

6€ **EUSKAL HERRIKO**



Kultura eta Hizkuntza Politika Sailak (Hizkuntza Politikarako Sailburuordetzak) diruz lagundua

**107**  
ZENBAKIA

2018ko EKAINA

*Natura*

**INGURUMENARI  
BURUZKO BEREZIA**

**LEHEN ZELULA  
DIBERTSIFIKAZIOAK**

**JATORRIZKO  
OZEANOAK ETA BIZIA**

**BIZIAK KONTINENTEAK  
HARTZN DITU**

**BIZIAK ZERUAK  
HARTZEN DITU**

**HASTAPENAK**

**JATORRIZKO SALDA**

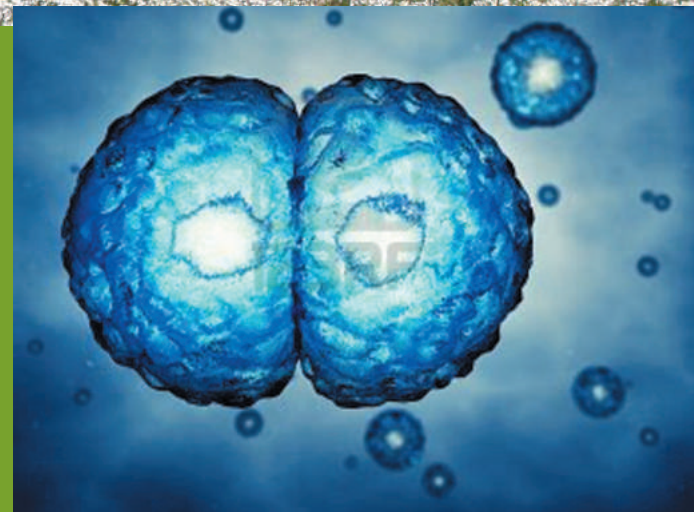
**LEHENA ETA AZKENA  
IZAN ZEN ARBASO  
COMUNA**



**BIZIAREN JATORRIA**



# Biziaren Jatorria



**EUSKAL HERRIKO  
NATURA**

EUSKO JAURLARITZA

KULTURA ETA HIZKUNTZA  
POLITIKA SAILA



GOBIERNO VASCO

DEPARTAMENTO DE CULTURA  
Y POLÍTICA LINGÜÍSTICA

Kultura eta Hizkuntza Politika Sailak (Hizkuntza  
Politikarako Sailburuordetzak) diruz lagundua

IRAUNGITZEKO ZORIAN DAUDEN ESPEZIEAK DEFENDATZEKO ELKARTEA

ZURE NATUR ETA ZOOLOGIA ALDIZKARIA

**EHAA-1996ko otsailak 7, asteazkena.  
3/1996 DEKRETUA, urtarrilaren 9koa, Elkarte  
herri-onurakoa dela aintzatesten duena.**

**Bizkaia**  
foru aldundia  
diputación foral

## AURKIBIDEA

**- 107.zk - 2018ko -EKAINA- INGURUMENARI BURUZKO BEREZIA - 6€**

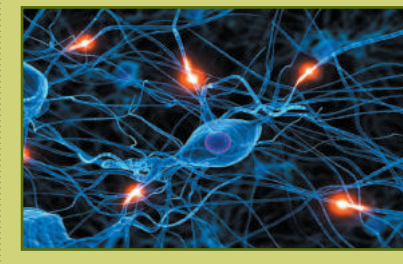


### BIZIAREN JATORRIA

|                                                                             |    |
|-----------------------------------------------------------------------------|----|
| Lehenengo zatia .....                                                       | 4  |
| Hastapenak .....                                                            | 5  |
| Lurra bakarra da .....                                                      | 6  |
| Marte .....                                                                 | 7  |
| Artizarra .....                                                             | 8  |
| Meteorito eta panespermia .....                                             | 9  |
| Jatorrizko salda .....                                                      | 10 |
| Lehena eta azkena izan zen<br>arbaso komuna .....                           | 11 |
| Lehen zelula dibertsifikazioak .....                                        | 12 |
| Bizia antolatu egiten da<br>Antolamendu prokariotoa<br>eta eukariotoa ..... | 13 |
| Endosinbiosiaren teoria .....                                               | 13 |
| Bioelementuak .....                                                         | 14 |
| Genomaren tamaina .....                                                     | 15 |
| Genomal aldatzen .....                                                      | 16 |
| Zergatik karbonoa? .....                                                    | 16 |
| Kromosoma dantza .....                                                      | 17 |
| Materia organikoa .....                                                     | 18 |
| Gaia hipotesia .....                                                        | 19 |
| Mikrobioak nagusi .....                                                     | 20 |
| Biomolekulak .....                                                          | 20 |



