunak paraleloki orientatuta daude, muskulu-geruza itxuratuz. Geruza horiek tegumentu azpian daude, gorputz-horma osotuz. Nematodoetan geruza bat besterik ez dago eta muskulu-zelulak gorputzeko ardatzaren norabidean uzkurtzen dira. Hori dela-eta, zizare horiek alde batera edo bestera makur daitezke, uhin-higidura sortuz, baina ezin dira luzatu; uhin-higidura lortzeko txandaka uzkurtzen dute eskuineko eta ezkerreko gorputz-muskulatura. Gainerako animalia berriforme gehienetan, esate baterako lur-zizareetan, gorputz-horman muskulu-ehun

leunen geruza bi daude, bata longitudinalalki eta bestea zirkularki paratuta. Eraketa modu horrek ahalbidetzen ditu gorputzaren luzapena eta laburpena, eta bai flexio eta tortsio lateralak ere (ikusi geroago: “mugimendu peristaltikoa”). Gorputz-hormaz gain, muskulu-ehun leuna liseri-hodiaren eta zirkulazio-hodien hormetan agertzen da.

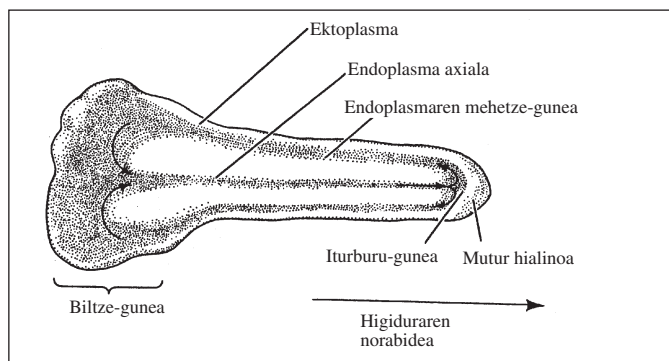
Muskulu ildaskatua mugimendu arin eta zehatzak egiten dituzten animalietan aurkitzen da, hala nola, molusku (batik bat txipiroi, olagarro eta txirla), artropodo eta ornodunetan. Ornodunetan mota bi daude: **muskulu ildaskatu eskeletikoa**, mugimenduaren eta gorputz-parakeraren arduraduna dena, eta **muskulu ildaskatu kardiakoa**, bihotzean dagoena.

Lokomozioa

Animalietan hurrengo lokomozio-eredu hauek dauzkagu nagusiki: mugimendu ameboidea, mugimendu ziliar eta flagelarra, higidura peristaltikoa, uhin-higidura eta gorputz-adar bidezko mugimendua.

Mugimendu ameboidea

Mugimendu ameboidea protozooetan da tipikoa; metazooen artean, gorputz barruko zelula ameboideotan gertatzen da (leukozitoetan, zelula mesenkimatikoe-tan...). Zelula ameboideok gel-itxurako **ektoplasma** daukate, zeinak **endoplasma** likidoa inguratzen baitu. Mugimendua **pseudopodioak** emitituz eta uzurtuz gertatzen da. Pseudopodioa hedatzen den bitartean, barne-endoplasma azalera doa, likido-egoeratik gel-egoerara pasatuz. Eratutako ektoplasma endoplasma bihurtzen da gero, zikloa berriro hasiz.

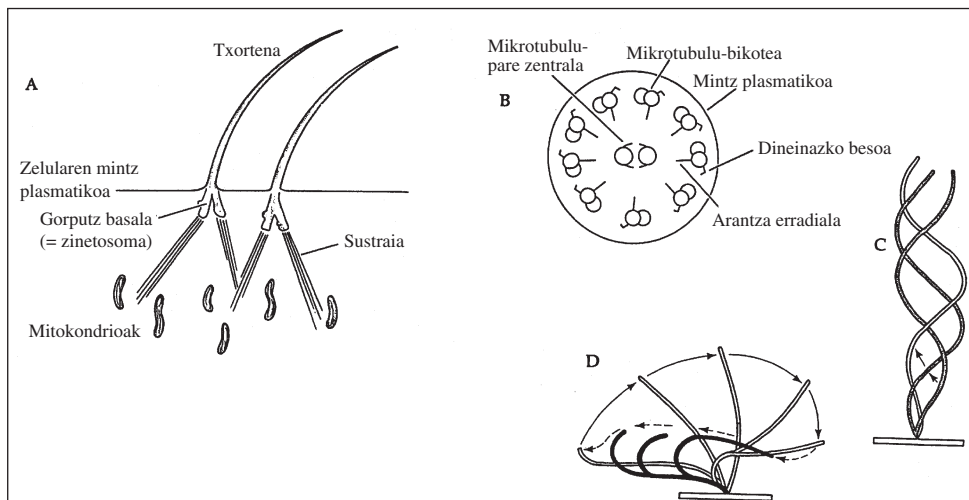


Lokomozio ameboidea: pseudopodo-eraketa ameba batean. (Brusca eta Brusca, 1990etik hartua).

Mugimendu ziliarra eta flagelarra

Zilioak animali *phylum* guztietan agertzen dira, nematodo eta artropodoetan izan ezik, eta flageloak belakietan eta animalia gehienen espermatozoideetan.

Egiturari dagokiola, zilioak eta flageloak oso antzekoak dira, baina zilioak laburragoak dira eta taldeka agertzen dira, eta flageloak, oster, luzeak eta orokorrean bakarka edo binaka. Zilio edo flagelo baten ebaketa transbertsalak hurrengo egitura erakusten du mikroskopia elektroniko: periferian eta zirkularki paratuta bederatzi mikrotubulu-pare daude, erdiko pare bat inguratuz. “9+2” eredu hau zilio eta flagelo guztietan agertzen da.



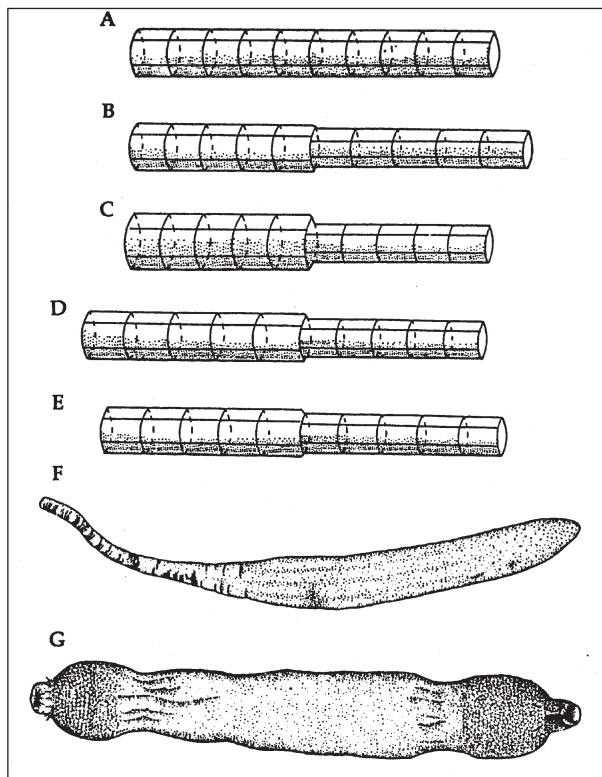
Zilio eta flageloak. A, Elkarren ondoko zilio biren egitura. B, Zilio baten zehar-ebaketa. C, Ondoz ondoko hiru urrats flagelo baten uhin-higiduran. D, Ondoz ondoko urratsak zilio baten arraun-erako jardunean. (Brusca eta Brusca, 1990etik hartua).

Mugimenduari dagokionez, zilioak eta flageloak desberdinak dira. Flageloak simetrikoki mugitzen dira, eta horrela ura paraleloki bultzatzen dute flageloaren ardatzarekiko. Zilioa asimetrikoki mugitzen da, hau da, lehenago kolpe gogor bat ematen du norabide batean eta gero makurtu egiten da geldiro, hasierako jarrerara bueltatzeko. Ura zelularen ardatzarekiko paraleloki bultzatzen da, edo, zilioaren ardatzarekiko perpendikularki.

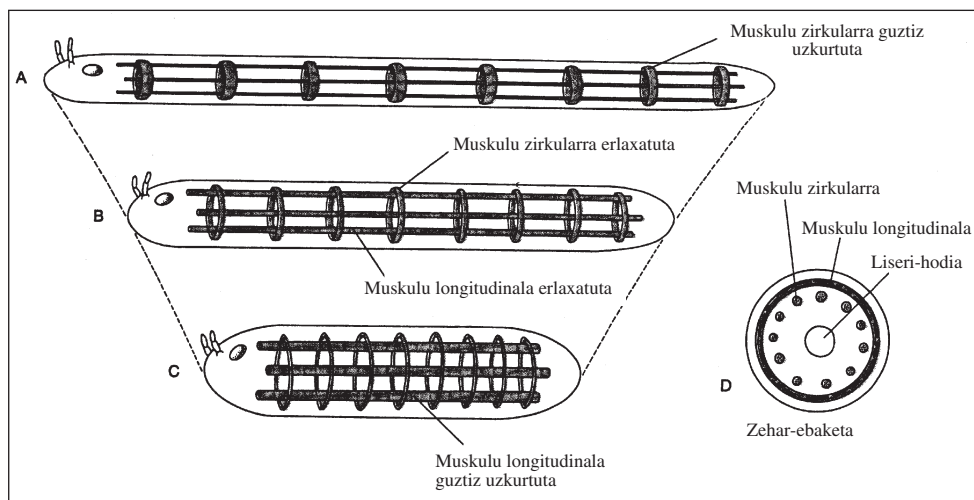
Lokomoziorako erabiltzen dituzte zilioak animalia askok, hala nola, mesozooek, ktenoforoek, plathelmintheek, pseudozelomatu askok, gastropodo batzuek eta animalia askoren larbek. Horretaz gain, bai zilioek eta bai flageloek ere bestelako funtzioak betetzen dituzte, esate baterako, gas-trukeen korranteak sorrarazten dituzte, janariaren mugimendua errazten dute digestio-aparatuari, edo espermatozoideen propulsiarako balio dute.

Mugimendu peristaltikoa

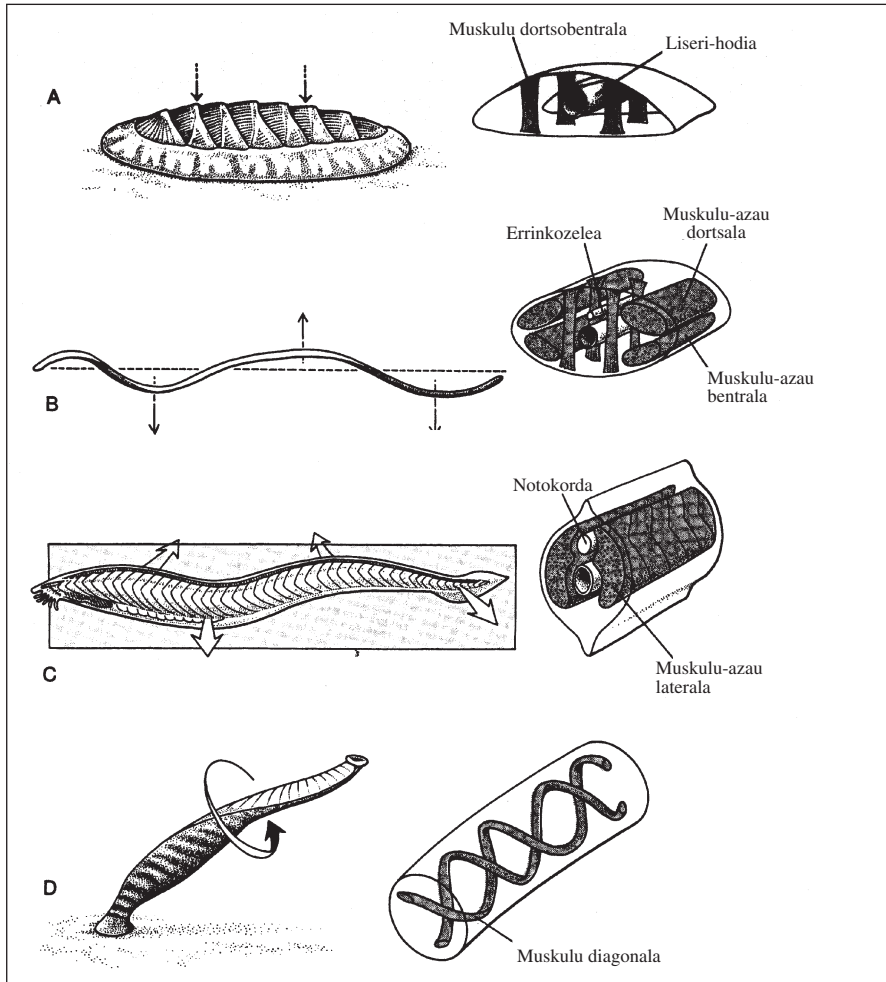
Kasu honetan, animaliak antagonikoki eta erritmikoki uzkuertzen ditu muskulatura zirkularra eta longitudinala, normalean gorputz-barrunberen baten gainean (eskeleto hidrostatikoa). Hau da, uhin peristaltikoak animaliairen luzera zeharkatzen duen bitartean, muskulu zirkularrak eta longitudinalak alternatiboki uzkuertzen dira. Muskulatura longitudinala (muskulatura zirkularraren azpian kokatuta dagoena) uzkuertzen den guneetan, gorputza laburtu egiten da, eta muskulatura zirkularra uzkuertzen den guneetan, gorputza luzatu egiten da, aurrera joanda. Oso arrunta da animalia jalkinjaleen artean (anelidoak, nemertinoak, anemona batzuk, sipunkulidoak...), metodo hori erabiltzen baitute substratuan industeko.



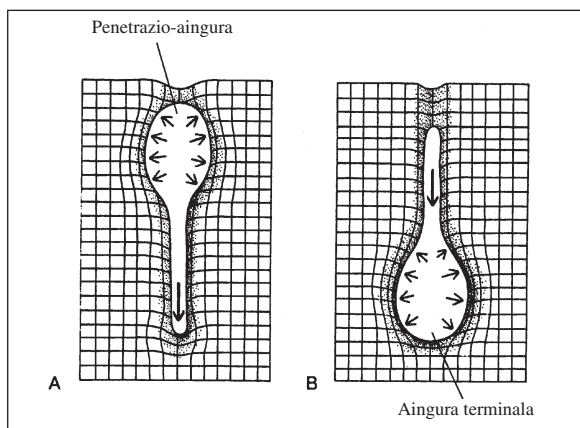
Eskeleto hidrostatikoa. A-E, Hasierako egoera eta hurrengo lau urrats posible: eskeleto hidrostatikodun animaliairen muskulu zirkularrak uzkuertu dira alde batean. A, Erlaxatuta daude muskulu guztiak. B, Eskuin-aldeko muturreko muskulu zirkularrak uzkuertu egin dira, eta alde hori luzatu egin da; ezker-aldean ez da aldaketarik gertatu. C, Eskuin-aldeko luzera mantendu egin da, baina, ezker-aldeko diametroa handitu egin da. D, Eskuin-aldeko luzera eta ezker-aldeko diametroa berdina mantendu dira, baina luzeago egin da ezker-aldea. E, Alde bien luzera handitu egin da; diametroak berdina mantendu dira. F-G, Eskeleto hidrostatiko bidezko lokomozioa duten animalia bi. F, *Phascolosoma* generoko sipunkulidoa. G, *Urechis caupo* ekiuridoa. (Brusca eta Brusca, 1990etik hartua).



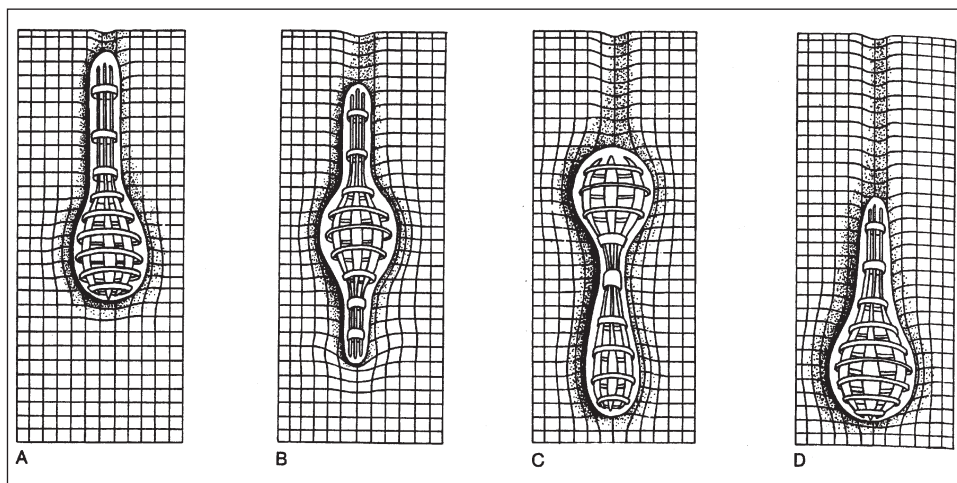
Gorputz biguneko animalia bilateralen gorputz-hormako muskuluak: muskulatura antagoniko bi daude (B, D), kanpoko muskulatura longitudinala eta barruko muskulatura zirkularra. Geruza bi horiek jarduera antagonikoa daukate: muskulatura zirkularren uzkurketak gorputzaren luzapena dakar (A), eta oster, muskulatura longitudinalaren uzkurketak gorputzaren laburpena (C). Gorputz-hormako muskulu zirkularrak muskulu longitudinalen kanpo-aldeak kokatuta egon ohi dira, zeren, animaliaren eraginkortasuna (luzapena edo peristalsia) gorputz-ehunen konpresioaren menpekoa baita, muskulatura longitudinalaren konpresioa barne. (Ruppert eta Barnes, 1994tik hartua).



Muskulatura zirkular eta longitudinalez gainera, animalia bilateralek beste hainbat eta hainbat muskulu espezializatu dauzkate; arruntenetariko batzuk ilustratu dira hemen. Muskulu dortsobentralek gorputzaren zapaldura eragiten dute, kasurako kitoietan (A) eta nemertinoetan (B). Gorputzaren zapalduak handitu egiten du substratua ukitzen duen azala, eta horrenbestez atxikitzea hobetzen du. Horrez gainera, nemertino eta izain batzuek igerian egiteko baliatzen dute zapaldura (B). Muskulatura longitudinal batek igeriketarako uhindura sor dezake, baldin eta gorputzeko alde bietako muskulu-azauak txandaka uzkurten badira, eta bai baldin eta badago egitura axial gogor bat gorputzaren laburpena ekidingo duena. Baldintza horietan, uzkurketak muskulu-azau dorsala eta bentralen artean txandakatzen badira, orduan uhindura bertikalak sortzen dira (B); txandakaketa azau lateralen artekoa denean, uhindura horizontalak sortzen dira, zefalokordatueta legez (C). Derrigorrezko egitura axiala notokorda da zefalokordatueta kasuan, eta nemertinoetan errinkozelea izan daiteke horretarako balio duena. Izanetan (D), bira-mugimenduak muskulatura helikoidal batek bideratzen ditu. (Ruppert eta Barnes, 1994tik hartua).



Animalia indusleek penetratio-angura bat ezar dezakete (A), atzerakada ekiditeko gorputza jalkinetan barrena bultzatzen duten bitartean. Behin eta gorputza jalkinetan sartuta, angura terminalak tiratu egingo du gorputzetik zuloan ondo egokitzeko (B). (Ruppert eta Barnes, 1994tik hartua).



Peristaltzia indusketa-modu nahikoa arrunt da, zeinean koordinatu egiten baitira penetratio-angura eta angura terminala. Indusketa peristaltiko bitartean, muskulatura longitudinal eta zirkularren txandakako uzkurketa-uhinak igarotzen dira gorputz-luzera osoan zehar. Irudian, muskulatura longitudinal eta zirkularren uhin oso bat adierazi da. (Ruppert eta Barnes, 1994tik hartua).

Soinadar bidezko mugimendua

Animalia-talde askotan mugimendua soinadar bidezkoa da. Esate baterako, poliketoetan **parapodioak** daude, gorputz-paretako luzakin lateralak direnak eta animalia mugitzen laguntzeko balio dutenak. Poliketoen lokomozioa gorputz osoaren mugimenduari esker gertatzen da, baina hobatu egiten da parapodioen bidez.

Ekinodermatuetan, **oin-hodiak** dira lokomoziorako soinadarrak.

Artropodoetan era askotako soinadarrak aurkituko ditugu. Oro har, gorputz-segmentu bakoitzean pare bat **apendize artikulatu** daukate. Apendizeak bentrolateralak daude kokatuta eta giltzarte-sorta batez osotuta daude, zeintzuk bai kopuruari begira eta bai luzerari ere desberdinak baitira. Artropodoetan ibiltze-mota asko aurkituko ditugu: batzuk ibiltariak izango dira, beste batzuk lasterkariak, edo igerilariak, zulakariak, jauzkariak, hegalaria...

Jakina, ornodun gehienak ere soinadarren bidez mugitzen dira.

8. Animalia biologia: ugalketa

Ugalketa da animalia-alearentzat beharrezkoa ez den ekintza fisiologiko bakarra. Izatez, ugal funtzioa izaten da eteten den lehenengo funtzioa animaliak estresatuta daudenean. Alearena barik espeziearen iraupena da, beraz, ugalketaren betetzekoa. Ugalketari esker, belaunaldi batetik hurrengora joanarazten da inguruneari buruz metaturiko informazioa, eta horrela erraztu egiten dira bai kumeen biziraupena eta bai, oro har, espeziearena ere.

Animalietan ugalketa-mota bi onartzen dira: **ugalketa sexuala** edo **gamikoa** eta **ugalketa asexuala** edo **agamikoa**.

UGALKETA SEXUALA

Dirudienez, ugalketa sexuala da primitiboena eta hedatuena Animalia erreinuan. Horrela izanik, eboluzioan zehar abantail osoa suertatu dela pentsa daiteke. Dena dela, ugalketa sexualak kostu energetiko oso handia dakar animaliaarentzat: gorteiurako energia behar da, bikotekidea erakartzeko egiturak garatu behar dira, bikotekidea aurkitzeak hilkortasun-emendioa ekar dezake, eta abar, eta abar. Beraz, ugalketa sexuala duten bizidunen ondorengoek irabazteko probabilitate gehiago dauzkate bizitzagatiko borrokan.

Ugalketa sexuala, alde batetik, prozesu kontserbakorra da, zeren eta gurasoen ezaugarri genetikoak ondorengoetara pasatzea ahalbidetzen baitu; baina, bestetik, prozesu berritzailea ere bada, zeren ondorengoaren biziraupena erraztu baitezake inguruneko baldintza-aldaketak gertatzean. Hau da, guraso bien konbinazio genetikoak ondorengoengan nolabaiteko aldaketa genetikoa sorrarazten duenez, aldaketa hori abantail osoa izan daiteke ingurune berrietako biziraupenerako, eta hortaz balio adaptatiboa dauka.

Ugalketa sexualaren prozesuan, organismoaren zelula berezi batzuek soilik hartzen dute parte zuzena; **gameto** deritze zelula horiei.

Ugalketa sexuala gertatu ahal izateko, urrats bi dira beharrezkoak: meiosi bidezko gametoen eraketa (**gametogenesisia**), eta gametoen fusioa (**kariogamia**) zigotoa eratzeke, **ernalketa** alegia.

Gameto biak gutxi gorabehera berdinak badira eta ez badute euren sexua bereiztea baimentzen, orduan **isogamia** delakoaz mintzatzen da, eta gametoei **isogameto** esaten zaie. Baina era horretako ugalketa protozooetan besterik ez da aurkitu. Ugalketa sexual tipikoa **anisogamikoa** izaten da; kasu honetan sexu bien gametoak desberdinak dira. Gameto arra edo **espermatozoidea** emea baino txikiagoa izaten da, eta **mikrogameto** esaten zaio. Gameto emea edo **obulua**, beraz, **makrogametoa** da, eta eratuko den enbrioarentzako janari-erreserbak (bite-loa) dauzka zitoplasman. Gameto emea esferiko eta higiezina izaten da. Aitzitik, espermatozoide tipikoa flageloduna eta zitoplasma gutxikoa izaten da. Izatez, metazoo guztien espermatozoideak oso antzekoak dira, eta hori metazoo guztien jatorri berberaren aldeko frogatzat jo izan da.