|                                                     |    |
|-----------------------------------------------------|----|
| Moneroak .....                                      | 21 |
| Maila zelular prokariota .....                      | 21 |
| RNA, lehen azido nukleikoa .....                    | 22 |
| Maila zelular eukariota .....                       | 23 |
| DNA eta kode genetikoak .....                       | 24 |
| Protoktistoak edo protistoak .....                  | 25 |
| Kode organikoak .....                               | 26 |
| Birusak .....                                       | 27 |
| Biziak atmosfera aldatzen du .....                  | 27 |
| Atmosferak bizia aldatzen du .....                  | 28 |
| Hasierako Lurra .....                               | 30 |
| Geneak eta genomak .....                            | 30 |
| Sorrera nola izan zen azaltzeko<br>hipotesiak ..... | 31 |
| Autopoiesia kontzeptua .....                        | 32 |
| Jatorrizko ozeanoak eta bizia .....                 | 33 |



|                                                                |    |
|----------------------------------------------------------------|----|
| Zelulen norgehiagokoa eta<br>lankidetzak .....                 | 34 |
| Hedatzea eta iraungitzea .....                                 | 35 |
| Metabolismoa .....                                             | 36 |
| Katabolismoaren eta anabo-<br>lismoaren arteko egokitzea ..... | 38 |
| Talkak eta erupzioak .....                                     | 39 |
| Metabolismoaren dibertsitatea .....                            | 40 |
| Biziak kontinenteak hartzen ditu .....                         | 41 |
| Fotosintesi oxigenikoa eta<br>arnasketa aerobikoa .....        | 42 |
| Biziak zeruak hartzen du .....                                 | 43 |
| Narrasti Hegalariak .....                                      | 44 |
| Dimorphodon .....                                              | 46 |
| Sordes .....                                                   | 47 |
| Pteranodon .....                                               | 48 |
| Pterodactylus .....                                            | 50 |
| Gizakiek bizia aldatzen dute .....                             | 51 |



**EUSKAL HERRIKO  
NATURA**

**Zuzendaria:** Fernando Pedro Pérez.  
**Erredakziorburua:** Iñaki Landaluze.  
**Kolaboratzaileak:** Nerea Urtaran, Miren Alustiza, Oskar Azkona, Fidel Korta.  
Anaut Paterson, Jon Zubiri, Elena Azkarreta, Xabier Aramburu, Kepa Alustiza.  
**Argazkilarit-taldea:** Edurne Urkizu, Aitor Zubizarreta, Xabier Urreta, Izaskun Loidi.  
**Maketatzailea:** Cristina Urionabarrenetxea.  
**Legezko gordailua:** BI-2452-02.  
**ISSN:** 1695-4645 **Aleak:** 2.000

**Erredakzioa:**  
Av. Madariaga, nº. 47-6º C - Esc.1 - 48014 BILBAO.  
Tel: (94) 4 75 28 83. e-maila: adeve.2@euskalnet.net

**Argitaratzailea:**  
Iraungitzeko Zorian Dauden Espezieak  
Defendatzeko Elkartea.



Naturaren Ahotsa Interneten zabaltzen da Euskomedia  
Fundazioaren bitartez, ADEVE eta EUSKO IKASKUNTZA-ren  
arteko hitzarmena dela eta [WWW.euskomedia.org/adeve](http://WWW.euskomedia.org/adeve)



**HARPIDETZA-ORRIA**

Urteko kuota: Hamabi ale urtean: 36 euro. TLF: 94 475 28 83

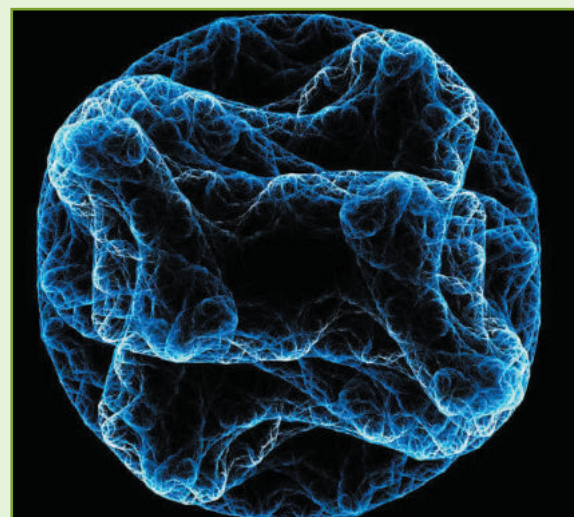
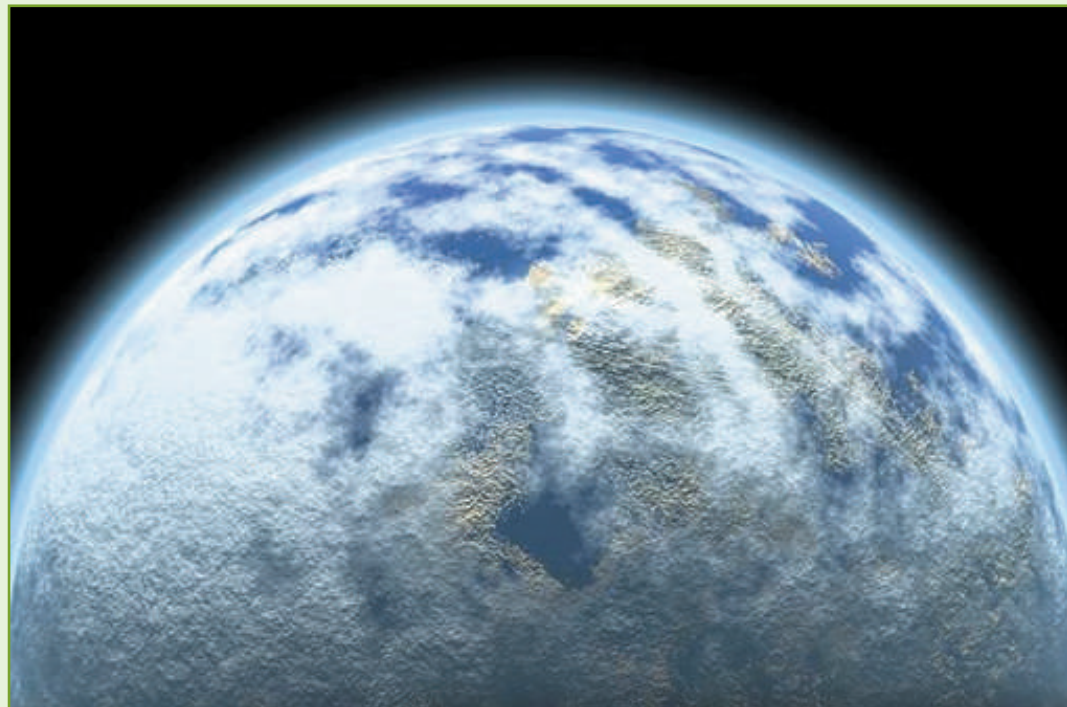


## BIZIAREN JATORRIA LEHENENGO ZATIA

Lurrak 4.600 milioi urte inguru duela jotzen da, eta duela 3.800 milioi urte Lurrean bizia bazela egiaztatzen duten zantzuak aurkitu dira. Hasieran groa erabat kontrakoa zen, Eguzki Sistemako gorputz guztiak talken eraginpean baitzeuden. Lurrean bizia zegoela adierazten duten lehen zantzuak planeta toki gonkorra eta bizitzeko egokia izaten hasi zen garaikoak dira.

Horrek galdera baal planteatzen du: lehen aukera sortzen den guztietan agertzen al da bizia? Edo, bestalde, arrunta al da biziak milioika urte behar izatea sortzeko? Kasu horretan, bizia hain goiz azaltzea salbuespena izango litzateke, ohikoa barik.

Materia bizia indar geologikoa da. Biziak berak materia aldatu egiten du bai ozeanoetan eta baita kontinenteetan ere; izan ere, izaki



guztiek planetako parte materialak kimikoki higiarazten eta garraiatzen dituzte. James Lovelocken ustez, bere burua erregulatzen duen biosfera gorputz bizidun erraldoia da. Beste zientzialari batzuek, ordea, arbuatu egiten dute planetak eta biziak bere burua erregulatzen duen antolaketa konplexua osatzen duten ideia. Baina planetaren funtzionamendua izaki bizidun arrunten ekin-tzen ondorio da. Bai planeta eta baita edozein zelula ere, gai dira euren kabuz irauteko.