Espermatozoideak ekoizten dituzten aleak **arrak** dira, eta **emeak** obuluak ekoizten dituztenak. Oro har, zelula sexualak egitura edo organo berezi ba-tzuen barruan ekoizten dira. Organo horiei **gonada** esaten zaie, areago gonada arrei **barrabil** edo **testikulu** eta emeei **obario**. Oro har, ekoiztutako espermatozoide-kopurua obuluena baino askoz altuagoa izaten da.

Edozein metazooren zelula somatiko guztiak **diploideoak** dira, hau da, nukleoetan kromosoma-hornidura bikoitza dute ($2n$). Jakina, gametogenesisian zehar **meiosis** gertatzen da, eta ondorioz zelula sexualak **haploideoak** izaten dira, hau da, kromosoma-hornidura bakunekoak (n). Espermatozoidea eta obulua fusionatzen direnean, zigotoa eratuko da, eta berriro egoera diploideora iritsiko gara. Horrela aldakortasun genetiko handiagoa lortzen da, eta era berean dibertsitate handiagoa ere bai.

Gametoen fusioa gurasoen gorputzetatik kanpo gertatzen da primarioki. Horrela izanik, gurasoek gameto asko askatzen dituzte ingurunera, zeinek bere aldetik baina sinkronikoki, sexu desberdineko gametoen arteko topaketa-probabilitateak emendatzeko. Ernalketa-mota horri **kanpo-ernalketa** esaten zaio, eta oso hedatuta dago animalia morfologikoki primitiboenen artean.

Nolanahi, kanpo-ernalketak oso desabantaila handia dauka, hain zuzen, alferrik galduriko gametoen kopuru itzela. Galera hori minimizatzeko hainbat estrategia agertu dira eboluzioan zehar. Hasteko, gametoen arteko ukipen-probabilitateak emendatzea, gametoak modu sinkronizatuan askatuz eta elkarrengandik hurbil askatuz. Horrez gainera, norberaren espezieko bikotekidea ezagutzeko mekanismoak garatu ziren. Behin bikotekidea identifikatzea lortu eta gero, espermatozoideak transmititzeko mekanismo berri bi garatu ziren, gametoen galerak ekiditeko. Lehenengo mekanismoa **espermatoforoa** eratzea izan da, hots, **kapsula espermatikoa**. Espermatoforoa espermatozoidez beteta dago; arrak emeari transferituko dio eta berorrek obulutik hurbil kokatuko du. Bigarren mekanismoa, **barne-ernalketa** da, hau da, espermatozoideak ugal aparatu eme barruan sartzea modu zuzenean. Espermatoforo edo espermatozoideen transmisioari **kopula** esaten zaio; ukipena intimoa izaten da, eta segundo gutxi batzuetatik ordu batzuetara luza

daiteke espezieen arabera. Barne-ernalketa derrigorrezko betebeharra izan zen lur lehorra konkistatzeko.

A Gonokorismoa.	Populazioko banako guztiek, bietariko bat, hozi-zelula arrak ala hozi-zelula emeak ekoizten dituzte, eta horretarako dagozkien egiturak dauzkate.
B Hermafroditismoa.	Populazioko banako batzuek bai hozi-zelula arrak eta bai hozi-zelula emeak ekoizten dituzte, eta horretarako, bizitzako aldiren batean garatzen dituzte zeregin ar eta emeari loturiko egiturak eta guruin laguntzaileak. <i>Simultanea</i>. Helduaroan zehar, banakoek hozi-zelula arrak eta emeak ekoizten dituzte aldi berean. Gerta daiteke banako horiek gai izatea norberaren hozi-zelula arrak eman eta besteen hozi-zelula arrak jasotzeko (ernalketa gurutzatua), ala, oster, autoernaltzaileak izatea. <i>Sekuentziala</i>. Animalia indibidualek funtzio sexual bat beste funtzioaren hasiera baino lehenago erakusten dutenean. 1. Protandrikoa. Funtzio arrak garatuta daude eta aktiboak dira, funtzio sexual emeak abiarazi baino lehenago. Funtzio sexual emeak abiatu eta gero, funtzio arrak galdu egin daitezke, edo funtzio arrek eta emeek batera iraun dezakete (hermafroditismo simultanea). 2. Protoginikoa. Funtzio emeak garatuta daude eta aktiboak dira, funtzio sexual arrak abiarazi baino lehenago. Protoginikoa izan daiteke, eta bai protoginiko hermafroditismo simultaneorantz bideratua. 3. Sekuentzial txandakatua. Protoginiko edo protandrikoa bezala, baina osteko sexu-aldaketarekin.

Sexualitate-sistemak animalietan (Barnes *et al.*, 2001etik hartua).

Gametoen galera ekiditeko-edo beste estrategia berri bat agertu zen animalia batzuetan: **hermafroditismoa**, hain zuzen. Espezie batzuk, gehienak, **gonokoristikoak** edo **sexuz bereiziak** dira, hau da, ale jakin batek sexu bateko gametoak ekoizten ditu soilik. Aitzitik, beste espezie batzuk **hermafroditikoak** direla esaten da: ale bakoitzak gameto ar eta emeak ekoitzi ahal ditu. Edozelan ere, animalia hermafroditikoetan gameto ar eta emeak ez ohi dira aldi berean heltzen, autoernalketa ekidinez. Oro har, lehenago testikuluak heltzen dira, hau da, **proterandria** gertatzen da; **proteroginia** urriagoa da. Hermafroditismo bidez gametoen galera ekiditen da ere, zeren espezie hermafroditiko baten aleen arteko edozein topaketak ernalketa arrakastatsua sor baitezake. Izatez, animalia hermafroditikoak espezie sesilen eta parasitikoaren artean nahikoa arruntak dira, eta bai populazio-aleen kopurua baxua denean ere. Dena dela, animalia hermafroditikoek gonokoristikoek baino energia-kopuru handiagoa inbertitu behar dute ugalketan, zeren, sexu bietako gametoak ekoizteko, horretarako beharrezkoa den makineria guztia mantendu behar baitute.

Phyluma	Klasea	Oharrak
Porifera		Belakiak nagusiki hermafroditikoak dira, nahiz gonokoristikoak ere badauden; askok, gainera, gemula deritzen zatiki asexualak ekoizten dituzte.
Mesozoa		Animalia hermafroditiko autoernaltzaileak dira, be-launaldi sexual eta asexualen txandaketa aurkezten dutelarik.
Cnidaria		Nagusiki gonokoristikoak; sarritan fisio bidezko ugalketa asexuala dute. Batzutan bizi-ziklo konplexua dago, gametoak ekoizten dituzten marmoka pelagikoak eta asexualki ugaltzen diren hidroide bentikoak txandakatu.
Ctenophora		Hermafroditiko simultaneoak, ziur aski autoernalketa gabekoak.
Platyhelminthes	Turbellaria Monogenea	Hermafroditiko simultaneoak, ziur aski ernalketa gurutzatadunak. Sarritan fisio bidezko ugalketa asexuala. Zenbaitetan ugalketa sexuala ezezaguna da.
	Trematoda	Hermafroditiko simultaneoak, ziur aski ernalketa gurutzatuarekin hainbat infestaziotan. Noizik behinka autoernalketa. Talde honetan gonokorisorantzko joera sekundarioa behatu da, batzutan dimorfismo sexualeraino iritsiz (Schistosomatidae fami-lian). Larba-aldi desberdinek ugalketa asexuala erakusten dute sarri, fisio anizkoitzaz.
	Cestoda	Hermafroditiko simultaneoak, eskuarki autoernalketadunak. Genero gonokoristiko bat.
Gnathostomula		Hermafroditikoa simultaneoak.
Nemertea		Ia guztiak gonokoristikoak; noizik behinka hermafroditikoak ur gezatan.
Mollusca	Chaetodermomorpha Monoplacophora Polyplacophora Scaphopoda	Guztiak gonokoristikoak.
	Gastropoda	Izaera sexuala aldakorra oso. Prosobranchia: nagusiki gonokoristikoak, baina askotan hermafroditiko sekuentzial proterandrikoak. Opisthobranchia: nagusiki hermafroditiko simultaneoak; ernalketa gurutzatua. Pulmonata: guztiak hermafroditiko simultaneoak, ernalketa gurutzatadunak; espezie bakan batzuetan autoernalketa behatu da.
	Neomeniomorpha	Hermafroditikoak.
	Bivalvia	Gehienak gonokoristikoak; zenbaitzuk hermafroditiko proterandrikoak dira, ur gezetakoak adibidez; <i>Ostrea edulis</i> ostrak hermafroditismo sekuentzial txandakatua du, proterandrikoa hasieran.

Sexualitatearen izaera animali taldeetan (gehienbat Barnes *et al.*, 2001etik hartua).

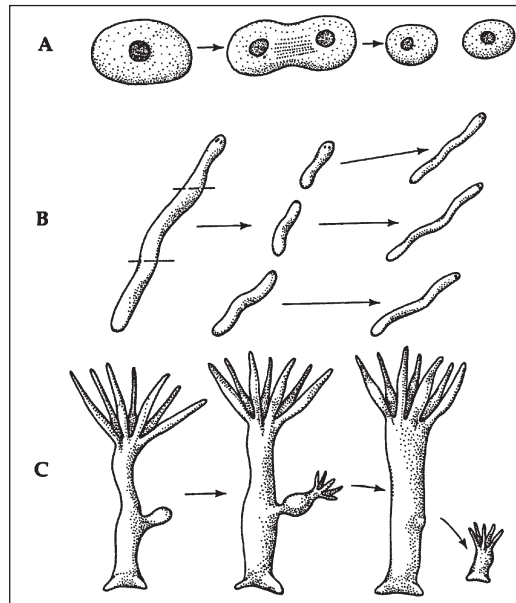
<i>Phyluma</i>	Klasea	Oharrak
	Cephalopoda	Gonokoristikoak.
Rifera	Bdelloidea	Partenogenetiko hertsia, arrak ezezagun.
	Monogonata	Partenogenesi ziklikoa, fase sexualean gonokoristikoak dira, arrak nanoak direlarik.
	Seisonidea	Gonokoristikoak.
Kinorhyncha		Gonokoristikoak.
Acanthocephala		Gonokoristikoak.
Loricifera		Gonokoristikoak.
Nematomorpha		Gonokoristikoak.
Nematoda		Nagusiki gonokoristikoak; zenbait nematodo lurta- rretan hermafroditismo proterandrikoa eta aurtornal- keta behatu dira eta beste batzuetan partenogenesisia.
Priapula		Gonokoristikoak.
Sipuncula		Nagusiki gonokoristikoak.
Echiura		Gonokoristikoak; batzuetan ar nanoak daude.
Annelida	Polychaeta	Normalki gonokoristikoak, batzuetan hermafroditiko sekuentzial proterandrikoak, noizik behinka simulta- neoak. Zenbait espezetan fisio bidezko ugalketa ase- xuala.
	Clitellata	Beti hermafroditiko simultaneo ernalketa gurutzatu- dunak.
Pogonophora		Gonokoristikoak.
Phorona		Hermafroditiko simultaneoak dira; fisiozko ugalketa asexuala ere behatu da.
Bryozoa		Ur gezetako espezie guztiak eta itsastar gehienak her- mafroditiko simultaneoak dira, proterandriaranzko joera sarria delarik. Espezie gonokoristikoetan, sexu bereko edo sexu bietako zooidez osaturik egon daiteke kolonia.
Brachiopoda		Nagusiki gonokoristikoak, noizik behinka hermafroditi- koak.
Entoprocta		Batez ere hermafroditiko simultaneo edo suzesiboak; badira espezie gonokoristikoak ere.
Hemichordata		Gonokoristikoak; ugalketa asexuala ere behatu da.
Echinodermata	Echinoidea Holothuroidea Crinoideadira.	Gonokoristikoak Holoturoideo bakan batzuk hermafro- ditiko proterandrikoak.
	Asteroidea Ophiuroidea	Nagusiki gonokoristikoak, noizkik behinka hermafrodi- tiko simultaneoak edo proterandrikoak. Zenbaitzutan fisio bidezko ugalketa asexuala.
Chordata	Urochordata	Hermafroditiko simultaneoak, sarritan fisio bidezko ugalketa asexuala.
	Cephalochordata	Gonokoristikoak.

<i>Phyluma</i>	Klasea	Oharrak
	Vertebrata	Nagusiki gonokoristikoak. Agnatha: gonokoristikoak. Chondrichthyes: gonokoristikoak. Osteichthyes: nagusiki gonokoristikoak, baina baita ere hermafroditiko proterandriko (<i>Sparus auratus</i> urraburua, adibidez), proteroginiko (<i>Pagellus erythrinus</i> lamotea, adibidez) eta simultaneoak (Serranidae familia); azken kasuan autogamia behatu da. Amphibia: gonokoristikoak; hala ere, determinazio sexuala sistema guztiz labil baten menpean dago, eta kanpo-baldintzek ale baten sexu-aldaketa deskatea dezakete. Bufnidae familiako arrek obario errudimentarioa dute (Bidder organoa alegia), zeina funtzional bihur daiteke. Reptilia: gonokoristikoak; Lacerta eta Nemidochorus generoetan partenogenesia behatu da. Aves: gonokoristikoak. Mammalia: gonokoristikoak.
Crustacea	Branchipoda	Gonokoristikoak, baina partenogenesi maizekin; batzuetan arrak ezezagunak.
	Ostracoda	
	Copepoda	Gonokoristikoak.
	Cirripedia	Zirripedio torazikoak normalki hermafroditiko funtzionalak dira, baina badaude espezie gonokoristikoak, ar nanoak aurkezten dituztenak. Gainerako zirripedioak gonokoristikoak dira, ar nanodunak.
	Malacostraca	Normalki gonokoristikoak, baina, ez dira arraroak izaten hermafroditiko sekuentzial proterandrikoak.
Chelicerata		Gonokoristikoak.
Pycnogonida		Gonokoristikoak.
Onychophora		Gonokoristikoak.
Tardigrada		Gonokoristikoak.
Pentastoma		Gonokoristikoak.
Uniramia		Intsektu eta miriapodoak gonokoristikoak dira. Dena den, badaude zenbaitzuk partenogenesia erakusten dutenak; partenogenesi arrenotokoa (kume partenogenetikoak soilik arrak direnean, erleen kasuan, adibidez), partenogenesi telitokoa (soilik emeak direnean; fasmidoetan) eta partenogenesi anfitokoa (sexu bietako kumeak egiten direnean).
Chaetognatha		Hermafroditikoak, autoernalketa edo ernalketa gurutzatua eduki dezaketelarik.

Azkenik, gametoen galera minimizatzeko nolabait ondorengoa zaintzeko mekanismoak garatu ziren animalia batzuetan.

UGALKETA ASEXUALA

Kasu honetan, ale berriak gurasoen zelula somatikoetatik sortzen dira, hau da, mutaziorik-eta baldin ez badago, klonikoak dira, zeren ondorengoaren hornidura genetikoa gurasoarena berbera baita. Ugalketa asexualaren barnean hainbat fenomeno aipatu ohi dira. Ugalketa asexuala, gehienbat, baldintzak oszilakorrak diren inguruneetan agertzen da. Metazooetan, ugalketa asexualaren motak hurrengoak dira:



Sexualitate-sistemak animalietan (Barnes *et al.*, 2001etik hartua).

Fisioa: gurasoaren gorputzean zatiketa gertatzen denean. Fisioa oso arrunta da *phylum* primitiboenetan (porifero, knidario, platihelminte, nemertino, anelido eta ekinodermatuetan) eta ez da ezaguna molusku, artropodo eta kordatuen artean. Zer esanik ez, fisioa gertatu eta gero, erregenerazioa behar da aleak osotzeko.

Gemazioa edo zihilketa: gurasoaren gorputzeko atal jakin batzuetatik ale berriak eratzen direnean. Ugalketa-mota hau knidario, briozoo eta tunikatuetan aurkitu da. Gemazioaren bidez, **koloniak** era daitezke. Koloniak espezie bateko aleen multzoak dira, betiko lotuta daudenak. Koloniaren jatorria asexuala da beti eta ale bakoitzari **zooide** esaten zaio. Kolonia eratzen duten aleak ez daude guztiz bananduta, baizik eta beraien gorputzen luzakinen bidez edo jariatzen duten materialaren bidez lotuta daude. Koloniak eratzeak onura batzuk dakartzkio animaliari; hasteko, tamaina funtzionala asko emendatzen da, eta horrekin batera, elikadura-efizientzia emendatzen da, janari-maneia erraztu, eta kolonia barruko aleen espezializazioa bideratu.

Polienbrionia: garapeneko lehenengo faseetan zigotoa zatitzen denean, biki unibitelinoak sortuz. Esate baterako, ugaztunetan agertzen da.

PARTENOGENESIA

Partenogenesi izendapen barruan oso jatorri desberdineko fenomeno ugaltzaileak bildu dira, den-denek hurrengo erakusten dutelarik, alegia, animalia berri baten eraketa baina ernalketarik gabe prozesuaren abiapuntuan. Ugal estrategia hau nahikotxo zabaldua dago ornogabeen artean, eta, halaber, zenbait kasu ezagutzen dira ornodunen munduan. Ernalketarik ez dagoenez, partenogenesi kasuetan ez da kopularik edo bestelako fenomeno sexualik agertzen, eta hori dela-eta, partenogenesia ugalketa-mota asexualtzat jotzen da sarri askotan. Hala ere, kontu honek azalpen zehatzagoa behar du; izan ere, kontzeptualki partenogenesi-mota batzuk asexualak diren arren, beste zenbaitzuk ugalketa sexualaren alorrekoak dira. Hau da, fenomeno oso nahasgarriak beha daitezke partenogenesi izenaz definituriko horretan. Ikus dezagun.

Kasu batzuetan ale berria gameto eme ernaldubako batetik abiatzen da. **Partenogenesi haploideo** esaten zaio berorri; sexualtzat joko dugu, zeren, ernalketarik egon ez arren, arrautza meiosis jasan duen zelula sexual bat izaten baita, hau da, informazio genetikoaren aldaketa dago gurasoetatik ondorengoetara. Nolanahi, partenogenesi haploidea izendatzeko, partenogenesi miktiko eta partenogenesi gamofasiko terminoak ere erabiltzen dira. Errotifero batzuetan, akaro eta himenopteroetan aurkitu dira partenogenesi-mota honen adibideak.

Bestalde, partenogenesi diploideoan gametogenesi-prozesua ez da guztiz osatzen, hau da, oogenesis meiosisik gabekoa da, eta beraz, arrautza horietatik garatuko diren kumeak genetikoki amaren identikoak izango dira eta bai elkarren artean ere. Jakina, meiosisik gertatu ez denez ugalketa asexualaren esparrukoa litzateke partenogenesi-mota hau, batzuetan partenogenesi zigofasiko eta partenogenesi amiktiko izenez aipatzen delarik. Arrunta da emeen populazioetan (krustazeo kladozero eta ostrakodoetan, errotifero, nematodo, intsektu koleoptero eta afidoetan eta narrasti batzuetan).

Aurrekoari lotuta, baina beste ikuspegi batetik abiatuta, hiru partenogenesi-mota dauzkagu ondorengo partenogenetikoaren sexuaren arabera: partenogenesi **arrenotokoa**, kume partenogenetikoak ar direnean (himenopteroak); partenogenesi **telitokoa**, kume partenogenetikoak eme direnean (ur-arkakusoak eta errotiferoak), eta partenogenesi **anfitokoa** edo **deuterotokoa**, kume arrak eta emeak agertzen direnean (ekinodermatu eta arkianelido batzuetan). Esan gabe doa, pasarte honetan adierazitako motak aurreko pasarteetan azaldutakoarekin gainjartzen da, adibidez esango dugu erlamandoen partenogenesia arrenotokoa dela eta bai, aldi berean, haploidea, meiosis jasan duten obuluetatik abiatua baita; erle langileak ez dira partenogenetikoak.

Partenogenesi **geografikoa** aipatu behar da ere. Kasu honetan, espezie baten populazio batzuk bisexualak dira, baina beste batzuetan arren frekuentzia urrituz doa populazioa guztiz partenogenetiko bihurtu arte. Artropodoetan ematen da batik bat.

Aipatu dugunez, partenogenesisia fenomeno nahasi eta polifiletikoa izateaz gainera nahikoa hedatua da hainbat animalia taldetan, eta, beraz, azaldu nahi izan da agerpen-maila horrek eduki dezakeen abantaila ebolutiboaz. Alde horretatik, oso fluktuazio bortitzak dituzten habitatekin duen kidetasuna aipatu da sarritan, esate baterako, ur gezetako hainbat animalia taldek erakusten dute partenogenesisia. Horrela izanik, partenogenesiak bidea eskaintzen du baldintza faboragarrietako tarteetan populazioak azkar handitu eta baliagaiak ustiatzeko; hainbat belaunaldi partenogenetikoren ostean ingurune-baldintzak okertzean espezieek berririo jotzen dute ernalketa bidezko ugalketara, eta, horrenbestez, partenogenesiaren agerpen ziklikoaz mintza daiteke. Fenomeno honek ondorio ekologikoak ez ezik, ebolutiboak ere baditu, zeren informazio genetikoaren aldaezintasuna baitakar zikloaren parte batean, ondo moldaturiko aleen aldakortasuna ekidinez, baina, aldakortasunari ateak erabat itxi gabe fase sexualetan.

METAGENESIA

Ugalketa-motekin amaitzeko, beste ugal estrategia bat aipatu behar da. Belaunaldi sexualak belaunaldi asexualekin txandakatzean datza; **metagenesia** deritzo. Landare erreinuan oso fenomeno arrunta eta hedatua den bitartean, animalien artean knidarioetan behatu da. Baina landareetan fase haploideo eta diploideoak txandakatzen diren bitartean, animalietan fase diploideoak besterik ez dira agertzen. Belaunaldi batek, polipoak, marmokak sortuko ditu asexualki, eta marmokak, polipoak sexualki. Zer esanik ez, oinarritzko patroia honen gainean hainbat eta hainbat salbuespen garatu dira, knidarioen bizi-zikloen eraniztasuna asko zabalduz.

UGAL APARATUAK

Belakietan ez dago ugal aparatu morfologikoki diferentziaturik, eta meiosisia mesohiloan gertatzen da, obulu ameboideoak edo espermatozoide flagelodunak eratuz. Era berean, knidario eta ktenoforetan ere ez dago benetako gonadarik, ehun proliferatiboa baino.

Izan ere, ugal aparatuen jatorria mesodermoan dago, hau da, maila triploblastikoraino ez da ugalketarako organo berezirik eratu. Ugal aparatuetan zenbait osagai aurkituko ditugu. Hasteko, **gonadak** dauzkagu (**obarioak** eta **testikulu** edo **barrabilak**). Gonadek epitelio germinatiboa daukate, gametoak ekoizten dituenak. Obario barruan, obuluak zelula folikularrez inguratuta daude. Zelula horiek elikagaiez hornitzen dute obulua, bitelo modura. Animalia gehienek pare bat gonada daukate, baina, batzuetan gonada bakarra edo gonada asko ager daitezke. Gona-

dez gain, ugal aparatuetan **gonoduktuak** dauzkagu. Gonoduktuek gametoak kanporatzen dituzte; testikuluetatik irteten badira **espermiduktu** deritze, eta **obiduktu** obarioetatik irteten badira. Oro har, animalia bakoitzean pare bat gonoduktu daude, zeren, nahiz eta gonada bi baino gehiago egon, bakoitzetik gonoduktu nagusi batera doan duktu txiki bat ateratzen baita. Gonoduktuen bidean egitura laguntzaile batzuk egon daitezke. Horrela, espermiduktuetan **semen-besikulak** egoten dira, zeintzuetan esperma biltzen baita kanporatu baino lehen. **Guruin prostatikoak** ere egon daitezke; hauek likido espermatozooiden ekoizten dituzte, espermatozooiden batera **semena** (hazia) eratzen dutelarik. Animalia askok, espermiduktuak amaitzen diren lekuan edo inguruan **organo kopulatzaileak** dauzkate. Espermiduktuak organo kopulatzaile osoa zeharkatzen badu, azken horri **zakila** esaten zaio. Modu berean, obiduktuetan **semen-besikulak** egon daitezke, eta bertan espermatozoideak gordetzen dira kopula ostean eta ernalketa baino lehen. Halaber, **bitelo-guruinak**, **guruin kalkareoak** eta beste guruin-mota batzuk ager daitezke, zeintzuen zeregina zigotoa babestu eta elikatzea baita. Kanpora ireki baino lehen, obiduktua zabaldu egin daiteke **utero** izeneko kamera eratuz. Hain zuzen, uteroan gertatzen da zigotoaren garapen enbrionarioa. Emeak barne-ernalketa badauka, obiduktuaren amaieran **bagina** dauka, arraren organo kopulatzailea jasotzeko egokituta dagoena.

Gonoduktuak **gonoporoen** bidez irekitzen dira kanpora. Batzuetan, beste duktu batzuekin lotzen dira, esate baterako hestearekin eta hodi eskretatzailearekin, **kloaka** izeneko ganbara komuna eratuz. Beste batzuetan, hodi eskretatzaileekin lotzen dira, **poro urogenital** komun baten bidez irekiz. Animalia hermafroditikoek, batzuetan, gonoporo bi edukitzen dituzte, bata gonada arrarentzat eta bestea emearentzat, eta beste batzuetan gonoporo bakarra, bai gonada biek gonoporo komuna dutelako edo bai gonada hermafroditiko bakarra dagoelako.

Barne-ernalketa duten animalietan, espermatozoideak arraren gonopоротik emearen obiduktura transferitzen dira zelan edo halan (kopulaz zein espermatoroz), eta bertan gertatzen da obuluaren ernalketa.

Animalia azelomatu eta pseudozelomatueta, gonoduktuak gonadekin estekatzen dira zuzenean. Aitzitik, animalia zelomatueta gonoduktuak zelomara irekitzen dira, **gonostoma** izeneko inbutu-antzeko egituraren bidez. Gonadek zelomara askatzen dituzte gametoak, eta zelomatik gonoduktuetara pasatzen dira aipatutako gonostomen bidez. Horrela delarik, gonoduktuak metanefridioen antzekoak dira. Izatez, zenbait animalia zelomatuk ez daukate gonodukturik, eta metanefridioek eurek betetzen dituzte aldi berean funtzio eskretatzailea eta ugaltzailea. Beste animalia batzuetan, gonoduktuak eta nefridioak duktu bera konpartitzen dute, irekigune bera erabiliz; horrela itxuratutako egiturari **nefromixio** esaten zaio.

UGALKETAREN ETOLOGIA: ENBRIOIAREN BABESA ETA UGAL ZIKLOAK

Ornogabe gehienek, eta bai ornodun askok ere, ingurunean erruten dituzte beraien arrautzak, bertan gara daitezten. Animalia horiei **obiparo** esaten zaie. Horrelakoetan ernalketa kanpoko edo barrukoa izan daiteke. Beste animalia batzuetan gorputz barruan garatzen dira arrautzak, oro har obiduktuan; enbrioia hazten den bitartean, elikagaiak arrautzaren bitelotik jasotzen ditu. Animalia horiei **obobibiparo** esaten zaie. Obobibiparismoa ornogabe-talde batzuetan behatu da: anelido, brakiopodo, intsektu eta molusku gastropodoetan, eta arrunta da ere zenbait arrain eta narrastitan. Azken posibilitatea **bibiparismoa** da. Animalia bibiparoetan, arrautza obiduktu edo utero barruan garatzen da, baina, elikagaia amarengandik zuzenean jasotzen du enbrioia. Bibiparismoa ohikoa da ugaztun gehienetan eta elasmobrancio (arrain kondrictio) batzuetan, eta ezaguna da anfibio, narrasti eta ornogabe batzuetan (kasurako eskorpioietan). Bai obobibiparismoan eta bai bibiparismoan ere derrigorrezkoa da barne-ernalketa, eta jaiotzen diren kumeak nahikoa garatuta egoten dira.

Ugal aldia behin gertatzen da bizitza osoan

Izena: Semelparitatea/monotelia

Adjektiboa: Semelparoa/monotelikoa

- Izatez, sinonimoak dira termino biak; monotelia anelidoen biologoek erabiltzen dute batez ere.
- Intsektu guztiak dira multzo honetakoak; euron bizi-zikloak honelaxe karakterizatzen dira:

Uniboltinoa belaunaldi bat urteko, hau da, urterokoak dira

Multiboltinoa hainbat belaunaldi urteko

Biboltinoa bi belaunaldi urteko

Semiboltinoa belaunaldi bat bigarren urte bakoitzeko

Ugal aldia hainbatetan gertatzen da bizitza osoan

Izena: Iteroparitatea/politelia

Adjektiboa: Iteroparoa/politelikoa

Urteroko iteroparitatea (politelia): Ugal aldia episodio diskretuetan gertatzen da, eta alditik aldira normalean urtebeteko tarteak egon ohi dira.

Iteroparitate jarraia (politelia): Ugalaldiak etenik gabe irauten du denboraldi luze batean. Bizitza osoa urtebetekoa edo laburragoa denean, iteroparitate jarraitua eta semelparitate uniboltinoa ezin dira elkarrengandik bereizi.

Ugal patroien sailkapenerako sistemak (Barnes *et al.*, 2001etik hartua).

Ugalketa asexuala urteko edozein sasoi faboragarritan gerta daiteke, baina ugalketa sexuala urte-sasoi jakin batzuei lotuta agertzen da. Sasoi horiei **kumatze-garai** deritze, eta gehienetan udaberrian edo udazkenean izaten dira. Udaberrian kumatzen diren animalietan (arrain, hegazti eta ugaztun gehienak), kumeak udaberrian bertan edo udan jaiotzen dira, baina, oster, udazkenean kumatzen diren animalietan (kasurako ardiak eta oreinak) kumeak hurrengo udaberrian munduratu dira. Zenbait animaliak kumatze-garai bi dauzkate urtero, eta beste batzuek bi baino gehiago.

Kumatze-garaia iraupena oso aldakorra da. Horrela, poliketo eta ornogabe itsastar askotan egun batekoa da. Beste muturrean, tximino eta gizakian urte osokoa da.

Kumatze-garaia abiarazten duen kinada kanpo-ingurunetik etortzen da normalean. Zentzu honetan, bai argiak eta bai tenperaturak izugarritzko garrantzia daukate. Esate baterako, udaberrian kumatzen diren animalietan, tenperatura-emendio graduala eta batik bat argi-orduen eguneko emendioa dira kumatze-portaera desarrazten dutenak. Udazkenean tenperatura-jaitiera eta egunen laburpena dira kumatzea hasteko estimulua. Batzuetan, kumatze-garaia eta kopulazioa hasteko, kinada biologiko edo psikosomatiko batzuk behar dira. Esate baterako, arratoi emeen araldia determinatzen duen faktorea arren usaina da. Arrain eta hegazti askok gortei-erritual instintuzko eta korapilotsuak egiten dituzte; kasu hauetan, ikusmen-efektua da kopulazioa hasteko estimulua.

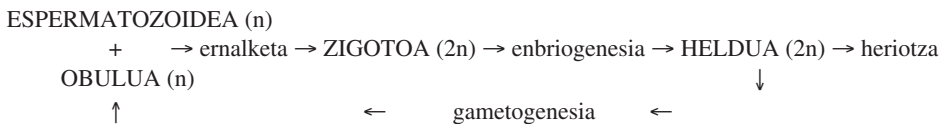
Kumatze-garaian, arrek espermatozoideak etengabeki ekoizten dituzten bitartean, emeek ez dute etengabeki erruten. Hau da, errutaldi bakoitzerako obulokopuru jakin bat heltzen da. Oro har, kumatze-garai bakoitzean errutaldi bat besterik ez dago. Ugaztunetan, obulu-heltzearen garaia **estru-ziklo** deritzo. Araldian estru-ziklo bat edo gehiago egon daiteke. Lehenengo kasuaren adibidea txakurra da, eta bigarrenarena zaldia. Edozelan ere, obuluak ernaltzen badira, hurrengo araldi arte ez da obulazio gehiagorik gertatuko.

9. Animalien bizi-zikloak.

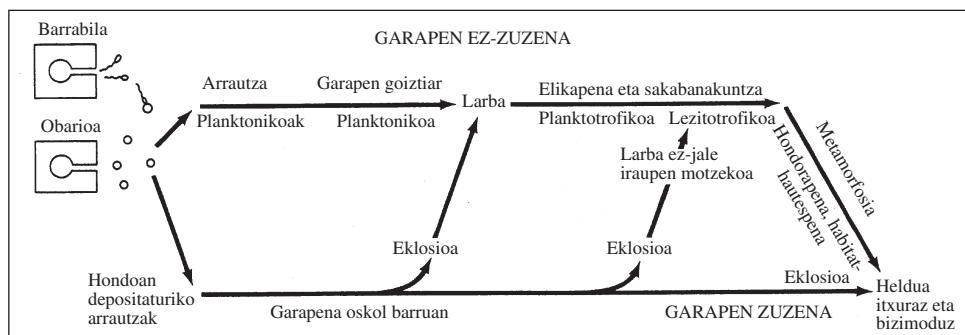
Larba eta gazte kontzeptuak

Animalien eraniztasuna hain handia denez, era askotakoak izaten dira ere aurkeztu dituzten ziklo biologikoak. Dena den, hemen bizi-ziklo orokor bakarra zirriborratzen ahaleginduko gara, eta existitzen direnen artean primitiboenak zeintzuk diren aztertzen saiatuko gara.

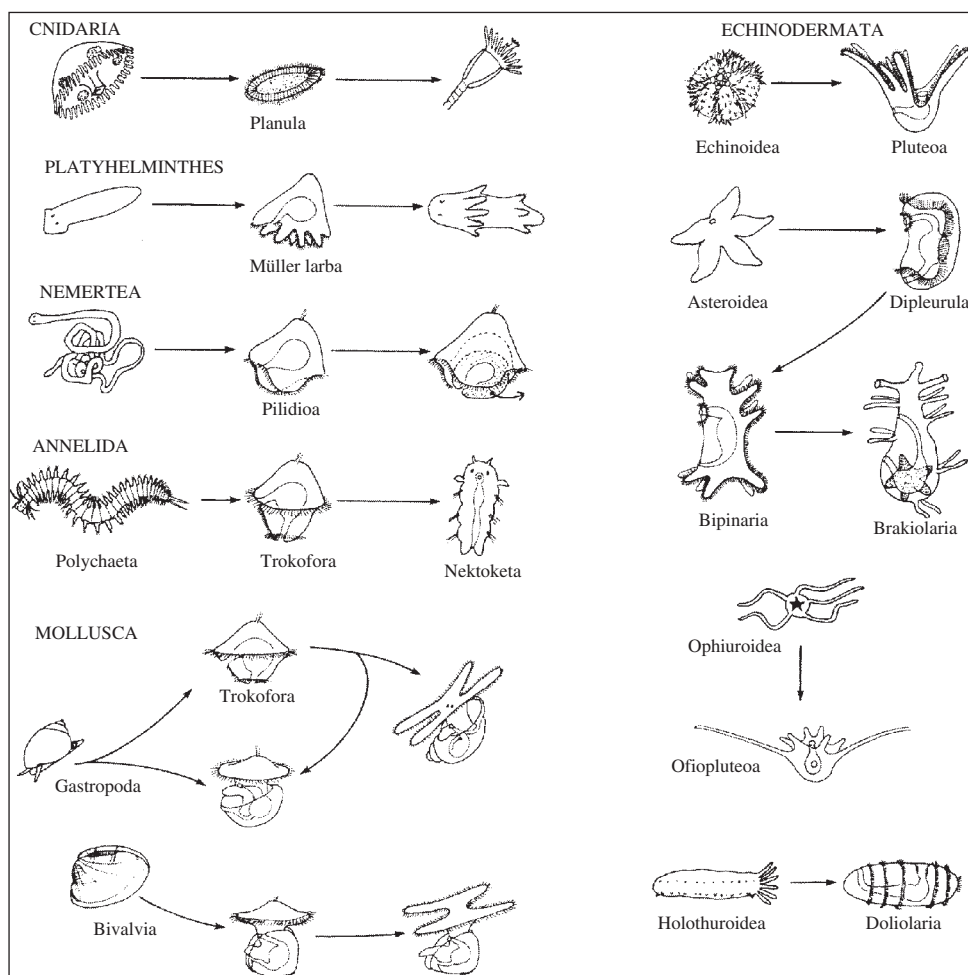
Metazooen bizi-zikloa diploidea izaten da, zeren, meiosis gametogenezia batekin batera denez, gametoarena izaten baita egoera haploidea bakarra. Ernalaketaren bidez berreskuratzen da egoera diploidea:



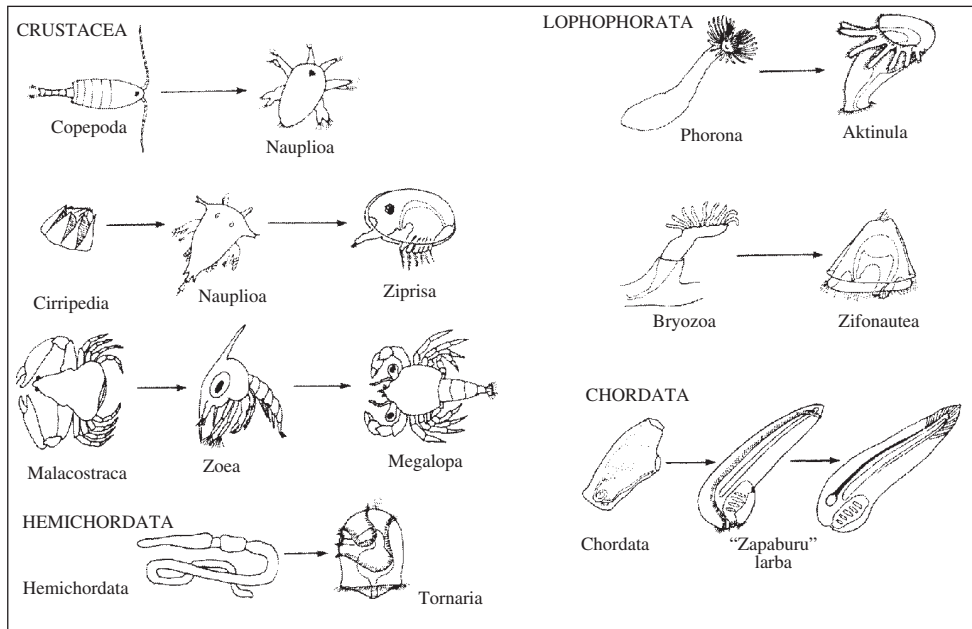
Oro har, edozein animalia bizi-zikloan lau aldi aurki daitezke: enbrioi-aldi, larba-aldi, gazte-aldi eta heldu-aldi. Fase guztiak erakusten dituen zikloari **ziklo ez-zuzen** esaten zaio, eta larba falta denean **ziklo zuzenaz** egingo dugu berba. **Enbrioi-aldia** zigotoaren zatiketa zelularrean hasten da eta jaiotzean amaitzen. **Larba-aldia**, aipatu dugunez, ziklo ez-zuzenetan besterik ez da agertzen. Larba, libreki bizitzeko moldatutako “enbrioi” da. Larba-aldia metamorfosiarekin amaitzen da; metamorfosiaren bidez larbaren gorputz-morfologia erabat aldatzen da (larbak, morfologiaz gain, fisiologiaz, ekologiaz eta abarrez desberdintzen dira helduekiko). **Gazte-aldia**, ziklo ez-zuzenean metamorfosi-amaierarekin hasten da, eta ziklo zuzenean jaiotzarekin. Fase hau hazkunde-fasea da, zeren ale gaztea heldu miniaturizatu bat besterik ez baita. Azkenik, **heldu-aldia** organo guztiak desberdinduta daudenean hasten da; praktikoki ugalketarako ahalmenarekin hasten da. Fase hau alearen heriotzarekin bukatuko da.



Animalien bizi-zikloen patroiak (Ruppert eta Barnes, 1994tik hartua).



Itsas ornogabeen bizi-zikloak: helduak eta larba nagusiak adierazi dira (Barnes *et al.*, 2001etik hartua).



Jägersten-en ustez (1972), egoera primitiboenean, metazooen gametoak itsasora askatzen dira eta ernalketa itsaso zabalean gertatzen da, hots, kanpo-ernalketa. Garapena progenitoreekiko askatasun osoz hasiko da; beraz, enbrioak inguruneari aurre egin beharko dio janariak-eta lortzeko, hasieran ia bitelarik ez bide zuen-eta (arrautza oligolezitikoa edo alezitikoa). Beraz, enbrioak elikagaiak lortzeko egitura berezi batzuk beharko ditu, esate baterako iragazteko xingola ziliodunak. Gainera, enbrioia ingurune pelagikoan biziko denez, beste egitura berezi batzuk garatu beharko ditu, kasurako flotazio-aparatuak eta muskulatura larbarioa, benetako mesodermoa garatu aurretik. Ingurune pelagikora moldatuta dagoen enbrio primitibo hori **larba primarioa** da, zeinak bere ingurunean arrakastaz bizitzeko ezaugarri adaptatibo batzuk lortu baititu, elikadura eta defentsarako.

Larba primarioen egoerarik primitiboena, elikadurari dagokiola, **planktofagia** edo **planktotrofia** deritzona da; hau da, larba plaktonez elikatzen da, mikroiragazketa bidez oro har. Baina, egoera eboluzionatuagoetan, enbrioak daraman bitelo-kantitatea emendatuz joango da. Horrela, bada, lehenengo uneetan larbak ez du ingurunetik janaria lortu behar. Orduan **larba bitelofagoa** edo **lezitotrofoa** dela esaten da. Noski, planktotrofiatik lezitotrofiarako bidea graduala da, alegia, gradiente bat dago, eta, izare, urrats guztiak beha daitezke gaurko animalien artean, ez soilik egoera bien muturrak.

Lezitetotrofia osoa lortzen denean, larba primarioa galdu egin daiteke. Orduan enbrioia babestuta garatuko da, **arrrautza kleidoiko** deritzonaren barruan. Animalia arrautza horretatik jaioko da, eta heldu bihurtzeko hazi egin beharko du soilik. Zikloa, orduan, **ziklo zuzen primarioa** da (anelido batzuetan, zefalopodoetan).

Behin ziklo zuzena agertu eta gero, animalia-talde gehienetan bizi-ziklo hori ez da modifikatu. Baina, kasu batzuetan (hain zuzen intsektu eta anfibioetan) beste urrats bat eman da. Horrelakoetan, biteloz joria den arrautzatik jaiotako izakia heldutik bereiz daiteke txoko ekologiko desberdina betetzearren, desberdintzapen fisiologiko, morfologiko, ekologiko, eta abar agerturik. Esate baterako, intsektuen kasuan, gaztea elikadura eta hazkunderako espezializa daiteke, eta, bien bitartean, heldua ugalketa eta sakabanakuntzaz arduratuko da. Hasierako desberdintasun funtzionala desberdintasun morfologiko bihurtuko da, eta, beraz, beharrezkoa izango da **metamorfosia** gertatzea gaztea heldu bihurtzeko. Helduekiko desberdin diren izaki horiei **larba sekundario** izena egokitu zaie. Ikus daitekeenez, zikloa ez-zuzen egin da berriro, eta oraingo honetan **ziklo ez-zuzen sekundario** terminoaz izendatzen da.

Azkenik, larba sekundario hori ere desagertu daiteke, **ziklo zuzen sekundarioa** pasatuz. Kasu hau soilik ornodunetan (narrasti, hegazti eta ugaztunetan) aurkitu da, ingurune lurtarrera pasatzean zapaburu larba sekundarioa galdu denean, maila amniotikoa lortuz.

Laburbilduz, metazooen ziklo biologikoen eboluzioa horrelakoa izan da oro har:

1. *Ziklo ez-zuzen primarioa*: ontogenian larba primarioa agertu da, eta beraz metamorfosia egin behar da (adibideak: belakiak, knidarioak, turbelarioak, poliketoak, molusku gastropodo eta bibalbioak, krustazeoak, ekinodermatuak...)
2. *Ziklo zuzen primarioa*: larba primarioa ezabatu egin da (anelido batzuk, zefalopodoak).
3. *Ziklo ez-zuzen sekundarioa*: larba sekundarioa agertu da, eta, beraz, metamorfosia jasan behar da (platihelminthe bizkarroiak, intsektuak, anfibioak).
4. *Ziklo zuzen sekundarioa*: larba sekundarioa galdu egin da (narrastiak, hegaztiak, ugaztunak).

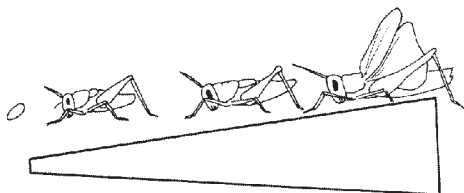
Eta laburtuz ere, hona hemen larba primarioen eta sekundarioen arteko desberdintasun batzuk:

1. Jubenileek eta helduek antzeko janari-iturria ustiatzen dute:

Jubenileen zereginak: garapena eta diferentziazioa, baliagaiak eskuratzea.

Helduen zereginak: baliagaiak eskuratzea, sakabanakuntza eta baliagaien bilaketa, parekamendua eta obiposizioa.

Adibidez, ortopteroak (otiak eta matxinsaltoak).



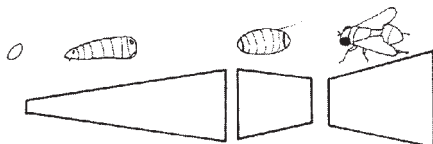
2. Jubenileek eta helduek janari-iturri desberdina ustiatzen dute:

Jubenileen zereginak: garapena eta baliagaiak eskuratzea.

Pupen zereginak: diferentziazioa eta garapena.

Helduen zereginak: baliagaiak eskuratzea, baliagaien bilaketa, parekamendua, eta kumeentzako leku-hautespena.

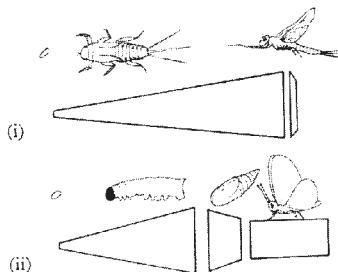
Adibidez, haragi-euliak eta beste diptero batzuk.



3. Helduak efimeroak dira eta ez dute baliagaiak eskuratu beharrik.

Jubenileen zereginak: garapena eta baliagaiak eskuratzea.

Helduen zereginak: parekamendua, baliagaien bilaketa eta sakabanakuntza.



- (i) Uretako larbak, adibidez, efemeropteroak.

- (ii) Lurreko larbak, adibidez, lepidopteroak.

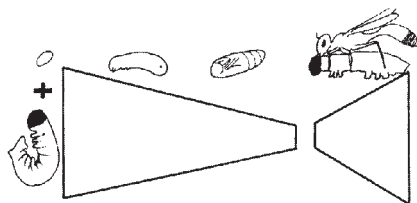
Adibide honetan, helduek bizitza luzeagoa dute, eta aho-pieza espezializatuak aurkezten dituzte, hegaz egiteko erregaia (=nektarea) biltzeko.

4. Helduak arduratzen dira soilik baliagaien eskuratzeaz eta hornitzeaz.

Larbaren zereginak: baliagaiak eskuratzea, sakabanakuntza eta baliagaien bilaketa, parekamendua, kumeen esleipena, kumeen garapenerako leku-hautespena, obiposizioa.

Adibidez, liztor bakartia.

Heldua arduratzen da kumeentzako baliagai guztien hornitzeaz.



5. Kasta desberdinen artean banatuta daude baliagaien eskuratzea, garapena, parekamendua eta obiposizioa.

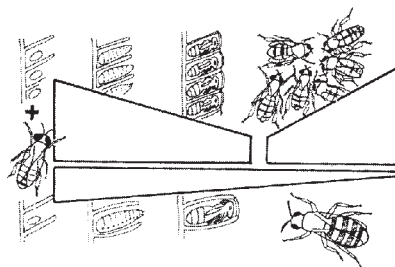
Jubenileen zereginak: baliagaien erabilera eta hazkundea.