James Lovelockek ozono-geruza hondatzen duten karbono fluoruroak neurtzeko gailu bat asmatu zuen. Atmosferako gasak ere neurtu zituen eta egiaztatu zuen Lurreko atmosfera Marteko eta Venusko atmosferen bestelakoa zela. Martei behatuz, Lurra ulertzen hasi zen. Inguruko planetan, hamar partetik bederatzik karbono dioxidoa dira; Lurrean, aldiz, hamar mila partetik hiru. Lurreko biosfera karbono dioxidoa kontsumitzen duten izakiek osatzen dute. Horiengatik ez balitz, Lurreko atmosferako karbono dioxidoaren maila oso altua izango litzateke.



Izaki bizidunek biziraun ahal izateko, tenperatura-mugek era egoera likidoan egotea ahalbidetzeko modukoak izan behar dute. Uste da duela 4.000 milioi urte ur likido ugari zegoela Lurraren gainazalean, eta duela 3.000 milioi urteko fosilak aztertuta, pentsa daiteke tenperatura ez dela asko aldatu. Baina eguzkiaren argitasuna ez da duela 4.000 milioi urteko argitasun bera, hots, areagotu egin da. Lurreko tenperatura, berriz, egonkor mantendu da, biziak egonkor mantentzen due-

lako. Bestalde, ozeanografiak ekarritako datuen arabera, izaki bizidunengatik izango ez balitz, itsasoko gatza hain egongo litzateke kontzentratuta, ezen ozeanoetan bakterio mota gutxi batzuk bakarrik bizi ahal izango liratekeen. Hainbat zientzialariren iritziz, bizia ez dago Lurraren gainazalean; alegia, bizia Lurraren gainazala bera da.

### Hastapenak

Bi betekizun daude bizia agertzeko: osagai egokiak eta aldeko baldintzak.

Zein dira biziaren osagaiak? Karbonoa, nitrogenoa, oxigenoa eta hidrogenia. Bizia sortzeko, lau horietatik garrantzitsuena karbonoa da. Karbono atomoaren egitura berezia da, eta beste atomo batzuei lotzen zaizkien kateak eta eraztunak eratzea ahalbidetzen du.

Duela 4.600 milioi urte, Lurra hasten baino ez zen ari: oso gas beroak zeuden atmosferan, ekaitz elektrikoek arroka galdatuzko gainazala inguratzen zuten eta tamaina guztietako meteoritoek bonbardatzen zuten Lurra. Aldi horri, duela 4.600 eta 4.000 milioi urte bitartekoari, hadestarra deritzo. Hadestar garaia bukaeran Lurrean bizia sortu ahal izan zen, baina ez dugu





hori egiaztatzen duen daturik. Gaur egun ez dago hasierako biziaren aztarnarik. Gainera, duela 4.000 milioi urte, bizidunik ez zegoen arren, molekula organikoen kopuru handia zegoen.

Bizia duela 3.800 milioi urte sortu zen Lurrean. Hori jakin badakigu, duela 3.900 milioi urte Lurrean ura zegoelako: urak leundutako harri koskorak aurkitu dira, eta badira bakterioz jositako 3.500 milioi urteko arroak. Lurra sortu zenean bizia ez zen posible. Baina planeta hoztearekin bat, ura egoera likidoan egoten hasi zen. Hasierako atmosfera hartako jatorrizko molekulak, eguzkiaren izpi ultramoreen, tximisten eta bestelako energia moten eraginez, apurtu egiten ziren eta parte molekular aktiboak sortzen ziren. Horien arteko konbinazioetatik molekula berri konplexuagoak sortzen ziren. Karbonoz, hidrogenoz eta nitrogenoz osatzen ziren molekulak bereziki garrantzitsuak izan ziren.

Bizia sortzen hasi zenean, Lurraren gainazal guztia urez estalita zegoen. Ozeanoek sakonera txikia zuten, eta kontinenteak eratzen hasi ziren. Duela 3.800 eta 3.500 milioi urte artean, bizia Lurrean finkatuta zegoen, eta ondorengo 3.000 milioi urtean izaki mikroskopikoen eran mantendu zen.

#### Lurra bakarra da

Lurra zergatik da marteren eta Artizarren hain desber-



dina, baldin jatorrian oso antzekoak baziren?

Bizia sortzeko baldintza egokiak zergatik gertatu dira Lurrean bakarrik?

Egonkortasun klimatikoarengatik da Lurra hain berezia. Egonkortasun hori aldi luzean mantendu da, eta ura ia 4.000 milioi urtez egon da gainazalean egoera likidoan.