Langile antzuen zereginak: baliagaiak eskuratzea.

Erreginak (heldu ugalkorrek): parekamendua eta bikotekide-hautespena, obiposizioa, sakabanakuntza eta baliagaien bilaketa.

Erlamandoak (ar ugalkorrek): parekamendua; ez dute lanik baliagaiak eskuratzen.

Adibidez, ezti-erleak.



Intsektuen bizi-zikloen analisi funtzionala (Barnes *et al.*, 2001etik hartua).

LARBA PRIMARIOAK

Itsasokoak

Ziklo ez-zuzen primarioetan

Blastula- edo gastrula-mailan agertzen dira, hau da, garapen enbrionarioaren lehen faseetan

LARBA SEKUNDARIOAK

Lurtarrak edo dultzikolak

Ziklo ez-zuzen sekundarioetan

Garapen enbrionarioa oso aurreratuta agertzen dira

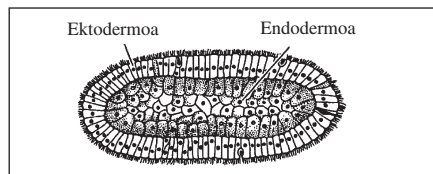
LARBA PRIMARIOEN EREDUAK

Larba primarioak, izatez, bizimodu pelagikora egokitutako enbrioak itsastarrak dira (beharbada, krustazeo eta bibalbio batzuen larba dultzikolak aipatu behar dira salbuespen modura).

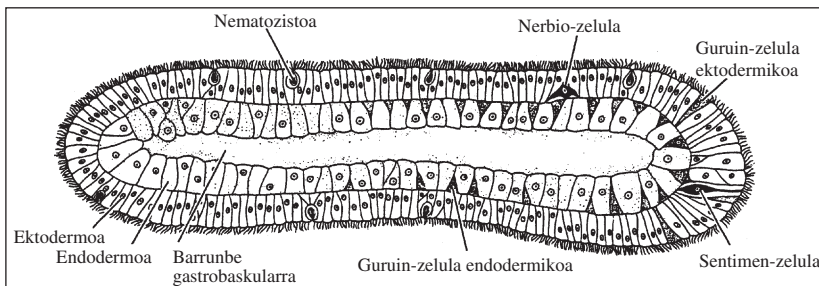
Larba primarioek izen desberdinak hartu dituzte taldeen arabera, desberdin samarrak dira-eta morfologikoki: trokofora, aktinotroka, zifonauta, tornaria, auri-kularia, pilidio eta abar. Gainera, ziklo jakin batean larba bat baino gehiago egon daitezke, esate baterako, molusku askoren zikloan zehar trokofora eta beliger larbak agertzen dira.

Larba primarioek organo oso korapilatsuak eta ehun oso desberdintzatuak eduki ditzakete. Hala ere, larba primarioen eredu morfologiko nagusiak hiru dira: planula, trokofora eta dipleurula.

Planula: Larba sinpleena da, maila diploblastikokoa. Belaki eta knidarioen zikloan agertzen da. Blastula trinkoa dela esan daiteke, desberdintzapen handirik ez duelarik. Helduari toki egokia bilatu behar dio bertan bizitzeko.



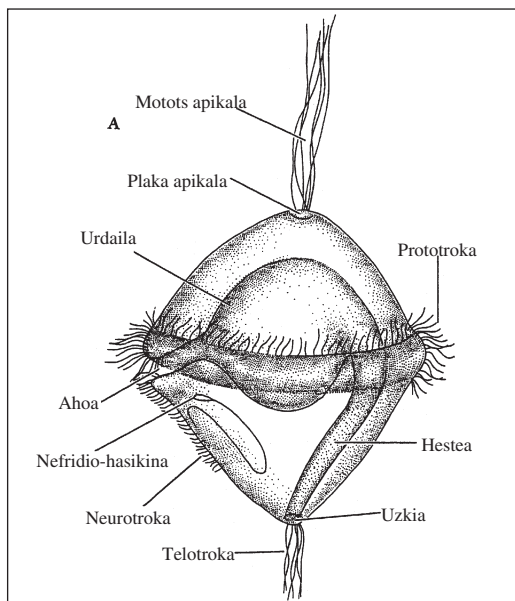
Planula larba: ingresioz itxuratu den hidrozooen planula trinko tipikoa (Brusca eta Brusca, 1990etik hartua).



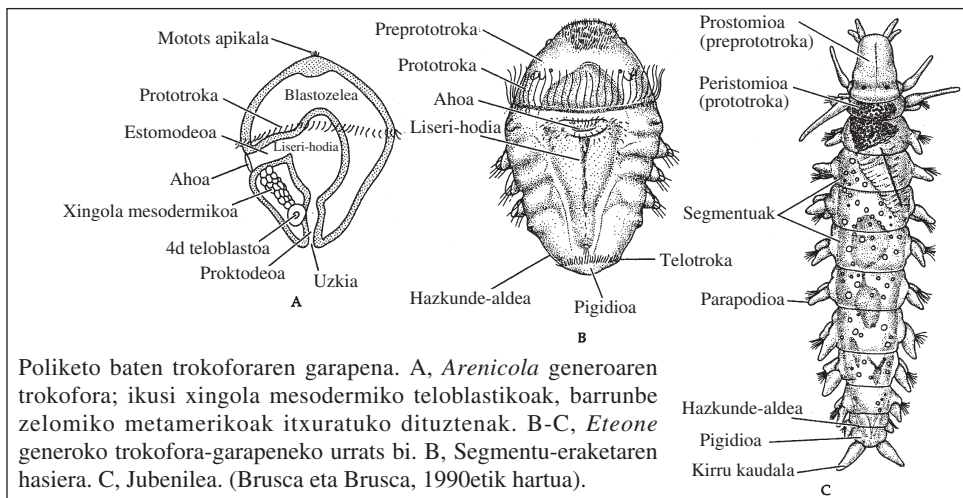
Gonothyræa hidroidearen planula hutsa (Brusca eta Brusca, 1990etik hartua).

Bestalde, trokofora eta dipleurula larbak gastrula-mailan desberdintzatzen dira, hurrenez hurren protostomatu eta deuterostomatuen bidean.

Trokofora: Larba honek gastrorrafia, teloblastia eta eskizozelia erakusten ditu garapenean zehar. Trokofora, azken batean, arkenteron, aho eta uzkia dituen enbrioia da. Baditu, gainera, zilio-gangar apikala eta xingola ziliodun batzuk (prototroka, mesotroka eta telotroka). Anelido poliketo, molusku gastropodo eta bibalbioetan eta zenbait plathelminetan agertzen da; bestalde, krustazeoen nauplioia trokofora batekin homologa daiteke.

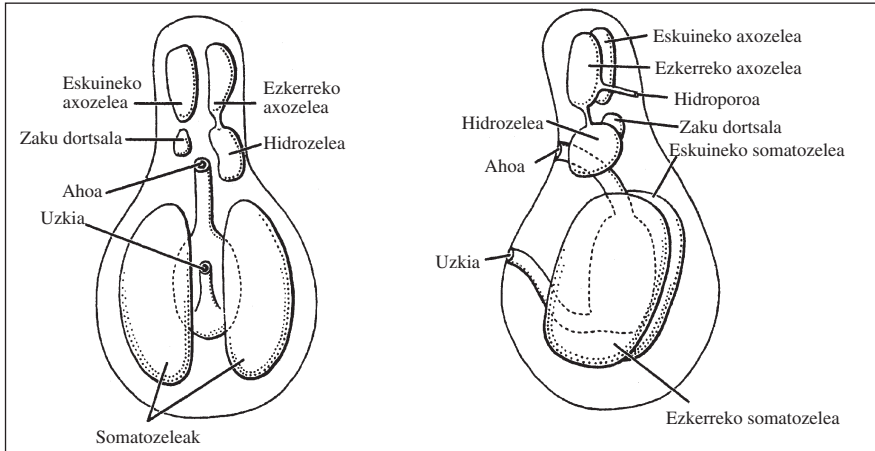


Poliketoen trokofora goiztiar orokortu baten anatomia (Brusca eta Brusca, 1990etik hartua).



Poliketo baten trokoforaren garapena. A, *Arenicola* generoaren trokofora; ikusi xingola mesodermiko teloblastikoak, barrunbe zelomiko metamerikoak itxuratuko dituztenak. B-C, *Eteone* generoko trokofora-garapeneko urrats bi. B, Segmentu-eraketaren hasiera. C, Jubenilea. (Brusca eta Brusca, 1990etik hartua).

Dipleurula: Enterozeliaz eta ziklorrafiaz garatzen da. Aurkezten dituen organoak hauexek dira: zilio-gangar apikala, xingola ziliodun batzuk eta poltsa zelomiko-koen hiru pare. Ornogabe deuterostomatuetan agertzen da (ekinodermatu eta hemikordatueta).

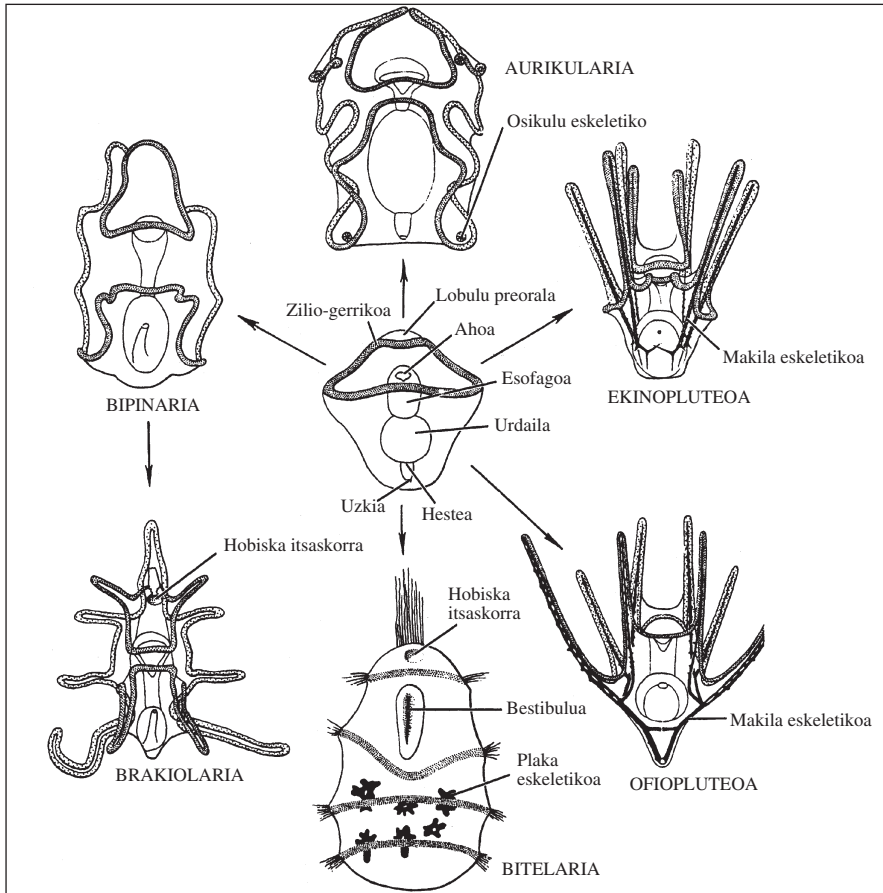


Dipleurula larba teorikoa (Ruppert eta Barnes, 1994tik hartua).

Lehenago aipatu dugun bezala, badago beste era bat larbak sailkatzeko, elikatze modua kontuan hartuta:

Larba planktofagoak: Lehen momentutik planktonez mantentzen dira, batez ere fitoplanktona iragaziz. Hauexek dira larbarik primitiboenak.

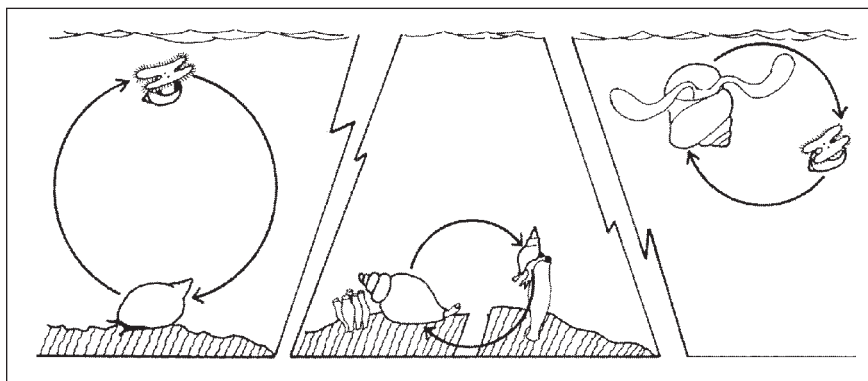
Larba bitelofagoak: Lehen momentuan biteloz elikatzen dira, eta gero, bitelo-kantitatearen arabera, planktonez.



Ekinodermatuen larbak eta berorien arbaso hipotetikoak den dipleurula (Ruppert eta Barnes, 1994tik hartua).

ZIKLOEN BESTE SAILKAPEN BAT

Oraingo honetan, zikloak sailkatu egingo ditugu, baina ez garapen-motari dagozkiola, alde ekologikoari doazkiola baino. Modu honetara, ugarien agertzen den zikloa, **ziklo pelagobentikoa** da: berorretan larba pelagikoa edo planktonikoa izaten da, eta heldua bentikoa. Ziklo hori bete ahal izateko, animaliak itsasoko plataforma kontinentalean bizi behar du. Besteak beste, belaki, poliketo, gastropodo, bibalbio, krustazeo eta ekinodermatuetan aurkitu da.



Zenbait bizi-ziklo bereizgarri. (i) ziklo pelagobentikoa: larba pelagikoa du. (ii) ziklo holobentikoa: ezabatu egin da larba pelagiko primitiboa. (iii) ziklo holopelagikoa: animalia-aren bizitza osoa alde pelagikoan gertatzen da. Ilustraturiko adibideak molusku gastropodoei badagozkie ere, hainbat taldetan aurki daitezke hiru patroik horiek. (Barnes *et al.*, 2001etik hartua).

Baina, komunitate hauek eskualde horretatik kanporatu direnean, esate baterako, korronteez larbak urrun eramaten dituztenean, larbak ez dute etorkizunik, zeren eta ez baitute substraturik aurkituko heldua garatzeko. Horren aurrean irtenbide posible bi egon dira eboluzioan: 1. heldua ere planktoniko bihurtzea (= **ziklo holopelagikoa**), ktenoforo eta ketognatuetan gertatu delarik, eta 2. larba ere bentiko bihurtzea (= **ziklo holobentikoa**). Azken kasu honetan, larbak guztiz bitelofagoa izan beharko du, sakonera horietan ez baita planktonik egoten. Ziklo holobentikoa daukaten animaliak oso egoera konkretuetara moldatu dira, esate baterako, ma-rearteko gunera, alde abisalera... Oso kasu gutxi ezagutzen dira erlatiboki.

Ziklo primario-rik orokorrena eta arruntena pelagobentikoa denez, metazoo primitiboenen ziklotzat jotzen dute zoologo gehienek. Ildo beretik jarraituz, jatorrizko ingurunea itsas bazterra izan zela uste da: plataforma kontinentalaren gainean eta 200 m-ko sakonera gainditu gabe, plankton/bentos migrazioa egingarria gerta dadin.

METAMORFOSIA ETA HETEROKRONIAK

Metamorfosia prozesu morfogenetiko bat da, larbatik abiatuta helduaren eraketa dakarrena. Oro har, larbak autolisi bidez galduko ditu organo larbarioak. Metamorfosia sinple edo konplexuagoa izango da, segun eta larba-eklosioa noiz gertatzen den: horrela, eklosioa goiztiarra bada, larba eta heldua oso desberdinak izango dira, eta beraz, metamorfosia nahikoa konplexua; aldiz, eklosioa berantiarra bada, gaztea eta heldua oso antzekoak izango dira, eta beraz, oso metamorfosi sinplea jasan beharko du izakiak. Noski, eklosioa berantiarren kasuetan larba desagertu egin daiteke.

Garapenean **heterokroniak** ager daitezke batzuetan. Larbatik heldurainoko bidean, denborari dagozkion aldaketak gertatzen badira, heterokroniaz mintzatuko gara, alegia, espero dugun unean gertatu beharrean fenomeno beste une desberdin batean agertzen denean. Hainbat heterokronia-mota deskribatu dira, baina hemen soilik bi aipatuko ditugu:

Neotenia: Larban edo gaztean garapen morfologikoa luzatu egiten da, eta, horrela delarik, animaliak heldutasun sexuala lortzen du forma heldu kanonikoraino hazi aurretik (larba- edo gazte-itxuraz beraz). Hau da, animalia neotenikoa dela esaten da, helduaren itxura osoa lortu gabe animaliak ugaltzeko gaitasuna duenean. Neoteniaren kasuan, garapen somatikoa atzeratu egiten da nolabait, alegia, gorputzaren hazkunde-tasa astiroagotu egin da; horrela tamaina-handipena egoten da. Adibide klasikoa axolotea da: arrabio mexikar horren larbak brankiak mantentzen ditu, baina, aldi berean, ugaltzeko gai da. Bestetik, luzaro pentsatu izan da gizakia primate antropomorfo baten enbrioia-aren ondorengo neotenikoa dela; izan ere, konturatzen bagara, nabari samarra da gizaki helduaren eta txinpantze, gorila edo orangutanaren kumeen arteko antzekotasuna: geu ere ugaltzeko gaitasuna duen larba ginateke nolabait.

Progenesia: Heldutasun sexuala aurreratu egingo da. Orduan, oso “gazte” zarela heldutasun sexuala ailegatzen zaizu. Kasu honetan tamaina-murritzeta egoten da. Tipikoa da meiofaunaren artean (ornogabe interstizial txikiak, itsas hondoetan bizi direnak).

10. Animali bionomia: animalien arteko harremanak. Populazio kontzeptua.

Polulazio-dinamika. Harreman intraspezifikoak

Animaliak ez dira bizidun isolatuak, sistema baten atalak baizik, eta gainera harreman-mota asko ezartzen dituzte euren artean. Animaliak elkarrekin elkartzen dituzten harremanak, mota bikoak izan daitezke printzipioz:

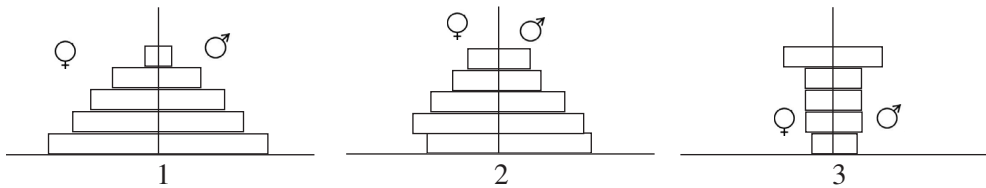
1. **Antzekotasunezkoak:** morfologikoki antzekoak diren animaliak bildu egin daitezke, taldekamendu sistematikoak eratuz (espeziea, generoa, familia...). Beraz, antzekotasuna ahaidetasunaren froga dela onartzen da nolabait, eta berorretan oinarrituta eraiki daiteke sailkapen filogenetikoa edo ebolutiboa.

2. **Aldamenekotasunezkoak:** harreman horietaz **Bionomia Zoologikoa** arduratzen da. Gune eta une jakin batean bizi diren espezieak ikasten ditu, eta bai zelako harremanak ezartzen diren haien artean ere. Bionomia, beraz, ekologiaren barrukoa ere bada. Aldamenekotasunezko harremanak, bestalde, **intraspezifikoak** edo **interespezifikoak** izan daitezke. Jakina, animaliak espezie bereko animaliekin erlazionatzen badira, adibidez ugalketarako, intraspezifikoak dira harremanak, eta gainerako espezieekin ezartzen badira, interespezifikoak, elikatze kasu.

POPULAZIO KONTZEPTUA ETA POPULAZIO-DINAMIKA

Populazioa espezie bereko bizidunen multzo bat da, gune jakin batean eta une jakin batean bizi dena. Hau da, espezie bakoitza populazio batzuek osotuta egongo da. Populazio bateko organismoak ugaltzeko elkarren artean, eta, beraz, gene-ondare komuna konpartitzen dute. Bestetik, populazioak ez dira unitate aldaezinak, aitzitik, denboran zehar mudatu egiten dira. Populazio-egituraren eta populazio-erlaidakuntzen ikasketari **populazio-dinamika** esaten zaio.

Populazio-egitura definitzeko ezaugarri batzuk hartu behar dira kontuan. Ezaugarri horiek kategoria bitan sailka daitezke, populazioaren egitura espazio edo denbora gisa hartuz definitzen den. Lehenengo kategoriaren barruan, espazioa betetzeko modua daukagu (populazioaren **egitura espaziala**), espezie bakoitzarentzat karakteristikoa dena, eta espeziearen lurraldearekiko jokabidearekin erlazionatuta dago. Bigarren kategorian, parametro kuantitatibo batzuk aurkituko



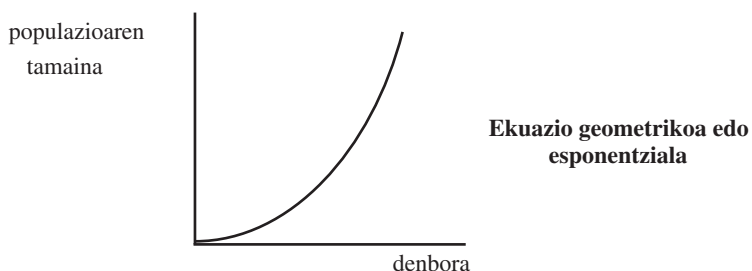
JAIOKUNTZA ETA HILKORTASUNA

Migrazioak kontuan hartu gabe, ugalketa bidez emendatu egiten da espezie baten ugaritasuna gunek jakin batean, eta txikitu heriotza bidez. Ugalketa-intentsitateak **jaiokuntza** edo jaiotze-maiztasuna determinatzen du, eta jaiotza-tasa bidez adierazten da: azalera eta denboraldi jakin batean gertatutako jaiotzak, zati bertako populazioa. **Hilkortasuna**, hilkortasun-tasa bidez adierazten da: denbora-tarte bateko hildakoen kopurua, zati bertan hil daitezkeen guztien kopurua.

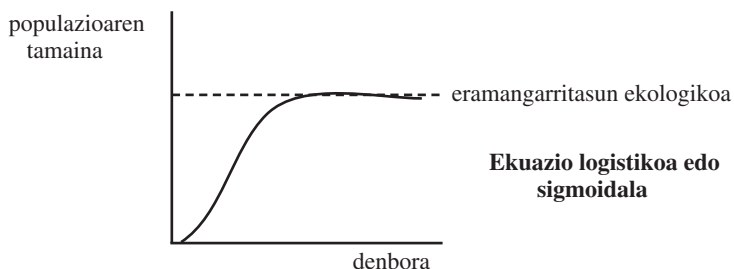
Aldi berean jaiokuntza maximoa eta hilkortasuna minimoa direnean, egoera optimoan egongo da espeziea. Horri **espeziearen ahalmen biotikoa** esaten zaio. Teorikoki, edozein espeziearen jaiokuntza hilkortasuna baino handiagoa da baldintzak faboragarriak direnean. Beraz, teorikoki, espezieen ale-kopuruak emendatzera joko du. Baina espezie guztiek jarraitzen duten bidea hau da: kolonizatu, hedatu, fase geldikorrean sartu eta, azkenik, atzeraka egin, hau da, erregresioan sartu eta beste espezie berri bati lekua utzi azken batean. Hots, praktikan ahalmen biotikoa ez da betetzen.

POPULAZIO-HAZKUNDEA

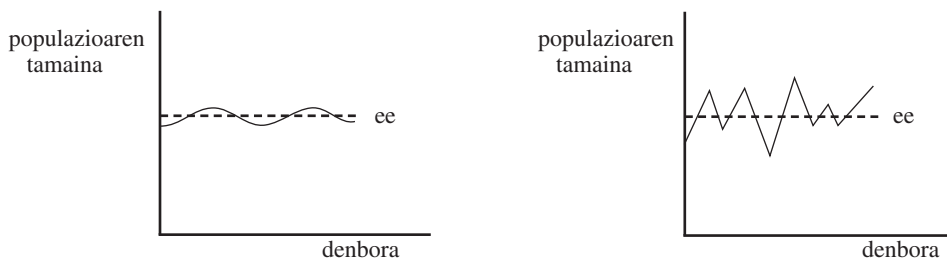
Bizidunek espeziea mantentzeko behar dutena baino potentzial ugaltzaile altuagoa daukate. Esate baterako, intsektu batzuen emeek milaka arrautza erruten dituzte, edo basasaguak 60-120 kume eduki ditzake urtero. Jakina, hazkunde esponentziala soilik gerta daiteke inguruneko baliagaiak agortezinak baldin badira, eta beraz lehiarik ez dagoenean. Kasu horretan, populazioaren hazkunde-kurba honelakoa da:



Baina, hazkunde-mota hori ez da praktikan agertzen. Gertatzen dena hurrengo hau da: hasieran, janaria eta espazioa ugari direnean, populazioa emendatu egiten da oso arin. Hazkunde-mota hau beha daiteke intsektuen izurriteetan edo belar txarren hazkunderan, utzitako lur-sailetan. Baina, baliagaiak agortuz doazen neurrian, populazio-hazkundera gutxituz doa, azkenean gelditu arte. Limite hori, inguruneak manten dezakeen populazio maximoak determinatuta dago eta **habitat-eramangarritasun ekologikoa** esaten zaio.



Eramangarritasun ekologikoa lortzen duenean, populazioa maila horretan manten daiteke denboran zehar edo muga horren inguruan oszila daiteke. Azken hori da arruntena, zeren habitat-eramangarritasun ekologikoa oszilatzen baita ere denboran zehar. Kasurako, janari-gertutasuna urtaroen arabera aldatzen da eta horrekin batera populazioaren dentsitatea. Orduan, naturan aurkituko ditugun hazkunde-ereduak honelakoak izango dira:



Lehenengo kurba, **K estrategia** deritzona jarraitzen duten espezieek aurkezten dute: dentsitatea gora-behera doa, baina, beti eramangarritasun ekologikoaren (irudian, ee) inguruan. K estrategiek kume gutxi ekoizten dituzte, baina, ingurunera oso ondo moldatuta daudenak, hilkortasuna murrizteko. Ingurune egonkorretan bizi ohi dira.

Bigarren kurba, **r estrategia** delakoa jarraitzen duten espezieek aurkezten dute: dentsitatean izugarritzko oszilazioak gertatzen dira bat-batean, hau da, hazkunde esponenzialezko aro bati heriotza katastrofikoazko beste aro batek jarraituko dio. Posible den kume-kopuru maximoa ekoiztea da r estrategia egiten dutena,

baldintzak faboragarriak direnean. Horrelakoak ikus daitezke, esate baterako, mozketaz larrututako basoetan, sortu berriak diren uharte bolkanikoetan... Oro har, r estrategak ingurune aldakorretan bizi dira.

HARREMAN INTRASPEZIFIKOAK

Hainbat eta hainbat animalia-espezietan, populazioaren aleak isolatuta bizi dira, eta ez dira elkarregaz erlazionatzen salbu-eta ugalketarako. Aitzitik, aleen arteko harreman sendoak ezartzen dira espezie batzuetan; kasu horietan, animaliak ez dira bakarrik bizi, **kolonietan** edo **sozietateetan** baizik. Dagoeneko kolonia zer den ikusita badaukagunez (ikus 8. gaia), oraingo honetan sozietateak aztertuko ditugu.

Intsektuen sozietateak

Termita, inurri, erle eta liztorretan oso sozietate garatuak aurkitzen dira. Espezie horietan ale bakoitza estrukturaliki egokituta dago, egiteko jakin batzuk betetze-ko sozietatean. Adibidez, erleen sozietateetan hiru motatako aleak aurkituko ditugu: erregina, hamarretik ehunera erlamando (eztenik gabeko arrak) eta 20.000tik 80.000ra langile. Erregina eta erlamandoak ugalkorrak dira, eta euren betebeharr nagusia ugalketa da. Ostera, langileak eme antzuak eta txikiagoak dira, hainbat zereginetan dihardutenak: erlauntza eraikitzea eta etsaien kontra defendatzea, janaria biltzea, larbak zaintzea eta erregina eta erlamandoak elikatzea.

Intsektuen sozietateak bertako lagunen jokamolde finko, estereotipatu eta ez-ikasien arabera aritzen dira.

Ornodunen sozietateak

Ar eta emeen arteko dimorfismo sexuala aparte utzita, ornodunen sozietateen aleak antzekoak dira morfologikoki, behintzat fase helduaren hasieran. Geroago espezializazio sakonen bat agertzen bada, desberdintasun funtzional edo portaerazkoak egon daitezke. Heredaturiko instintua izaten da jokabide sozialaren zergatia; gainera, oso garrantzi handia daukate ikasteak eta entrenamenduak, biak familia barruan egiten direnak.

11. Harreman interespezifikoak: komunikate kontzeptua. Sinbiosia

KOMUNITATE KONTZEPTUA

Aurreko gaian ikasi dugu populazioa zer den. Oraingo honetan hurrengo mailetara joko dugu. Horrela, **komunitatea** gune eta une jakin batean bizi diren populazioen multzoa da, eta beraz, komunitatean erreinu guztietako bizidunak aurkituko ditugu oro har.

Komunitateak eta berau bizi deneko inguruneak **ekosistema** eratzen dute; ekosistemen adibideak hala basoa, nola lakua, edo erreka, kostalde-zati bat, eta abar dira. Ekosistema barruan, beraz, osagai bi dauzkagu: **biozenosia**, edo ekosistemaren osagai bizia, eta **biotopoa**, edo osagai inerteza, alegia, leku fisikoa bere baldintzekin. Hortaz, komunitatea eta biozenosia sinonimotzat har ditzakegu.

Oro har, edozein komunitatetan dominatzaile modura agertzen dira espezie bat edo beste. Izatez, komunitate batzuen izenaren jatorria espezie nagusi horretan dago: pagadia, haritzia, koral-arrezifea, ostra-sarda, hegaluze-sarda...

Komunitatea karakterizatzeko espezie guztiak ikertu behar dira. Horretarako, analisi faunistikoa egiten da, **datu-matrizeak** erabiliz. Matrizeko dimentsio batean espezieak daude adierazita eta bestean laginak. Matrizea **kualitatiboa** edo **kuantitatiboa** izan daiteke, segun eta lagin bakoitzerako, hurrenez hurren, espeziearen presentzia/absentzia edo espeziearen ale-kopurua errepresentatzen dugun:

Matrize kualitatiboa:

Laginak espezieak	1	2	3	4	5	...	n
A	+	–	–	–	+		+
B	+	+	+	–	–		–
C	–	–	–	+	+		–
D	+	+	–	–	+		+
E	–	+	+	–	+		–
F	+	–	–	–	–		+
.....							
N	–	+	–	+	–		+

Matrize kuantitatiboa:

Laginak espezieak	1	2	3	4	5	...	n
A	865	0	0	0	34		21
B	17	75	63	0	0		0
C	0	0	0	6	2		0
D	4	8	0	0	31		11
E	0	5	7	0	26		0
F	14	0	0	0	0		12
.....							
N	0	13	0	15	0		2

Matrize horietan adierazita dauden komunitateak hainbat modutan iker daitezke. Esate baterako, espezieen arteko harremanak, laginen arteko antzekotasuna, edo komunitatearen indizeak: presentziak, ugaritasunak eta dibertsitatea.

ANIMALI DIBERTSITATEAREN EBALUAZIOA

Dibertsitate edo biodibertsitate kontzeptua gaurkotasan handikoa da egungo Biologian. Zentzu zabalean, **biodibertsitate** hitza bizidunen espezie-kopurua adierazteko erabiltzen da normalean. Baina, beste kategoria taxonomikoen taxon-kopurua neurtzeko erabil daiteke ere bai. Bestetik, maila desberdinetan ikas daiteke: kualitatiboa, kuantitatiboa edota banaketa espazial eta tenporalak kontuan hartuta.

Dibertsitate kualitatiboa

Izatez, dibertsitate kualitatiboa lurralde batean bizi diren espezieen zerrenda da, eta bai ere beste kategoria taxonomikoen taxon-zerrenda. Dibertsitate kualitatiboa neurtzeko erabiltzen diren parametroetatik bat, **aberastasun faunistikoa** da: lurralde edo lagin bateko espezie-kopurua (edo kategoria taxonomiko berdinen taxon-kopurua).

Adibide bat jarriko dugu hau guztiau argitzeko. Demagun irla biren animalien dibertsitatea neurtu nahi dugula espezie-mailan. Dibertsitate kualitatiboa irla bakoitzaren espezie-kopurua eta espezie-zerrenda izango da:

A irla: 6 espezie (txori-espezie bi, kakalardoa, tximeleta, inurria, barraskiloa)

B irla: 3 espezie (narrastia, txoria, tximeleta)

Emaitza hauek irla biak konparatzeko balio dute: alde batetik, espezie-kopuruari dagokiola desberdinak direla esango dugu (A irlan dibertsitate altuagoa dago), eta bestetik, antzekoak direla esan dezakegu, tximeleta- eta txori-espezieak konpartitzeagatik.

Dibertsitate kuantitatiboa

Dibertsitate kualitatiboari espezieen zentsua gehitzen badiogu dibertsitate kuantitatiboa edukiko dugu. Hau da, taxon bakoitzaren elementuak kuantifikatzen baditugu. Lehenengo adibidearekin jarraituz:

A irla

1 txori-espeziea: 20 ale
2 txori-espeziea: 15 ale
kakalardoa: 52 ale
tximeleta: 31 ale
inurria: 105 ale
barraskiloa: 28 ale

B irla

1 txori-espeziea: 10 ale
narrastia: 10 ale
tximeleta: 45 ale

Hau egitean, beste datu bat edukiko dugu irlak karakterizatzeko. Horrela, konparatu egin ditzakegu, esate baterako, espezie berberak dauzkaten irla biak, baina modu desberdin batean banatuta (ugaritasun desberdinak).

Dibertsitate espazio/tenporala

Dibertsitate espazio/tenporala neurtuz gero, are eta informazio gehiago lortuko dugu: ez bakarrik nortzuk eta zenbat, baita ere nola. Hau da, jakin egingo dugu elementu bakoitza non kokatzen den, eta horrela, komunitatearen egitura zirriborratuko dugu. Hau guztia ikertzean, animali asoziazioak definituko ditugu, espezie asoziatuen arteko harreman biologikoetan oinarrituta egongo direnak, kasurako harreman trofikoetan.

HARREMAN INTERESPEZIFIKOAK

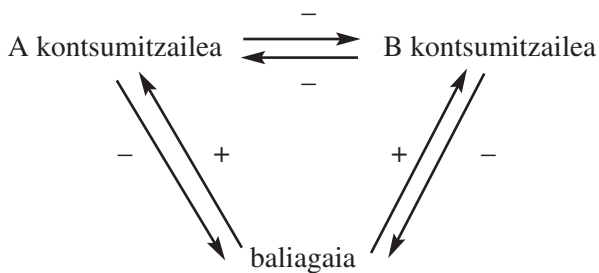
Harreman interespezifikokoak komunitateko populazioen artean gertatzen direnak dira, hots, espezie desberdinen artekoak. Ingurune eta baldintza guztietan, lehen aipatu dugunez, animaliak isolatuta edota elkarturik bizi daitezke. Beste espezie

batzuekin asoziatuta bizi direnean, taldekamenduak antolaketa gabekoak edo antolaketa-maila altukoak izan daitezke. Lehenengo kasuaren adibidea, kostaldeko krustazeo, molusku eta ekinodermatuen taldekamenduetan aurkitzen dugu.

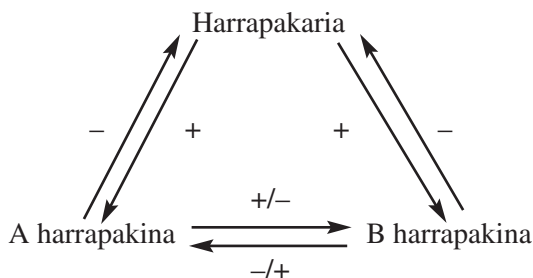
Komunitateko espezie baten presentziak, eta bai bere populazioa osotzen duten aleen kopuruak ere, eragina dute gainerako espezieetan. Horrela, harremanak positiboak ala negatiboak izan daitezke, nahiz eta batzuetan neutroak diren (espezie baten presentziak ez du eraginik edukitzen besteengan). Laburtuz, komunitateko espezieak binaka kontsideratzen baditugu, harremanak hurrengo hauek izan daitezke:

A espeziea	B espeziea	Harreman-mota
0	0	Neutralismoa
-	-	Lehia
+ (-)	- (+)	Harrapakari/harrapakin harremana
+ (-)	- (+)	Parasitismoa
+	+	Mutualismoa
+ (0)	0 (+)	Komentsalismoa

Populazio biek baliagai bera erabiltzen dutenean (janaria, espazioa, babeslekua...) lehia gertatzen da. Populazio edo espezie bien arteko harremana negatiboa izango da.



Harrapakari/harrapakin harremanean, harrapakarien populazioaren aleek harrapakinen populazioaren aleak hiltzen dituzte elikatzeko. Harreman-mota honek garrantzi handia dauka populazioen orekan. Horrela, harrapakin-populazioa asko emendatzen bada, harrapakariena ere emendatuko da, zeren nahikoa janaria eduki-ko baitu. Baina harrapakarien emendioak harrapakinaren murrizketa ekarriko du, eta beraz harrapakariarena ere geroago. Harrapakarien kopurua gutxitzen bada, harrapakin-populazioa gora joango da berriro, zikloa hasiz.

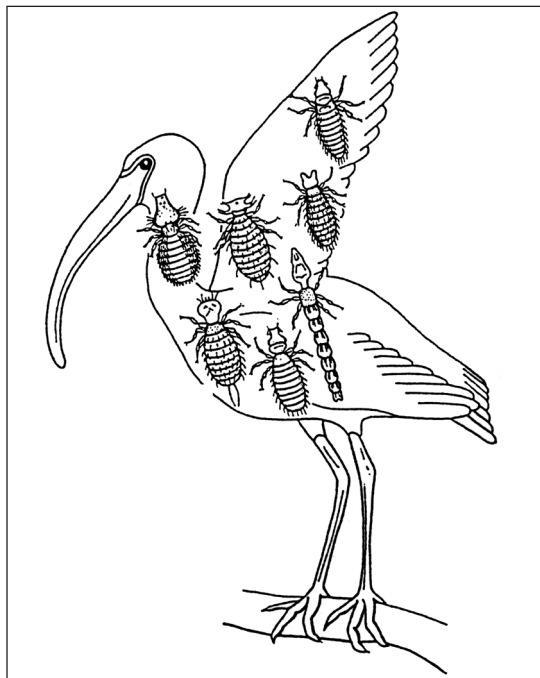


Bestetik, animalia asko beste animalia edo landare batzuekin guztiz elkartuta bizi dira. Harreman honi **sinbiosia** esaten zaio eta hiru mota daude: **parasitismoa**, **mutualismoa** eta **komentalismoa**. Oro har, sinbiosi gehienetan organismo handienak (**ostalariak**) bizitzeko ingurune egokia eskaintzen dio organismo txikiari (**sinbionteari**). Sinbiosia ostalariaren eta sinbiontearen arteko elkarrekintzen arabera sailka daiteke (ikus aurreko taula).

Harreman sinbiotiko batzuk **iragankorrak** diren bitartean, adibidez zorrien eta beraien ornodun ostalarien arteko harreman parasitikoa, beste batzuk gutxi-aski **iraunkorrak** izaten dira. Bestetik, sinbionte batzuk **fakultatiboak** diren bitartean, beste batzuek ezin dute bizi ostalaririk gabe, eta sinbionte **hertsia** direla esaten da.

Segur aski, sinbiosi-motarik ezagunena **parasitismoa** da, zeinean sinbiontea edo bizkarroia ostalariak baliatzen baita luzaroan. Bizkarroiak ostalariaren kanpoaldean edo gorputz barnean bizi daitezke. Lehenengo kasuan, **ektoparasito** edo **kanpo-bizkarroie**z mintzatuko gara, eta bigarrean **endoparasito** edo **barne-bizkarroie**z. Ektoparasitoak dira, kasurako, zorriak, kaparrak, landare-zorriak, izainak... eta endoparasitoak, osterak, teniak, heste-zizareak, gibel-fasziolak, eta abar. Dena dela, badaude bizkarroi batzuk kategoria bi horietara egokitzen ez direnak; hau da, ostalariaren gorputzeko barrunbe batean edota ingurunearekin kontaktuan dagoen guneren batean bizi daitezke, esate baterako, arrainen zakatzan baran edo animalia baten ahoan edo uzkan. Orduan **mesoparasito**ez egingo dugu berba.

Belaki, ekinodermatu, tunikatu eta ketognatuen artean izan ezik, animalia-talde guztietan dago parasitikoa den espezieen bat edo beste, batzuetan asko. Izan ere, bizkarroiek ez dute talde homogeneoa osotzen, zeren parasitismoa ornogabeen eboluzioan zehar zenbait aldiz agerturiko eta maila desberdinetaraino garaturiko moldaera baita. Oro har, harrapakaritzatik eratorririko fenomeno delako esan daiteke. Baina, harrapakariak momentuan hil egiten du harrapakina; bizkarroiak, osterak, ez, luzaro bizi daitekeelarik haren kontura. Hau da, biktimaren erabilera-gradu desberdinean datza harrapakaritzaren eta parasitismoaren arteko alde nagusia. Nahiz eta bizkarroi batzuek ostalari desberdin batzuk erabil ditzaketen (azken horiek estuki erlazionatuak edo ekologikoki antzekoak izan behar dira), ostalariarekiko oso espezifikitate altua aurkezten dute bizkarroi gehienek.



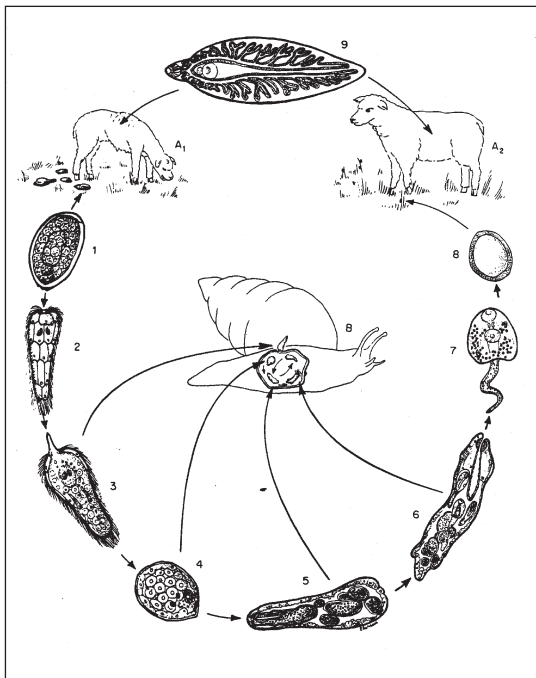
Zorri-espezie desberdinak, bakoitza ostalariaren lumajeko gune desberdinetara espezializatua (Hadorn eta Wehner, 1972tik hartua).

Bestalde, parasitismoa aldi desberdinetan gerta daiteke espezie baten bizitzan zehar. Esate baterako, bibalbio batzuk larba-fasean izaten dira bizkarroi, eta helduek bizimodu askea dute; oster, zenbait gastropodo eta krustazeo zirripedioren larbak libreak izanik, helduak bihurtzen dira bizkarroi. Halaber, platihelminte zestodo guztien larbak zein helduak parasitikoak dira.

Barne-bizkarroiek metabolismoa aldatzeko gaitasuna lortu dute; izan ere, anaerobio fakultatibo egin dira. Gainera, gai dira ostalariaren erantzun immunologikoak deseuztatzeko. Halaber, zenbait organo, aparatu eta sistema enuldu eta desagertu egin dira (digestio-aparatua, eskrezio-aparatua, organo lekuzaldatzailerak, sentimen-organoak...); beste batzuk, oster, garatu egin dira (organo atxikitzaileak adibidez: kopadurak, gakoak, kizkiak...), edota hipertrofiatu ere (ugal aparatua).

Azkenik, bizkarroi batzuek ostalari bat baino gehiago behar izaten dituzte bizi-zikloa osatzeko. Kasu honetan, **ostalari definitiboaz** (bertan bizi dira ugalduko diren bizkarroiak) mintzatzen da, eta bai **ostalari bitartekariez** ere (bizi-zikloa bete ahal izateko beharrezko gainerakoak).

Gibel-fasziolaren (*Fasciola hepatica*) bizi-zikloa. A₁, Infestaturiko ostalari definitiboa, bazkan belardi heze batean. 1, Garatzen ari den arrautza; ostalariaren gorotzekin batera kanporatu da. 2, Arrautzetik irtendako mirazidioa; igerian egiten du zilio bidez, eta, bestalde, begi-orbainak ditu. 3, Mirazidioak papila zefaliko zorrotza garatu du, aurkituko balu, barraskiloaren oina zulatzeko. 4, Esporozistoa; izatez, barraskiloaren baitan eraldatutako mirazidioa da. 5, Esporozistoa heldua, redia bat emergitzeko puntuan duena. 6, Redia heldu bat, barruan beste redia kume bat eta garatzen ari diren hainbat zerkaria dituena. 7, Zerkaria askea, ostalari bitartekariaren gorputzetik kanpo. 8, Kistaturiko zerkaria. 9, Gibel-fasziola heldua infestaturiko ardi baten gibelean. A₁, Ardi osasuntsua, zerkaria kistatuz beteriko belardian; lehenago edo beranduago infestatu egingo da ziurrenez. Behin liseri-hodian, kisteak eklosionatu eta hestearen horman zehar fasziola gazteak gibeleraino iritsiko dira, eta bertan heldu eta ugaltu, zikloari hasiera emanez. B, Ostalari bitartekaria, molusku pulmonaturen bat izaten da. (Gardiner, 1977tik hartua).



Beste sinbiosi-mota bat **mutualismoa** da. Mutualismoan bai ostalariak eta bai sinbionteak ere probetxuren bat lortzen dute. Sinbiosi mutualista oso hertsia eta garrantzitsua izan daiteke espezie bien biziraupenerako. Esate baterako, gure hestean bizi diren bakterioak guztiz beharrezkoak dira zenbait bitamina ekoizteko eta zenbait elikagai prozesatzeko. Beste adibide bat termitak eta beraien liseri-hodiko protozooak dira; protozoo horiek zelulosa hidrolizatzen dute, eta konposatu erabilgarriez hornitzen dituzte termitak.

Beste batzuetan, mutualismoa ez da hain derrigorrezkoa. Aktinia edo itsas anemona eta hamarratz ermitaria dira lekuko: aktinia barraskilo-maskor huts bati itsasten zaio, karramarroak babestoki bezala erabiltzen duena. Aktinia, berez oso oso astiro mugitzen dena, garraioaz baliatzen da janaria bilatzeko nahiz sakabana-tze geografikorako; era berean, ermitariak aktiniaren soberakinak aprobetxatzen ditu. Esan gabe doa, bai ermitariak eta bai aktiniak ere bizimodu aske eduki dezakete, eta izatez aske bizi dira sarritan.

Komentsalismoa da hirugarren sinbiosi-mota. Kasu honetan, sinbionteak onura lortzen du, baina, ostalariak ez etekinik eta ez kalterik ere. Ornogabeen artean adibide asko daude, esate baterako, espezie bat beste baten hodian bizi daiteke, lehenak babesa edo janaria edo gauza biak lortuz, eta bigarrenak ageriko eraginik igarri gabe. Beste adibide bat erromeroa da. Arrain honek, kopadura

gisako hegatsa dauka, zeinaren bidez marrazo baten alde bentranean itsasten baita. Horrela, marrazoaren soberakinez elikatzen da, eta gainera babesa eta garraioa lortzen du. Itxuraz, marrazoari ez dio kalterik ez probetxurik ondorioztatzen.