Horren arrazoa da klima erregulatzen duen karbono dioxidoa ez dela ez arroketa, ez atmosferan gertatu; aitzitik, etengabe birziklatzen da. Hori gertatzen da Lurra noraezean higitzen diren plaka lotosferikoetan banatzen delako.

Milioika urtean zehar, plaken Lurraren gainazaletik mugiarazi dituzte kontinenteak. Mugimendu horren ondorioz, planetako karbono dioxidoa birziklatzea ahalbidetu da.

Lurreko hianbat prozesu geologikoak karbono dioxidoa finkatu egiten dute; gainazalean eratzen diren arroak arrastatzen dituzte, eta planetaren barrenetaraino eramaten. Arroka horiek berotu eta galdatu egiten dira Lurraren barruan, eta gordetzen zuten karbono dioxidoa berriz askatzen da sumendien bitartez.

Ziklo hori gertatzen da gure planeta duela 4.500 milioi urtez geroztik geo-



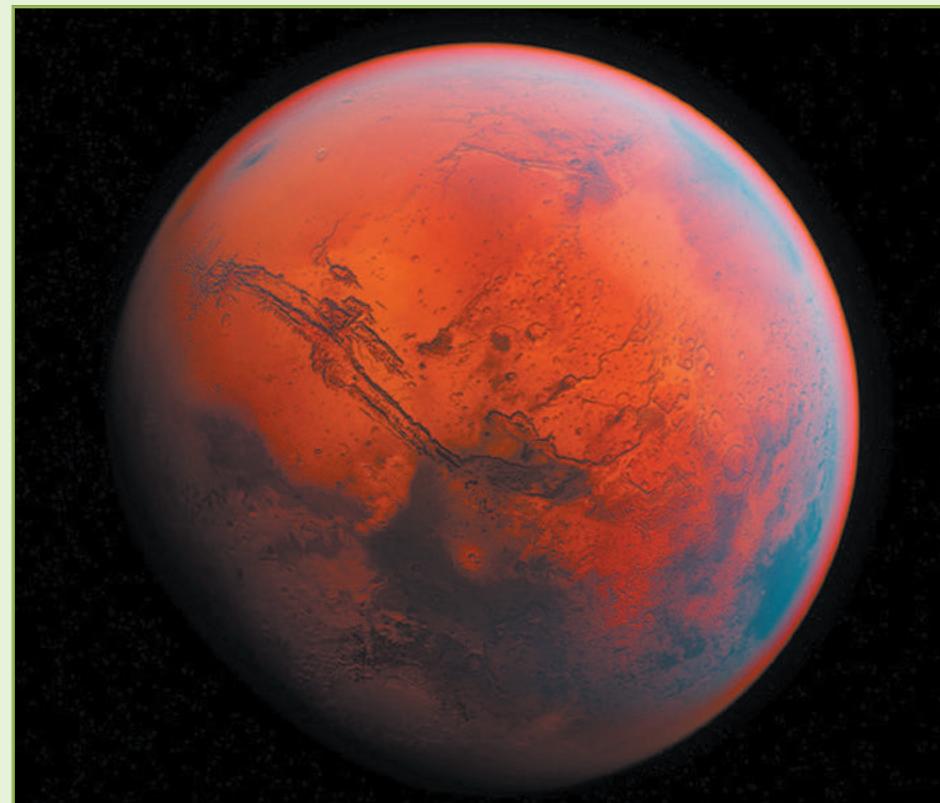
logiaren aldetik aktiboa delako.

Lurreko sumendiek karon dioxidoa aireratzen dute, Artizarrean gertatzen den bezalaxe. Geroago, euriak disolbatu egiten du, Marten hasieran gertatzen zen bezalaxe. Gero, karbono dioxidoa arroketa itsatsita gertatzen da. Baina Lurreko arroka gehienak ozeanoaren hondora joaten dira, nahiz eta, batzuetan, noraezean dabilen plaken mugimendua dela eta, arroka horiek kontinenteen azpian geratzen diren. Presioa eta tenperatura igotzearen ondorioz, laba bihurtzen dira eta karbono dioxidoa sumendien bitartez Lurreko atmosferara aireratzen da. Horrela, planetako klima egonkortzen duen zikloa ixten da.

Ziklo hori Lurrean bakarrik gertatzen da, eta 4.000 milioi urtean zehar egonkortasun klimatikoa bermatu du. Horri esker, biziak garapen-prozesua izan zezan behar zen denbora tarte egon da.