12. Biogeografia: lehen hurbilketa

Biogeografia esaten zaio bizidunen banaketa geografikoa eta banaketa horren zergatia aztertzen dituen diziplinari. Atal nagusi bitan sailkatu da, **zoogeografian** eta **fitogeografian**, kontsideraturiko organismoak animaliak edo landareak direnaren arabera. Beste alde batetik, biogeografia egiteko orduan hiru abiapuntu egon daitezke: ikuspuntu deskriptiboa, kausala eta aplikatua.

Biogeografia deskriptiboa fenomeno bizien nahaspilaren deskribapenean aritzen da. Horretarako, zenbait diziplina subsidiarioren laguntzaz baliatzen da: korologia, biogeografia sistematikoa, biogeografia biozenotikoa, eta faunistika eta floristika. **Korologiak** organismoen esparru geografikoak ditu aztergai. **Biogeografia sistematikoaren** helburua ere banaketa espaziala da, baina espezie-talde zabalena, esate baterako ugaztun karniboroena. **Biogeografia biozenotikoak**, modu berean, komunitateen banaketa eta dinamika ikertzen ditu. **Faunistikak** eta **floristikak**, bakoitzak bere alorrean, lurralde geografiko konkretuen inbentarioak osotzen dihardute.

Biogeografia kausala hiru ataletan bana daiteke, alegia, ekologiko, historiko eta esperimentalean. **Biogeografia ekologikoak**, organismoaren eta bizi deneko tokiaren arteko erlazioa ikertzen du, hau da, espezie baten esparru geografikoa muga dezaketen ingurune-faktoreen interpretazioan ahalegintzen da. **Biogeografia historikoak** espezieen gaur eguneko banaketak azaldu nahi ditu, organismoen eta paisaien jatorri eta eboluzioari buruzko datuen bitartez. Hau da, batzuetan ezin da aurkitu inguruneko baldintzen eta komunitate-osaketaren arteko erlazio bakun eta biunibokoa: antzeko baldintzadun lurraldeek espezie desberdinak lojeatzen dituzte beste komun batzuekin batera, eta horren azalpena gertaera historikoen kateamen-du bakarrean bilatu behar da. **Biogeografia esperimentalak** metodo enpirikoen garapenean aritu da banaketa-datu konkretuak analizatzeko, adibidez organismoen sakabanaketa-metodoen azterketan edo balentzia ekologikoarenean.

Biogeografia aplikatuak biogeografia deskriptiboaren eta biogeografia kausalaren emaitzen erabilera praktikoa lortu nahi du. Berorren garrantzia begibistakoa da, esaterako, ikertutako organismoak espezie parasitiko, gaixotasun-bektore edo ekonomikoki garrantzitsuak direnean. Adibidez, etxabereen

domestikazioak alde biogeografiko nabariak ditu. Modu berean, izurriteen kontrol biologikoak oinarritzko osagai biogeografikoa edukitzen du, zeren eta espezie kontrolatzailea jatorrizko esparru geografikotik kanpo erabili ohi baita.

ANIMALIEN ESPARRU GEOGRAFIKOAK: DINAMIKA

Biogeografiaren oinarritzko datuek espezie bakoitzaren banaketa geografikoa dute helburu. Biogeografiak informazio hori sistematizatzen eta azaltzen saiatu behar du. Banaketa biogeografikoak mapetan aurkezten dira, espezie bat identifikatua izan deneko lokalitate guztiak irudikatuz. Begi-bistakoa denez, espezieen esparru geografikoak ez dira guztiz jarraituak; hau da, nahiz eta espezie baten banaketa, eskala handiko mapa batean ikusita, jarraitua dela iruditu, eskala txikian ikus daiteke espeziea soilik leku jakin batzuetan biziko dela, eta ez esparru osoan. Horren azalpena ingurune-heterogeneitatean datza. Esate baterako, espezie dultzikola bat ibai eta lakuetan bizi daiteke, baina ez haien artean dagoen emergituriko lurrian. Edo basoko espezie bat basoak existitzen diren lekuetan agertuko da gehienez.

Espezieen esparru geografikoak oso desberdinak dira zabaltasunari dagozkiola. Espezie batzuk ia edozein lekutan bizi daitezke, baldin eta leku horietako baldintzak egokiak badira beren garapenerako. Espezie horiei **kosmopolita** esaten zaie, eta adibide gisa aipa ditzakegu gizakia, eulia, organismo planktoniko asko, hontza zuria edo lertxun hauskara. Espezie kosmopolitak mundu osoan hedatuta egon arren, baldintza lokal batzuk behar dituzte. Eskakizun horiek desberdintzen dituzte **espezie ubikistetatik**: espezie ubikistak leku guztietan agertzen dira, ez baitute baldintza berezien beharrik, hau da, ekologikoki tolerantzaileak dira oso. Adibidez, bakterio eta alga asko ubikistak dira.

Esparru geografiko handietan zabalduta dauden espezieak, espezie **eurikoroak** direla esaten da, eta esparru geografiko murrizkoei espezie **estenokoro** deritze, eta bai espezie **endemiko** ere. Espezie endemikoak **neoendemikoak** edo **paleoendemikoak** izan daitezke. Neoendemismoen jatorria oraintsukoa da, eta beraien esparrua txikia izaten da, zeren ez baitute nahikoa denbora izan barreiatzeko. Ostera, paleoendemismoen esparru geografiko txikiak behialako banaketa askoz zabalagoen azken aztarnak dira. Espezie paleoendemikoen kasuan, **espezie erlikial** izena ere erabili izan da batzuetan. Adibide modura, jatorria ipar poloaren inguruan duten animalia batzuk aipa ditzakegu: animalia hauek hegoalderantz zabaltu ziren glaziazioetan, baina glaziazioaren atzerakadarekin lokalitate konkretu batzuetan geratu ziren, orain arte.

Oro har, espezie batek bere esparru geografikoan baldintza ekologikoak dituzten toki egoki guztiak betetzen baditu, banaketa hori **jarraitua** dela esaten da. Ostera, banaketa osoa zenbait gune partzialetan zatituta dagoenean, zeintzuk espeziea bizi ez den lurralde batzuetatik aldenutak baitira, orduan, banaketa hori **disjuntua** dela esaten da. Gune partzial desberdinek aldeberean okupatuta egon

behar dute; hau da, disjuntzio kontzeptua ez zaie hegazti edo arrain migratzaileei aplikatzen. Disjuntzioaren ikasketa interes handikoa da biogeografian; espezie desberdinekin era estereotipatuan errepikatzen diren zenbait disjuntziok, izen bereziak jaso dituzte: disjuntzio bipolarra (espezieak polo bietan daude, tartean faltatuz; adibidea *Bathypolypus* generoko txibia da), edo Keilhack-ena (espezieak Iberiar eta Balkandar penintsuletan daude, Italiarrean agertu barik), adibidez.

Disjuntzioak azaltzeko bide bi proposatu dira. Alde batetik, populazio bat lokalitate berri batera ailega daiteke **sakabanakuntzaz**, jatorrizko banaketaren eta lokalitate berriaren arteko lurraldea bete gabe, baldintza egokirik ez daukalako edo beste arrazoren batengatik. Sakabanatzen diren animaliak beren kabuz mugi daitezke, hau da, aktiboki, edo agente baten bidez, pasiboki. Agente eragileak, haizea, ur-korronteak edo beste animalia batzuk izan daitezke.

Disjuntzioak azaltzeko bigarren bidea **bikariantza** da. Bikariantza kontzeptuak, espezie baten banaketa jarraitua apurtu egin dela onartzen du, esate baterako, kontinenteen jitoa dela-eta, edota prozesu orogenesikoren baten kausaz. Modu horretara, azaldu da martsupialioen banaketa disjuntua, edota hegaldibako hegazti handiena (ostruka, emua, ñandua...).

Nahiz eta esparru geografikoa egonkorra dela begitanduko zaigun, **dinamikoa** da izatez. Izan ere, banaketa hedatu, urritu, zatitu eta berraldatu egiten da denboran zehar, eta oro har, espezie baten gaur eguneko esparrua eta antzinakoa desberdinak izaten dira. Bizidunak hedatu egiten dira olio-orbanen antzera; beraz, **banaketa-zentro** deritzona egongo da espezie bakoitzerako. Baina, **barrera geografikoak** oztopatu egin dezakete joera hori. Esate baterako, Mediterraneo itsasoa barrera biogeografiko fisiko modura aritu zen glaziazioetan hegoalderantz mugitu ziren espezieentzat. Basamortuek, mendikate garaiek, itsas osinek edo ibai handiek anitz espezieren hedaketa galarazi dute. Edozelan ere, barrera guztiek iragazgaiztasun partziala dute, eta berorren efektibotasuna, jakina, bizidunen arabera izaten da, barrera orok bahe antzera dihardutelarik. Adibidez, ornodun lurtar gorputzu batek ezin izango du itsasoa zeharkatu; intsektuek, ostera, oso gaitasun handia dute sakabanaketarako, eta are gehiago animalia hegalariek.

Ikuspegi genetikotik begiratuta, barrera geografikoak espezie bateko gene-fluxua murrizten du, eta batzuetan erabat desagerrarazten. Hau da, barrera geografikoak isolamendu fisikoa ekar lezake espeziearen populazioen artean, eta beraz, isolamendu genetikoa gertatuko da, subespezieak sortzeraino ailega daitekeena. Isolamenduak nahikoa denboraz iraunez gero, espezie berriak suerta daitezke. Aipatutakoaren arabera, barrera biogeografikoa espeziazioaren faktore eragilea da.

Hedakuntza eta espeziazio kontzeptu positiboen aurrean, **suntsipena** kontzeptu negatiboa da. Suntsipena oso faktore inportantea da biogeografian eta bai biologia orokorrean ere. Izatez, Lewontin-ek esan duenez, edozein biologok bere

buruari galdetu beharko lioke zergatik bizi izan diren espezie guztien %99,99 suntsituta dagoen. Nahikoa denbora emanda, espezie baten suntsitzeko probabilitatea 1 da, hau da, azkenean guztiak desagertzen dira. Hala ere, biziak jarraitzen du, eta beraz, espezieak suntsitzen diren arren, espezie berriak sortuz doaz.

Suntsipena ingurune-aldaketa oso arinen ondorioa izaten da, hain arinak, ezen espezieak ezin baitira moldatu baldintza berrietara edo ez baitaukate astirik migratzeko. Hau da, aldaketa horien aurrean, espezieek hiru aukera dauzkate: migratu leku egoki batera, moldatu baldintza berrietara edo desagertu. Aipatutako aldaketak fisikoak (ezohiko eguraldia, kutsadura, lurzoruaeren erosioa, habitataren hondamena...) edo biologikoak (lehiakide, harrapakari, bizkarroi edo harrapakinen adizioa edo eliminazioa) izan daitezke. Suntsipenaren mehatxua ez da hain larria izaten espezie oportunistetarako (r estrategak, adibidez), zeren gai baitira oso arin migratzeko eta populazio handiak berreraikitzeke. Ostera, organismo konplexuenek eta oso espezializatuek (K estrategak, oro har) suntsitzeko probabilitate handiak dauzkate ingurune-aldaketen aurrean.

Pleistozenoan, esate baterako, glaziazioak gertatu ziren, eta horien ondorioz ornodun-espezie asko desagertu ziren. Desagerpen horietan gizakiak ere bere erru-partea eduki omen zuen, baina Pleistozenoko giza-populazioak ez ziren oso ugari, orain diren bezala. Gaur egun, gizakia da espezie askoren desagerpenaren erantzule zuzena eta zeharkakoa, dela gainustiaketa bidez dela ekosistemen deuseztapenaren bidez edo pestiziden erabileraren bidez.

ZONA BIOGEOGRAFIKOAK

Bizidunen esparru geografikoen ikasketaren helburu nagusietariko bat zona biogeografikoak zedarritzea da. XIX. mendeko naturalistak zonalde kontinentalak banatzea posiblea zela konturatu ziren, horretarako animalien banaketak aintzat harturik. Alfred Russel Wallace-k (1876), Darwin-ekin batera hautespen naturalaren hipotesia plazaratu zuena, sei eskualde biogeografiko proposatu zuen ornodunen banaketan arabera. *Grosso modo*, eskualde horiexek dira gaur egun onartzen direnak, nahiz eta eskualde batzuen mugak pixka bat aldatuta egon. Mugei buruzko eztabaidak daude oraindik, zeren, gehienetan, soilik zenbait talde taxonomikotarako baitira baliagarri. Funtsean, ondoko eskualde biogeografikoak kontsideratu izan dira:



Munduko eskualde biogeografikoak Sclater eta Wallace-ren arabera (Huggett, 1998tik hartua).

- **Holarktikoa** edo **Boreala** (azpieskualde **Palearktikoa** eta **Neoartikoa** dituena)
- **Orientala** edo **Ekialdekoa**
- **Etiopiarra**
Eskualde Orientala eta Etiopiarra, autore batzuen ustez, eskualde **Paleotropikal** izenekoaren azpieskualdeak lirateke.
- **Neotropikala**
- **Australiarra**
- **Antartikoa**

Zenbait autorek, gainera, trantsizio-zonak aipatu dituzte, Mesoamerikan eta Madagaskarren adibidez, eta bai muga-lerroak ere trantsizio-zona horietan.

Ur gezatako organismoak, hala edo nola, goiko sailkapen horretara egokitu badira ere, itsasoetakoek arazo bereziak aurkeztu dituzte, eta, hori dela-eta, itsasertzeko faunari dagokionez, ondoko sailkapena proposatu da: tropikala, mediterraneo-atlantikoa, boreo-atlantikoa, artikoa, boreo-pazifikoa, austral epela, antiboreal eta antartikoa.

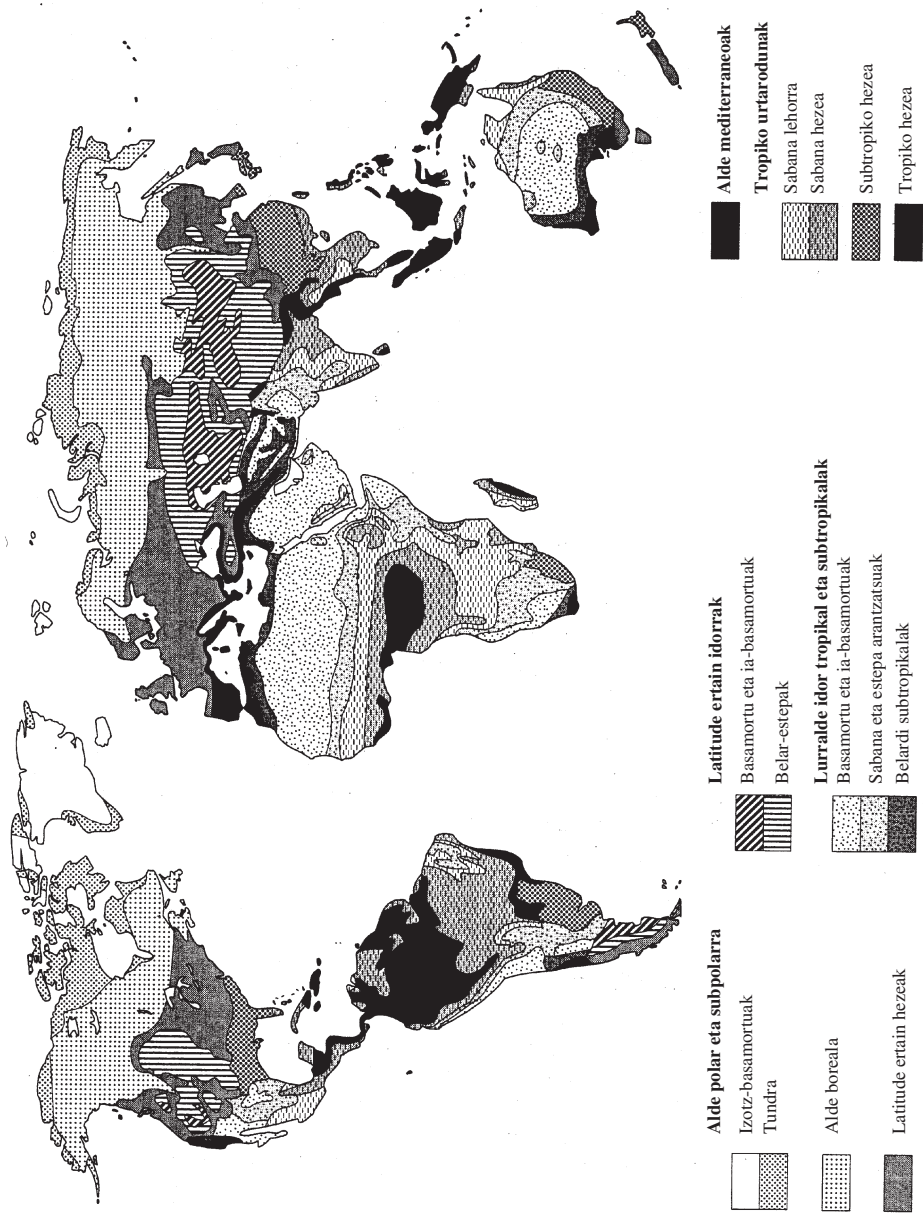
Eskualde biogeografikoen barruan azpieskualde biogeografikoak dauzkagu. Modu berean hierarkikoki antolatutako bestelako gune biogeografiko gero eta mugatuagoak: probintzia, distritu, sektore.

BIOMAK

Lur lehorrean oso paper garrantzitsua jokatzten duten faktore bi daude: urteko batez besteko tenperatura eta plubiositatea. Faktore bi horiek latitude eta altitude geografikoarekin aldatzen direnez, lurrazala zenbait zonaldetan zatitzen dute: **bioma** deritze eta landaredi nagusi bereizgarria edukitzen dute.

Lurreko bioma garrantzitsuenak hurrengo hauek dira: **tundra, taiga, larredia** (sabana, estepa, panpa...), **baso hostogalkor epela, baso mediterraneo** edo **esklerofiloa, basamortua** eta **oihan tropikala**. Zona polarrean ez dago lurzorurik, eta beraz, hor dauden organismoak animaliak dira soilik, itsasoaren menpe daudenak.

Ekuatore eta polo arteko biomen segida horizontala bertikalki errepikatzen da mendi altuen hegaletan gora. Kasu honetan ere, tenperatura eta plubiositatea dira aldagai erabakigarriak. Mendi zenbat eta ipartarragoa izan, are ipartarragoa izango da bere oinarrian dagoen “bioma”, eta beraz, bere hegaletan “bioma” gutxiago egongo dira. Adibidez, zona tropikaleko mendi batean hurrengo “biomak” agertuko dira magaletik tontorreraino: “oihan tropikala”, “baso hostogalkorra”, “taiga” (konifero-basoa), “tundra” (liken- eta zuhaixka-zona) eta “alde polarra” (soilik elurra). Otera, taigako mendi batean: “taiga” (koniferoen basoa), “tundra” (liken- eta zuhaixka-zona) eta “alde polarra” (soilik elurra).



Munduko ekozonen mapa (Huggett, 1998tik hartua).

13. Animali dibertsitatea. Sistematika.

Taxonomia. Nomenklatura. Filogenia.

Animalia Erreinuaren sailkapenerako oinarriak

SISTEMATIKA, TAXONOMIA, NOMENKLATURA ETA SAILKAPENA

Sistematika, zentzu zabalean, diziplina baten objektuen ikasketa ordenatua da. Zoologiaren kasuan, beraz, **Sistematika Zoologikoa** animalien ikasketa taxutua izango da, edo, gauza bera dena, animalien dibertsitatearen diziplina zientifikoa.

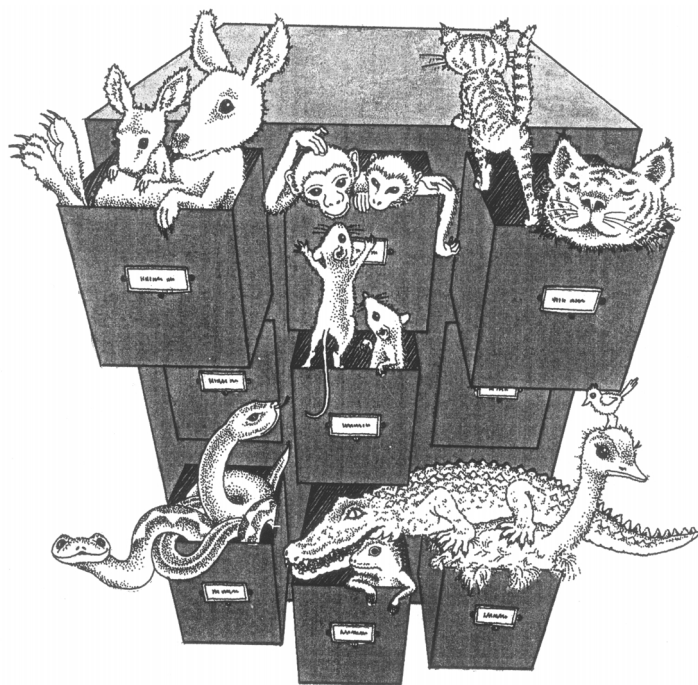
Ezaguera Zientifikoaren teoriaren arabera, edozein zientzian hiru maila bereizi behar dira, ondoz ondokoak eta interaktiboak, hain zuzen, α , β eta γ mailak.

Izatez, **α maila** deskriptiboa da, hau da, animalien deskribapena eskatzen du, eta hortaz katalogoa edo inbentario osoa lortzea. Halandaze, lehen hurbilketa batean sistematikak, animalien katalogoa edo inbentario osoa egin behar du, gorago aipatutako ordenamendu hori egin aurretik. Lehen maila honetan bertan arazo birekin egingo dugu topo, alegia, izenen eta ordenamenduaren kontuekin.

Izenen arazoari dagokionez, alde bi hartu behar ditugu kontuan: batetik, animalien izenak desberdinak dira hizkuntzen arabera, eta bestetik, izen arruntak ez dira zehatzak izaten. Esate baterako, “txakur” hitzak espezie bakarra besarkatzen du, baina “elefante” hitzak espezie bi, baldin eta elefante afrikarra edo elefante asiarra esaten ez badugu. Baina, kasurako, “tximeleta” edo “zizare” hitzen barruan milaka espezie daude, eta gainera, bigarren kasu horretan, *phylum* desberdinetakoak izan daitezkeenak.

Goazen orain **β maila** azaltzera. Behin katalogoa osotuta, animaliak taxutze-ko irizpide egokiak bilatu behar dira. Jakina, irizpideak praktikoak eta konbentzionalak izan daitezke; esate baterako, alfabetikoki sailka ditzakegu animaliak, edo non bizi diren kontuan hartuz (uretan edo lurrean adibidez), edo zer jaten duten, eta abar. Baina, intentzionalitate baten barruan aukeratuko dira Sistematika Zoologikoan erabiliko diren irizpideak, zeren, ahalik eta naturalen izan behar baita lortu nahi dugun sailkapena, hau da, animalien arteko erlazio ebolutiboak islatu nahi ditugu gure ordenamenduan.

Horretaz guztiaz, **Taxonomia** arduratzen da, Sistematikaren diziiplina subsidiarioa delarik. Beraz, Taxonomia erabiliz, hau da, irizpide egokiak maneiatuz, ordenamendu naturala lortuko dugu eta aztertzen ari garen elementuak multzoka taldekatuko. Multzo natural horiek **taxonak** dira. Eta noski, hurrengo fasean taxonak bana-banaka izendatu beharrean aurkituko gara. Kasurako, hasierako “elefantea” bi taxon desberdin bihurtuko da, bata elefante afrikarra besarkatzeko eta bestea elefante asiarra. Jakina, kasu horretan taxonak espezieak dira, baina multzo zabalagoak izan daitezke ere, maila desberdineko irizpide taxonomikoen arabera ezarritakoak, hala nola, Mammalia, Vertebrata, Annelida, Gastropoda, Hymenoptera... Zer esanik ez, maila eta izaera askotako irizpideak erabiliz hainbat eta hainbat taxon sortuko dira, eta izendatu egingo dira elkarrengandik erraz bereizteko. **Nomenklatura** deritzon diziiplina subsidiarioaren laguntza edukiko dugu taxon bakoitzari izen bat esleitzeko.



Sistematika eta Taxonomiaren zeregina: bizidunen eraniztasun itzela ulertu eta sailkatzea (Ridley, 1986tik hartua).

Azkenik, **γ maila** delakoa teoria orokorren gauzatzeaz arduratzen da. Gure kasuan, lorturiko ordenamenduaren kausak bilatuko ditu γ mailak, eboluzio-teoriak proposatuz, esate baterako.

Esan gabe doa, orain arte aipatutako prozesua oso korapilatsua da, zeren eta, animaliak ezin baitira aztertu Sistematikarik egin gabe, baina aldi berean, Sistematika egiteko eta irizpide taxonomikoak egokiro hautatzeko, ezagumendu orokorrak

laburbildu, kondentsatu eta elkarrekin gardainatu behar baitira: paleontologikoak, morfologikoak, fisiologikoak, biogeografikoak, etologikoak... Nolanahi ere, Sistematika Zoologikoaren prozesua bere osotasunean ulertu eta gero, definizio zehatzak azalduko ditugu oraingo honetan:

Sistematika: Bizidunen dibertsitatearen ikasketa zientifikoa da, eta bai ere beraien arteko harremanena. Sistematika Zoologikoa, Simpson-ek “analisi faunistiko” izendatu zuenaz arduratzen da, alegia: animalien deskribapen, denominazio eta sailkapen taxonomikoaz; txoko ekologikoen ikasketaz; animalia taldeen zein antzinekotasunaren zehaztapenaz metodo paleontologikoak erabiliz eta bai analisi korologikoa egiteaz ere jatorri geografikoa agerrarazteko.

Sailkapena: Animaliak ahaidetasunaren arabera taldeetan taxutzea da, eta beraz, Sistematikaren ondorio zuzena.

Taxonomia: Sailkapenaren prozesu teorikoaz arduratzen da, horretarako oinarri, printzipio, prozedura, arau eta legeak ikasirik. Esan dugunez, irizpideak eskaintzen dizkigu sailkapen-bide batzuk aukeratzeko. **Taxon** batek, ordenatu den animalia taldea besarkatzen du, eta, erabilitako irizpidearen arabera, diskriminazio-maila desberdinekoa izango da.

Nomenklatura: Taxonomiak eratutako taxonei izena emateaz arduratzen da nomenklatura, horretarako arau zehatzak landuz.

Filogenia: Animaliek eduki izan duten eboluzioa aztertzen du, arbasoak proposatuz, lerro ebolutiboak ezarri, arbola ebolutiboak justifikatuz, eta abar.

	Taxonomia	Sistematika	Filogenia
objektua	Animaliak edo taxonak, ordenamendurako irizpideak lantzeko	Animaliak edo taxonak, ikergai modura	Historia ebolutiboa
xedea	Taxonak definitzea Sailkapenak egitea	Animalien ezaguera zientifiko osoa	Zuhaitzak egitea Arbasoak proposatzea eta eztabaidatzea Eboluzioari azalpen kausalak ematea Hipotesi prediktiboak egitea

Metodoak Parte handi batean, kointzidenteak, beti konparatiboak izanik. Planteatutakoa hauxe da:

1. Datuak nola lortu
2. Nola erabaki Taxonomian baliagarriak direnak
3. Nola ezarri taxonen arteko harremanak:
 - a. Ordenazio hierarkizatuaren sistema lortzeko (Sailkapena)
 - b. Harreman naturalak ondorioztatzeko (ezagunak ala hipotetikoak)
 - c. Filogenia zehatzak proposatzeko

NOMENKLATURA

Naturalistek animalien katalogazioa egin dute lehenik eta behin; izan ere, gizakia bere inguruko faunaz arduratu da betidanik. Aristoteles eta Plinioren garaian (K.a. IV. mendean eta I. mendean, hurrenez hurren), 500 bat animali espezie ezagutzen ziren, baina XVI. mendetik aurrera espezie-katalogoa zabaltzen egin zen espedizio zoologiko eta fauna fosilen araketaren bidez. Zer esanik ez, nomenklatura-arazoa areagotu egin zen izugarriro, batez ere XVIII. mendean. Mende horretako katalogoa hain handia zenez ezin maneiatzeko bilakatu zen.

Linnaeus aurreko nomenklaturak izen greko edo latinoak erabiltzen zituen, arruntak, baina ez ziren nahikoa inondik inora; sekula ere ez zen jakiten ziurtasun osoz izen bat zein animalari zegokion, edo, bestalde, ezin zitzaion aplikatu grekoek edo erromatarrek ezagutzen ez zuten faunari. Beste batzuetan izen mitologikoak erabiltzen ziren.

Haziz zihoan arazo horri aurre egiteko, zenbait proposamen plazaratu ziren. Esate baterako, Gesner-ek zenbakiak sartu zituen antzeko espezieak bereizteko: *Sturio primus*, *Sturio secundus*, eta abar. John Ray-k, *Historia Insectorum* delakoan (1710), esaldiak erabili zituen espezieak elkarren artean desberdintzeko. Esaterako, armiarma biren kasuan:

1. *Araneus rufus sive avellaneus cruciger, cui utrinque ad superiorem alvi partem quasi singula eminent* (armiarma gorria edo urraren kolorekoa, gurutze batekin, sabel-aldeetan tuberkulu isolatuak dauzkana).
2. *Araneus subflavus, alvo praecipue in summa sui parte et circa latera albicante, plena oculis nigris pellucidis in capite albicante* (armiarma horizta, sabela zurixka alde nabarienean, buru zurixka begi beltzez beteta duena).

Lang-ek (1722) esaldi laburragoak erabiltzen zituen. Esate baterako, *Patella* generoan (lapa), hurrengo espezie hauek bereizi zituen:

1. *Patella striata vertice umbunato integro.*
2. *Patella laevis vertice umbunato.*
3. *Patella laevis vertice acuminato.*
4. *Patella laevis vertice papillari.*

Hau da, XVIII. mendera arteko inbentarioak oso ilun eta nahasgarriak ziren, gaizki karakterizatuta baitzeuden espezieak. Egoera horren aurrean, Carolus Linnaeus-ek (1707-1778) **sistema binomial** bat proposatu zuen izenak esleitzeko, eta bai, horrez gainera, sailkapenerako metodo hierarkikoa ere ezaugarri morfologikoetan oinarritua. Horren guzti horren kanona *Systema Naturae* delakoaren 10. argitalpenean plazaratu zuen, 1758. urtean.

Sistema binomial horren bidez, izenak nolabaiteko etiketa bihurtu ziren, definizio kutsua galdurik. Metodo hori oso arrazional eta erabilgarria zenez, Linnaeus-en proposamenak bidea egin zuen, gaur egun arte iraun duen delarik.

Gaur egun, **Nomenklatura Zoologikorako Nazioarteko Kodean** ezarrita daude Nomenklatura Zoologikoaren arauak. Ohi denez, izen zientifikoak latinoak edo, behintzat, latinizatuak izaten dira, horrela berorien unibertsaltasuna lortuz. Bestalde, izen bakoitza bakarra eta bereizgarria izaten da, espeziea bera den bezala.

Kodeak izen zoologikoen hitzen kopurua ezartzen du: berba bat espezie-tik gorako kategorietarako (Mammalia, Mollusca, Helicidae, Hominidae...), espezie-tarako berba bi (*Homo sapiens*, *Helix aspersa*...), eta hiru subespezie-tarako (*Homo sapiens sapiens*...). Espezie eta subespeziearen kasuan, lehen berba generoaren izenari dagokio; esate baterako, *Homo sapiens* kasuan, *Homo* genero-izena da, beti maiuskulaz hasita idazten dena. Bigarren berba determinatzaile espezifiko da, beti minuskulaz hasita idazten dena. Batzuetan, subgeneroa egon daiteke: parentesi artean eta maiuskulaz hasita idazten da, generoaren eta determinatzaile espezifikoaren izenen artean; adibidez, *Marmorana (Murella) muralis* barraskiloaren kasuan, *Murella* da subgeneroaren izena.

Genero, espezie eta subespezieen izenak *kurtsibaz* edo *azpimarratuta* idazten dira. Batzuetan, espeziearen izenaren ondoan, deskribatzailearen izena eta urtea (hau da, taxona nork deskribatu eta zein urtetan argitaratuta dagoen) jartzen dira; adibidez, *Homo sapiens* Linnaeus, 1758. Batzuetan, deskribatzailearen izena eta data parentesi artean agertzen dira; horrek generoaren izena aldatu egin dela esan nahi du, hots, lehen aldiz deskribatu zenetik hona espeziea beste genero batean kokatu dela. Adibidez, barraskilo baten izena *Helix nemoralis* Linnaeus, 1758 izan zen deskribatu zenean, baina orain *Cepaea nemoralis* (Linnaeus, 1758) da. Kontuan hartzekoa da ere, taxon guztiek dauzkatela deskribatzailea eta deskribapen-data, nahiz eta normalean ez diren adierazten.

Edozelan ere, nomenklaturaren prozesuan zehar, zenbait ezbehar eta gorabehera gerta daitezke. Garrantzizkoenak homonimia eta sinonimia dira: **Homonimia** dagoela esaten da autore desberdinek izen berbera eman dietenean taxon desberdinei. Espezie-mailan arraroa izan arren, nahikoa arrunta da genero-mailatik gorako kategorietan. Adibidez, Decapoda izena eman zaio krustazeo-talde bati eta bai zefalopodo-talde bati (orain balio ez duena). **Sinonimia** dago taxon bakar batek izen bat baino gehiago jaso ditutenean. Arrunta da oso espezie-mailan, eta izatez hainbat espeziek dauzkate sinonimoak. Esate baterako, *Helicella itala* (Linnaeus, 1758) eta *Helicella ericetorum* (Müller, 1774) izen binomialok sinonimoak dira, barraskilo-espezie bakar bat izendatzeko erabili izan direnak. Bai homonimiaren eta bai sinonimiaren kasuan ere, balio duen izena zaharrena da normalean; beraz, azken adibidean, *Helicella itala* (Linnaeus, 1758) da gaur egun balio duen izena.

ESPEZIE KONTZEPTUA

Aipatu denez, zoologoen betebeharren arteko lehenengoetariko bat espezieak bereiztea litzateke. Baina, arazo galanta da espeziea zer den definitzea. Espeziearen kontzeptua intuitiboa da gehienbat, eta jadanik 1686. urtean Ray-k filiazio-harremanaz definitu zuen, baina, ikuspegi guztiz fixista baten barruan. Linnaeus-en ustez, espezieak mudaezinak ziren, Jainkoak sortu zituen bezalakoak. Kontzeptu hau ere fixista da, bai, noski.

Alabaina, 1859. urteaz geroztik ideia eboluzionistak aurrera zihoazelarik, fixismoa maldan behera abiatu zen. Paleontologia, anatomia konparatua eta aldaketa morfologiko geografikoa eboluzioaren alde mintzatzen hasi ziren, eta berorrek batera, espeziearen kontzeptua aldatu behar izan da. Izatez, eta hasteko, espezie delakoa mudakorra izan behar da, eta, horrenbestez, espezie-definizioa gero eta korapilatsuagoa izango da, behintzat praktikan. Dena den, filiazioaren printzipioak oinarritzeko izaten jarraitzen du.

Hau da, ikuspegi genetiko batetik, espezie berekoak dira gene-multzo berean estekatuta dauden animaliak, hots, espezieak, Mayr-en ustez (1942, 1969), elkarrekin ugaltzen diren animali populazioen multzoak dira, edo behintzat potentzialki ugaltze egin daitezkeenak, eta, hortaz, ugaltze-kontuetan beste antzeko taldeekiko isolatuta daudenak.

Jakina, kontzeptu honen arazoa praktikan agertzen da. Eta ez soilik fosilei dagokiela (esate baterako, nola baieztatu daiteke trilobite-populazio bi elkarrekin ugaltzeko gai zirenetz), baita egungo faunarekin ere: oro har, zoologoek ezin dute frogatu populazio biren artean gene-trukea posible ote den. Areago oraindik, zoologoek gehienetan bildumetako ale kontserbatuekin egiten dute lan. Argi dagoenez, irizpide genetikoak helezina izaten da, oro har, espezieak zehazteko unean.

Beraz, praktikan beste bideren batetik abiatu beharko da, irizpide errazagoak bilatuz. Irizpide horiek **irizpide morfologikoak** izaten dira, zeintzuk errazena baitira behatzeko eta kontserbatzeko. Edozelan ere, logikoak dira, zeren eta, suposatu egiten badugu espezie batek kohesio genetiko mantendu behar duela, orduan logikoa baita itxarotea aleen aldaketa morfologikoa leuna eta jarraitua izatea espezie baten barruan, eta, era berean, ez-jarraitua edo bat-batekoa espezie desberdinen artean. Beraz, nahiz eta teorian espeziearen kontzeptua populazioen propietate ugaltzaileetan oinarrituta egon, praxian batez ere morfologiak lagunduko gaitu espezieak bereizteko unean.

Gaur egun, badira Nomenklatura Zoologikorako Nazioarteko Kodeak zehazturiko zenbait arau Zientziarako berria den espeziearen deskribapenerako. Alde batetik, eta posible denean, noski, ale-kopuru handiekin egin behar da lan, aleak populazio desberdinetakoak izanik. Aztertu egin behar dira ahalik eta ezaugarri gehien: morfologikoak, ekologikoak, fisiologikoak, etologikoak eta abar. Datu

horiekin guztiekin espeziearen deskribapena egin eta argitaratu behar da. Horretarako erabili den material biologikoak edozein zientzialariren eskumende egon behar du, eta horregatik normalena izaten da material biologiko hori erakunderen batean depositatzea, unibertsitate edo museoren batean, egokiro kontserbatuta. Deskribapenarekin batera, “tipoa” edo “ale tipikoa”, edota zehazkiago **holotipoa**, designatzen da. Ale horixe da, deskribatzailearen ustez, espeziea ondoen errepresentatzen duena. Holotipoarekin batera, deskribapenerako erabili diren gainerako aleak aipatzen dira argitalpenean; beroriek **paratipoak** dira. Holotipoak eta paratipoek **serie tipiko** deritzona osotzen dute.

Baldin eta edozein arrazoi dela kausa (galdu edo desegin) holotipoa desagertzen bada, orduan **lektotipoa** definitu behar da. Hau da, serie tipikoan beste ale bat aukeratu behar da lehengo holotipoa ordezteko. Eta serie tipiko osoa galtzen den kasurako, Nazioarteko Kodeak **neotipoa** aukeratzea agintzen du espezie barruko aleen artean.

Errutinazko prozedura hauek guztiz betebeharrekoak dira, eta **tipoaren metodoa** izenaz ezagutzen dira.

Espezieek ez ezik, generoek ere bere tipoa daukate. Genero baten tipoa espezie bat da, **espezie nominal** izenekoa. Espezie hori da generoa deskribatzeko abiapuntutzat erabili izan dena.

TAXONOMIAREN GAINEAN

Arestian azaldu denez, behin katalogoa burutu eta gero, taxuketaren arazoa planteatzen da. Orduan Taxonomia (*taxis*, ordenazioa; *nomos*, araua) bidez lortzen da sailkapena. Baldin eta animaliak era praktikoa edo konbentzionalen (kasurako, animalien tamaina edo koloreen arabera, edo alfabetikoki) ordenatzen baditugu, hau da, irizpide artifizial baten arabera, orduan α mailan dago Taxonomia. Baina, ordenazio arrazionala egiten badugu, hau da, egokiro aukeratutako irizpide taxonomikoen arabera, orduan β mailan gaude, eta, ondorioz, animaliak maila desberdinetako multzoetan sailkatuta agertuko dira. Multzo horiek **taxonak** dira, eta **kategoria taxonomiko** desberdinetan hierarkizatuta egoten dira.

Zoologok zazpi kategoria taxonomiko nagusirekin egiten dugu lan: **erreinua**, **phyluma**, **klasea**, **ordena**, **familia**, **generoa** eta **espeziea**. Gainera, beste kategoria taxonomiko subordinatu batzuk daude, aipatutako kategoriei “sub”, “super”, “infra” eta horrelako aurrizkiak erantsiz gero: suberreinua, *superphyluma*, *subphyluma*, superklasea, eta abar. Horietaz gain, subfamilia eta generoaren artean **tribu** kategoria erabil daiteke. Nomenklatura Zoologikorako Nazioarteko Kodearen arabera (NZNK), kategoria taxonomiko batzuen taxon-izenek atzizki bereziak eduki behar dituzte:

Superfamilia: -oidea

Familia: -idae

Subfamilia: -inae

Tribu: -ini

Goi-mailako kategoriako taxonak gutxi dira, eta behe-mailako kategoriakoak besarkatzen dituzte korrelatiboki. Badakigunez, bost erreinu onartzen dira, alegia, Monera, Protista, Fungi, Plantae eta Animalia, baina azken horren barruan 35en bat *phylum*. Era berean, kasurako Annelida *phylum*ak hiru klase ditu, Polychaeta, Oligochaeta eta Hirudinea, eta eurotariko lehenengoak bederatzi ordena. Eta abar, eta abar.

Adibide modura, ikus ditzagun gizaki eta lur-barraskilo arruntaren sailkapenak:

Kategoria taxonomikoa	Taxona	Taxona
Erreinua	Animalia	Animalia
Suberreinua	Eumetazoa	Eumetazoa
Phyluma	Chordata	Mollusca
Subphyluma	Vertebrata	Adenopoda
Klasea	Mammalia	Gastropoda
Subklasea	Eutheria	Pulmonata
Ordena	Primates	Stylommatophora
Superfamilia		Helicoidea
Familia	Hominidae	Helicidae
Subfamilia		Helicinae
Tribua		Helicini
Generoa	<i>Homo</i>	<i>Helix</i>
Subgeneroa		<i>Cornu</i>
Espezia	<i>Homo sapiens</i> L., 1758	<i>Helix (Cornu) aspersa</i> Müller, 1774

Esan gabe doa, lortuko den ordenamendua hautaturiko irizpide taxonomikoen menpe egongo da. Arestian azaldu dugunez, taxuketa “naturala” eskuratzen ahalegindu behar da, baina, hala eta guztiz ere, autore desberdinek sailkapen desberdinak eratzen dituzte, ez baitatoz bat erabili beharreko irizpide taxonomikoak aukeratzean.

Edozelan ere, eta ikerketa sakonduz doala, hirugarren maila bateraino iritsiko gara: lehen maila deskriptiboa (α) eta bigarren maila taxutzailea (β) gainditu dira dagoeneko. Oraingo honetan, egindako ordenamenduaren filosofia subjazentea bilatu behar da (γ), hau da, ordenamenduaren kausak zehaztu nahi dira, eta horrela, eboluzio-teoriarekin egingo dugu topo.

Lehen taxonomoek Jainko kreatoraileak sorturiko ordena islatzea zuten helburutzat katalogoaren ordenamendua egitean, eta horixe bera adierazten digu Linnaeus-en liburu kanonikoaren izenburuak, *Systema Naturae* delakoak. Gaur egun ere, Sistematika Zoologikoa animaliak taxonez taxon ordenatzen saiatzen da,

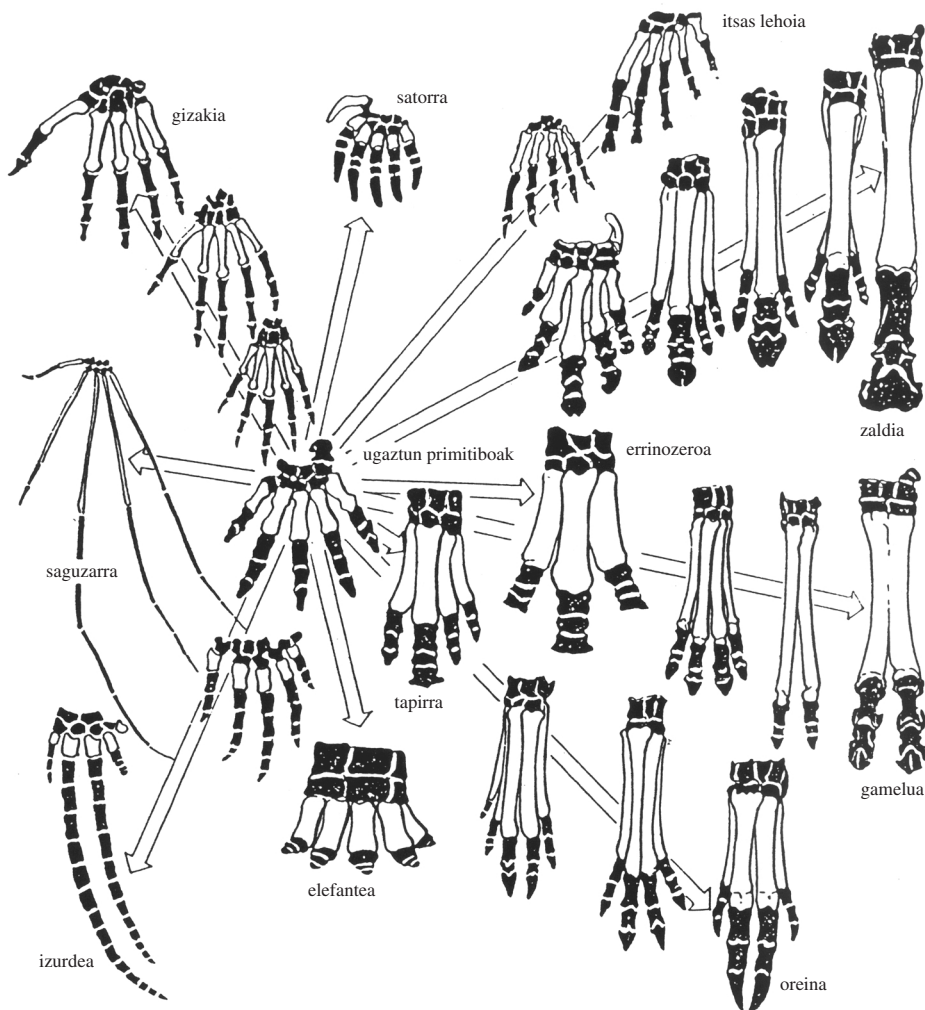
baina, ordenamendu horrek animalia taldeen historia ebolutiboa ahalik eta doituen adierazita. Beraz, taxon biren arteko hurbiltasuna, duten ahaidetasun filogenetikoaren ondorioa izango litzateke, eta izatez, autorerik autore aurki ditzakegun sailkapen desberdinak, oinarrian, historia ebolutibo desberdin samarrak onartzetik eratorriko dira.

Halandaze, irizpide taxonomikoak filogenetikoak izango dira azken batean. Mota bikoak izaten dira: zuzenak eta zeharkakoak.

Irizpide zuzenak paleontologikoak dira eskusiboki, zeren, beroriek artez-artezean erakusten baitute bizidunen historia ebolutiboa. Baina, zenbait arazo agertzen dira: alde batetik, datazioa, problematikoa izaten dena sarri askotan; bestetik, fosilizazio-prozesua, zeren bizidun batzuek ez baitute arrasto fosilgarririk uzten, eta uztektan ere arazorik egon daiteke, ingurunean fosilizatzeko baldintza aproposik ez bada. Gainera, irizpide paleontologikoak gehienetan hutsunez beteta daude, fosil-serieak ezin dira-eta osotu.

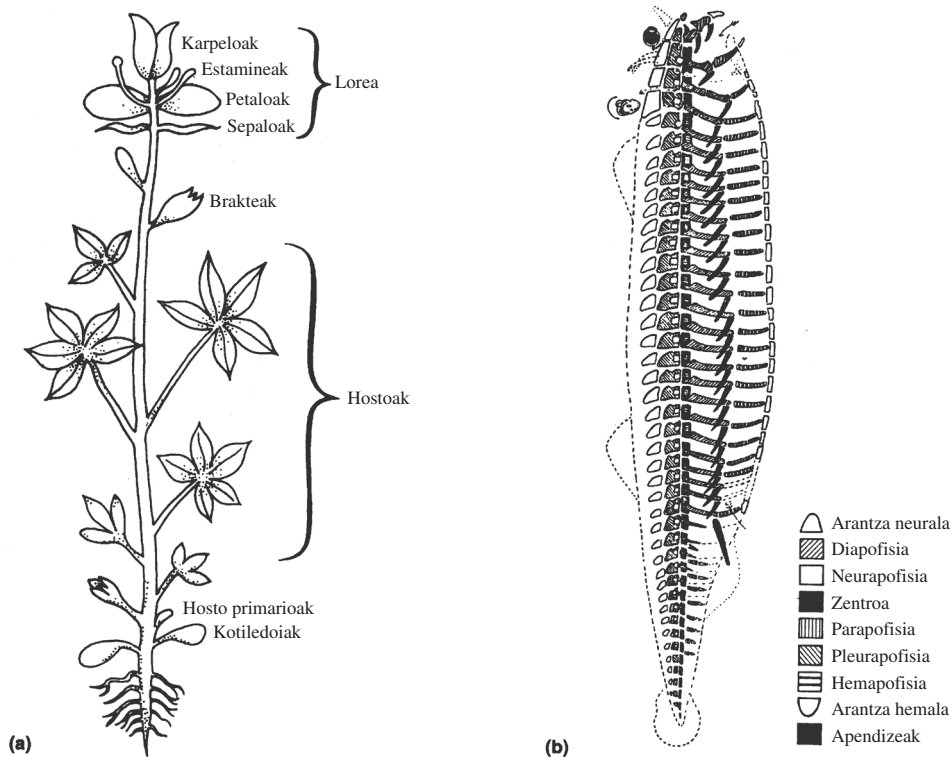
Hori dela-eta, beste irtenbide batzuk bilatu behar dira, eta orduan, filogeniarekin erlazionatutako zeharkako datuetara jotzen da. Nagusiki, datu morfologikoak izaten dira. Datu morfologikoak anatomia, histologia eta organografia konparatuetatik eratortzen dira, eta eskema orokorrak, ereduak edo arbaso hipotetikoak zirriboratu eta proposatzeko balio dute. Dena den, ezaugarri morfologikoak erabilgarriak izatekotan ahaidetasunean oinarritu behar dira, hau da, **homologiak** ezarri behar dira.

Ezaugarri bi (direla organo, aparatu, sistema, gorputz-zati, eta abar) **homologoak** izaten dira jatorri ontogenetiko berbera eta egitura-plan berbera dauzkatenean, nahiz eta morfologikoki desberdinak izan funtzio desberdinak betetzeagatik. Esate baterako, ornodun tetrapodoen gorputz-adarrak homologoak dira: saguzarren hegoa, primateen besoa, zaldi-behorren aurreko hanka, usoaren hegoa, balearen aurreko hegatsa...



Xehetasun anatomikoak konparatzean, homologia kontzeptua garatu zen; oso emankor suertatu da animalien ahaidetasun-harremanak ezartzeko (Riedl, 1983tik hartua).

Aitzitik, kontu handiz ibili behar da **analogiekin**. Izan ere, egoera bati ego-
kituz, hau da, moldaera dela-eta, jatorri ontogenetiko desberdina duten organo bik
konbergitu egin dezakete antz nabarmena lortu arte. Esate baterako, intsektu eta
hegaztien hegoak, edo arrain eta izurde edo baleen gorputz-forma, edo ornodunen
eta molusku zefalopodoen begiak... Dena den, gehien-gehienetan anatomia edota
histologia konparatua nahikoa izaten da jatorrizko desberdintasun ezkutua agerra-
razteko. Eta enbriologia eginez, ez da duda-izpirik geratzen.

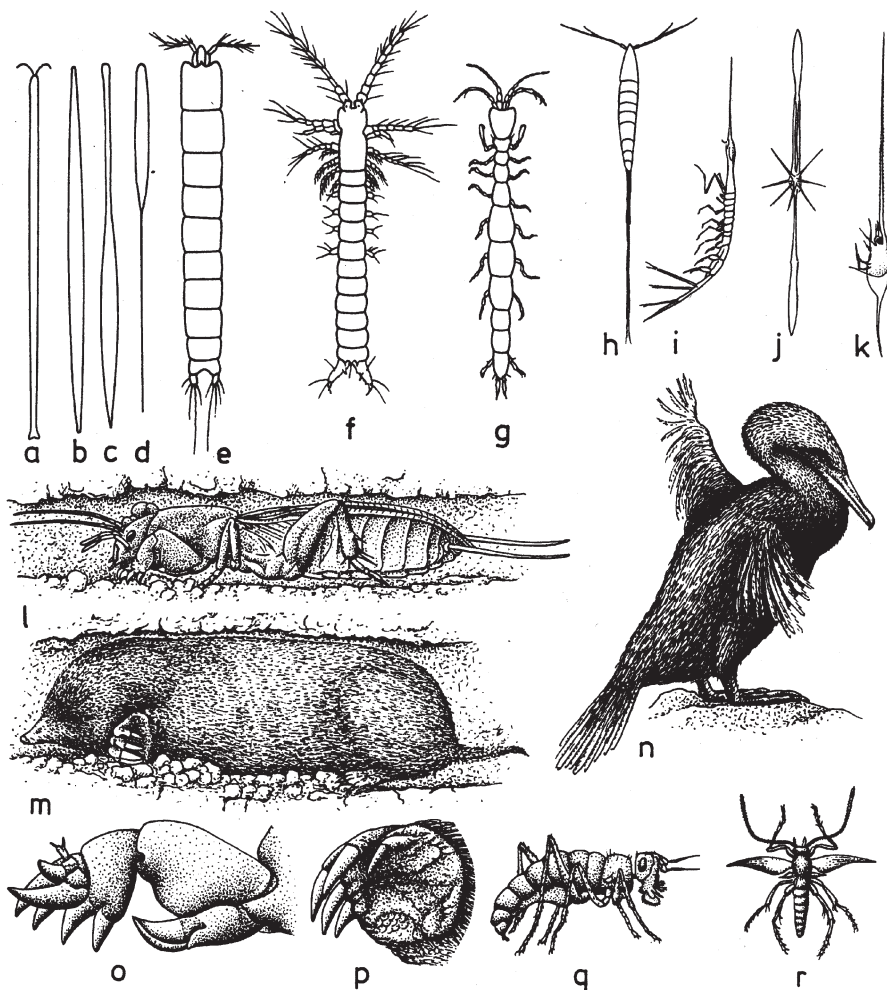


Landareen eta ornodunen arketipoak. A, Goethe-ren ustean landare baten egiturak hosto batetik eratorriak izan zitezkeen. B, Ornodun arketipiko baten bizkarrezurreko orno guztiak, Owen-en iritziz, antzekoak dira kraniotik buztaneraino. (Strickberger, 1990etik hartua).

Bestetik, datu morfologikoen barruan, ezaugarri ontogenetikoak dauzkagula aipatu behar da, baina, baliagarritzat jotzeko, aurretik Haeckel-en “lege biogenetiko oinarritzkoa” onartu behar da. Lege horrek “ontogeniak taldearen filogenia islatzen duela” diosku. Erabili ahal diren beste zenbait irizpide, taldeen arabera, hurrengo hauek dira: fisiologikoak (adibidez, metabolismo homologoak), ekologikoak (bizkarroien konparaketak), etologikoak (kantuak, gorteiuk), biogeografikoak (sakabanakuntza-zentroak), biokimikoak (kitinaren presentzia), serologikoak (primateen sailkapenerako)...

Homologia eta analogia kontzeptuei lotuta, animalien eboluzio-ereduak aztertuko ditugu. Alde batetik, animalia talde bik edo ezaugarri bik gero eta antzekotasun handiagoa dutenean (kasurako, intsektu eta hegaztien hegoak; analogoak dira), **konbergentzia**z mintzatuko gara. Bigarrenez, **dibergentzia** daukagu, animalia talde bik edo ezaugarri bik gero eta antzekotasun txikiagoa dutenean (esate baterako, molusku gastropodoen maskorra eta zefalopodoen luma; homologoak dira). Hirugarrenez, **erradiazioa** edo **dibergentzia anizkoitza** arbaso komunitik;

kasu honetan, talde edo ezaugarri bi baino gehiago daude kontenplatuta. Azkenik, **paralelismoa** daukagu animali talde bik edo gehiagok antzeko aldaketa pairatu dutenean eboluzioan zehar.



Konbergentzia adaptatiboa. A-G, Forma luzatuak, harea-garauen arteko zirrikituetan bizi diren animalietan. A, *Protodrilus* arkianelidoa. B, *Coelogynopora* turbelarioa. C, *Trachelocerca* ziliatua. D, *Urodasys* gastrotrikoa. E, *Paranosetella* kopepodoa. F, *Derocheilocaris* mistakokaridoa. G, *Microcerberus* isopodoa. H-K, Forma luzatuak planktoneko animalietan. H, *Microsetella* kopepodoa. I, *Rhabdosoma* anfipodoa. J, *Amphilonche* erradiolarioa. K, *Porcellana* dekapodoaren zoea larba. L-P, Animalia indusleak. L, *Gryllotalpa* luhartza. M, *Talpa* satorra. O, Luhartzaren hanka induslea. P, Satorraren hanka induslea. N-R, Irltako animalia hegabakoak. N, *Nannopterum harrisi* Galapago irltako ubarroia. Q, *Calycopteryx* Kerguelen irltako eulia. R, *Embryonopsis* Kerguelen irltako tximeleta. (Siewing, 1985etik hartua).

Irizpide taxonomikoak kontuan hartuta, eta NZNK delakoaren prozedura beteta, sailkapena lortzen da, zeinak animalia talde jakinaren filogenia islatzen baitu nolabait. Baina, filogeniak proposatzeko orduan, taxon monofiletikoak eraikitzen ahalegindu behar da. **Taxon monofiletikoak** taldeko kide guztien arbaso komun oraintsukoena besarkatzen du, eta bai ondorengo guztiak ere. Esate baterako, gaur egun, autore guztien ustez, molusku-talde guztietarako arbaso bakarra dago; beraz, moluskuen taldea monofiletikoa da. Ostera, antza denez, bareak zenbait bide filogenetiko desberdinetatik eboluzionatu dira, eta horregatik ez daude sailkatuta talde soil batean. Beraz, bareak polifiletikoak dira. Hau da, **taxon polifiletikoak** ez du besarkatzen kide guztien arbaso komun berriena, eta hori dela-eta taldeak, gutxienez, bi jatorri filogenetiko independente dauzka. Beste adibide erraz bat Radiata taldean aurki daiteke: simetria erradiatua dela-eta, Cnidaria eta Echinodermata *phylumak* talde horretan sailkatu ziren, baina, noski, simetria-mota hori konbergentziaz lortu dute. Azkenik, **taxon parafiletikoa** daukagu: taldearen kide guztien arbaso komun berriena besarkatzen du baina ez ondorengo guztiak. Taxon parafiletikoak zein polifiletikoak, oro har, espezieen ezagutza eskasa dela kausa eraiki dira.

Amaitzeko, arbola filogenetikoaren behaketatik, nagusiki, hiru motatako prozesu ebolutiboak daudela atera daiteke: 1. **Estasigenesia**: Egonkortasuna dakar. Estasi-genesiaren ondorioak fauna erluktikoak eta fosil biziak dira (zelakantoa, nautiloa...). 2. **Anagenesia**: Hobakuntza biologikoa dakar. Talde baten eboluzioan aldaketak metatzen direnean gertatzen da. Esate baterako, anfibio eta narrastien kasuan, besteak beste arrautza kleidoikoa asmatu zenean ura uzteko posibilitatea agertu zen, eta narrastiak sortu ziren horrela. 3. **Kladogenesia**: Dibergentziantz eta aniztasunaren emendiorantz jotzen du.

ESKOLA TAXONOMIKO EDO SISTEMATIKOAK

Aipatu dugunez, filogeniak eraikitzeko taxon monofiletikoak proposatzen saiatu behar da. Animalia talde baten filogenia, nolabait, hiru modutara azal daiteke: arbola filogenetikoa, sailkapena edo eszenario ebolutiboa. Hiru modu horietara adieraz daiteke eboluzioari buruzko gure interpretazioa. Edozelan ere, hiru formatu desberdin horiek eboluzioari buruzko hipotesiak errepresentatzen dituzte, edo arbaso komunari buruzko hipotesiak (edo arbaso eta ondorengoen arteko erlazioei buruzko hipotesiak). **Dendrograma** da hipotesi ebolutiboa aurkezteko modu egoki eta ez anbigua. Hiru motatako dendrogramak eraiki daitezke, **fenogramak**, **kladogramak** eta **arbola ebolutiboak**, zeintzuk erlazionatuta baitaude gaur egungo hiru eskola sistematiko edo taxonomikoekin, hurrenez hurren: **taxonomia numeriko** edo **fenetikoarekin**, **taxonomia kladistiko** edo **filogenetikoarekin** eta **taxonomia klasiko** edo **ebolutiboarekin**.

Taxonomia numerikoa edo fenetikoa (Sneath eta Sokal, ≈ 1950)

Taxonomia numerikoa ikerketa fenetikoan oinarrituta dago, hots, agerian dagoenaren azterketan, eta metodo estatistikoak eta analisi multibarianteak erabiltzen ditu distantzia taxonomikoak lortzeko, eta horietatik abiatuta fenogramak eraikitzeko. Taxonomia numerikoaren filosofia hurrengoan datza: inoiz ez da posible jakitea zein den animalia-talde baten filogenia zuzena (hau da, errealitatean benetan gertatu izan zena); beraz, nahikoa da konbenientziaz sailkatzea, horretarako bizidunen ahalik eta ezaugarri gehien erabiliz, eta guztioi garrantzi berbera esleitzen zaiela. Laburtuz, prozedura hurrengo da:

1. Datu-matrizea. Dimentsio batean sailkatu behar diren espezieak kokatzen dira, eta bestean ezaugarriak.

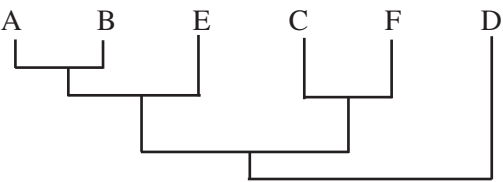
	A espeziea	B espeziea	C espeziea	D espeziea		N espeziea
a ezaugarria						
b ezaugarria						
c ezaugarria						
d ezaugarria						
e ezaugarria						
.....						
n ezaugarria						

2. Kidetasunen matrizea. Espezieak binaka konparatzen dira. Ezaugarri guztiak kontuan hartuta, indize baten bidez analizatzen da zein kidetasun dagoen espezieen artean. Horrela kidetasunen matrizea egiten da, non indize horren baloreak adierazita baitaude. Matrizea diagonalak eta simetrikoa da.

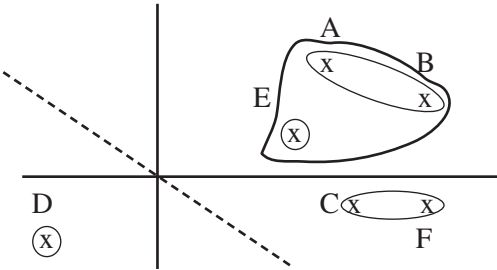
	A espeziea	B espeziea	C espeziea	D espeziea		N espeziea
A espeziea	-----					
B espeziea		-----				
C espeziea			-----			
D espeziea				-----		
.....					----	
N espeziea						-----

3. Balioak grafikoki errepresentatzen dira, ikusteko espezie bakoitzak zein puntutarainoko kidetasuna duen besteekiko. Modu bitan egin daiteke:

3.1. Taldekamenduen analisisa. Sistema hierarkizatua eraikitzen da espezie guztiekin. Elkarren arteko antz handiagoa duten espezieak fenograman hurbil geratzen dira elkarren artean.



3.2. Ordenazioaren analisia. Ordenazioa egiteko n ardatz (non, n = ezaugarrien kopurua) hartzen dira kontuan. Baina n 3 baino handiagoa bada, ezin da emaitza errepresentatu. Horregatik, analisi multibariantea egin behar da (osagai nagusien analisia), n ardatz horiek 3raino murrizteko. Hiru ardatz horiek osagai nagusi I, II eta III dira, eta hor posible izango da emaitzak errepresentatzea. Antz handiagoa duten espezieak hurbil geratuko dira, eta haien arteko distantzia desberdintasunaren neurria izango da.



Taxonomia kladistikoa edo filogenetikoa (Hennig, 1950, 1966)

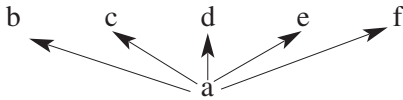
Honen bidez, kladogramak edo arbola filogenetiko hipotetikoak eraikitzen dira, taxonen harreman antzestraletan oinarrituta. Kladismoaren helburua, talde monofiletikoen arteko ahaidetasun-harremanei buruzko hipotesi testagarriak proposatzea da. Taxonomia numerikoan egiten den bezala, lehenago datuen matri-
zea egiten da, baina ezaugarriak gutxiago dira, eta, gainera, aukeratuak. Ezaugarri bakoitzak egoera desberdin bitan agertu behar du, egoera bi horiei polaritate tenporala onartzen zaielarik: bata zaharragoa da (**egoera plesiomorfikoa**) eta bestea modernoagoa edo eboluzionatuagoa (**egoera apomorfikoa**).

espezieak ezaugarriak	A: anfioxoa	B: arraina	C: igela	D: muskerra
a: notokorda	1	1	1	1
b: bizkarrezurra	0	1	1	1
c: kiridioa	0	0	1	1
d: birika	0	0	0/1	1
e: arrautza amniotikoa	0	0	0	1

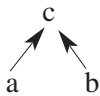
non, 0 = egoera plesiomorfikoa eta 1 = egoera apomorfikoa

(a ezaugarria kontuan hartuta, ezin da taxonen diskriminaziorik egin, baina talde osoa definitzeko erabil daiteke)

4. Espezie batek espezie berri asko sortzen ditu (erradiazioa), habitat edo txoko berrietara moldatzean edo jatorrizko banaketa-azalera apurtu egiten denean:



5. Espezie berri bat hibridazioz sortzen da (soilik landareetan):



Taxonomia klasikoa edo ebolutiboa (Mayr, Simpson, 1940, 1969)

Taxonomia klasikoa, hautespen naturalean oinarritutako eboluzioari buruzko teoriatik abiatu da (Darwin eta Wallace, ≈1850; Mayr eta Simpsonen “Sintesi berria” izenekoa, ≈1940). Taxonomo klasikoek ustez, espeziazioak prozesu independente bi besarkatzen ditu: ugal isolamenduaren lorpena eta txoko ekologikoaren desberdintasunen lorpena, zeintzuek ezaugarrien dibergentzia sorrazten baitute.

AMAITZEKO

Taxonomia numerikoa, kladistikoa edota klasikoa erabiliz, azken finean, animalia dibertsitatea islatzen duen sailkapena lortuko dugu. Beraz, sailkapen zoologiko naturala animalia eboluzioari buruzko hipotesizat hartu behar da.

Hona hemen Animalia erreinuaren sailkapen bat (Brusca & Brusca, 1990 —eraldatua—):

ANIMALIA edo METAZOA erreinua

Mesozoa

- Orthonectida *phyluma*
- Rhombozoa *phyluma*
- Placozoa *phyluma*
- Monoblastozoa *phyluma*

Parazoa

Porifera *phyluma*

Eumetazoa

(diploblastikoak)→

Cnidaria *phyluma*

Ctenophora *phyluma*

(triploblastiko azelomatuak)→

Platyhelminthes *phyluma*

Nemertea *phyluma*

(triploblastiko pseudozelomatuak)→

Gnathostomulida *phyluma* (?)

Nematoda *phyluma phyluma*

Nematomorpha *phyluma*

Entoprocta *phyluma* (= Kamptozoa)

Rotifera *phyluma*

Gastrotricha *phyluma*

Kinorhyncha *phyluma*

Priapula *phyluma*

Acanthocephala *phyluma*

Loricifera *phyluma*

Micrognathozoa *phyluma*

(triploblastiko zelomatuak)→

Annelida *phyluma*

Sipuncula *phyluma*

Echiura *phyluma*

Pogonophora *phyluma*

Vestimentifera *phyluma*

Arthropoda *phyluma*

Onychophora *phyluma*

Tardigrada *phyluma*

Pentastomida *phyluma*

Mollusca *phyluma*

Phoronida *phyluma*

Ectoprocta *phyluma* (= Bryozoa)

Brachiopoda *phyluma*

Echinodermata *phyluma*

Cycliophora *phyluma* (?)

Chaetognatha *phyluma*

Hemichordata *phyluma*

Chordata *phyluma*

Bibliografía

- Barnes, R. S. K.; Calow, P.; Olive, P. J. W.; Golding, D. W. eta Spicer, J.I. (2001): *The Invertebrates. A Synthesis*, Blackwell Science, 497 or.
- Brusca, R. C. eta Brusca, G. J. (1990): *Invertebrates*, Sinauer Associates, Inc. 922 or.
- D'Ancona, H. (1960): *Tratado de Zoología (I-II)*, Ed. Labor S.A., 1054 or.
- Eckert, R.; Randall, D. eta Augustine, G. (1988): *Fisiología animal. Mecanismos y adaptaciones*, Interamericana-McGraw-Hill, 683 or. (1992).
- Fernandes, V. (1982): *Zoologia*. Editora Pedagógica e Universitária. Sao Paulo.
- Gardiner, M. S. (1978): *Biología de los invertebrados*, Ed. Omega, 940 or.
- Gould, S. J. (1977): *Ontogeny and Phylogeny*, Harvard University Press, 501 or.
- Grassé, P. P.; Poisson, R. A. eta Tuzet, O. (1970): *Zoologie I. Invertébrés*, Masson et Cie, 935 or.
- Hadorn, E. eta Wehner, R. (1972): *Zoología general*, Ed. Omega, 560 or. (1977).
- Hickman, C. P. Jr.; Roberts, L. S.; Parson, A. (2001): *Principios integrales de Zoología*, McGraw-Hill-Interamericana, 895 or. (2002).
- Huggett, R. J. (1998): *Fundamentals of Biogeography*, Routledge, 261 or.
- Little, C. (1983): *The colonisation of land. Origins and adaptations of terrestrial animals*, Cambridge University Press, 290 or.
- Rallo, A. (1996): *Introducción a la Zoología General*, Bilbao, 51 or.
- Ridley, M. (1986): *Evolution and Classification. The Reformation of Cladism*, Longman, 201 or.
- Riedl, R. (1983): *Biología del conocimiento: los fundamentos filogenéticos de la razón*, Ed. Labor, Barcelona.
- Ruppert, E. E. eta Barnes, R. D. (1994): *Invertebrate Zoology*, Saunders College Publishing, 1056 or.
- Siewing, R. (arg.). (1985): *Lehrbuch der Zoologie. Band 2. Systematik*, Gustav Fischer Verlag, 1107 or.
- Strickberger, M. W. 1990. *Evolución*, Ed. Omega, 573 or. (1993)
- UZEI (1984): *Biología/1. Landare eta animalien izenak*, Elkar, 533 or.
- , (1987): *Biología/3. Ekologia hiztegia*, Elkar, 413 or.
- , (1988): *Biología/4. Zoologia hiztegia*, Elkar, 721 or.
- Weisz, P. B. (1982): *La ciencia de la zoología*, Ed. Omega. 933 or.
- Willmer, P. (1990): *Invertebrate Relationships. Patterns in animal evolution*, Cambridge University Press, 400 or.

Sailean argitaratu diren beste liburu batzuk

Arbaiun gida-liburua

Martxel Aizpurua
1987an argitaratua
ISBN: 84-398-4333-X

Zoologiazko laborategi praktikak

Kepa Altonaga eta beste
1991n argitaratua
ISBN: 84-86967-28-7

Naturaren kontserbazioa: Nora goaz?

UEUren Natur Zientziak Saila
1993an argitaratua
ISBN: 84-457-0361-7

Zelula I. Zelula eukariotikoaren azalpenerako testuliburua

Ionan Marigomez, Miren P. Cajaraville
1999an argitaratua
ISBN: 84-86967-99-6

Basabizitzaren kudeaketa

Inazio Garin, Arturo Elozegi
1999an argitaratua
ISBN: 84-8438-000-9

Karrantzako naturaren gidaliburua

Zigor Arteaga eta beste
2000n argitaratua
ISBN: 84-8438-011-4