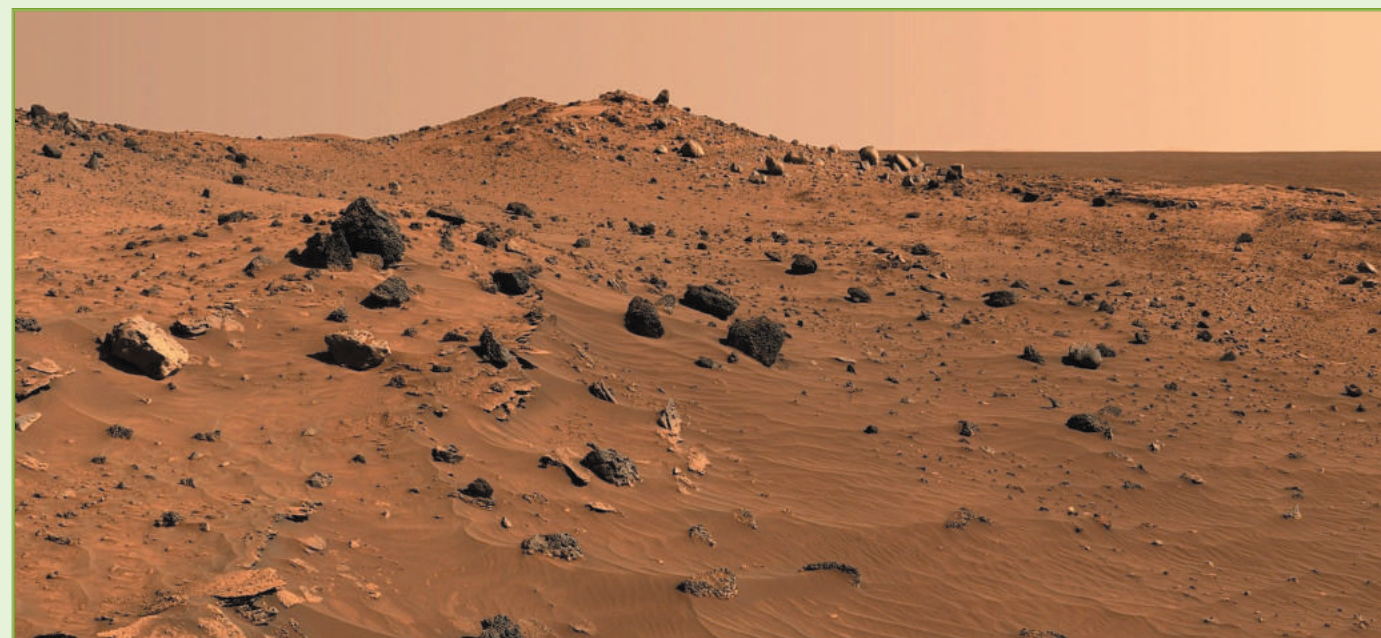
#### Marte

Marteren gainazaleko ezaugarri geologiko batzuk Lurrekoen oso antzekoak dira. Baina badakigu duela asko Marteko ingurune-baldintzak oso desberdinak zirela, bizia sortzeko egokiak ere bai. Lurra eta Marte hasieran antzekoak zirela egiaztatzen duten frogak daude. Planeta bietako girobaldintzak antzekoak ziren gure planetan bizia sortu zen garaian.



Marteko klima primitiboari buruzko eredu guztien planeta hartan ur likidoa bazela ematen dute aditzera. Hori berebizikoa da bizia sortzeko eta garatzeko. Hala ere, Marten ez dago bizi-aztarnarik. Hala guztiz ere, ezin da baztertu planetako hianbat tokitan bizirauten duten mikroorganismoak badirenik. Marten, Lurrean bezala, bizia sortu bazen, bizirauten duten mikroorganismoek babesa eskain diezaiokeen txoko ekologikoak bi baino ez dira: batetik, lurpea, hor izpi ultramoreetatik babesten direlako; bestetik, jarduera bolkanikoko eremuen inguruak, hor sistema hidrotermalak daudelako.

Duela 4.000 milioi urte Marte eta Lurra berdina ziren.





Zerua hodeiz josita zegoen, eta euria sortzen zuten. Izan ere, Marteko lurralde zaharrenei begiratzen badiegu, ibaien ibar txikiak ikusten ditugu, ur lasterren erosioak eragindakoak. Gainazalean ura egon zedin beroa behar zen. Zergatik zen Marte hian beroa eta hezea? Erantzuna sumendietan bilatu behar da.

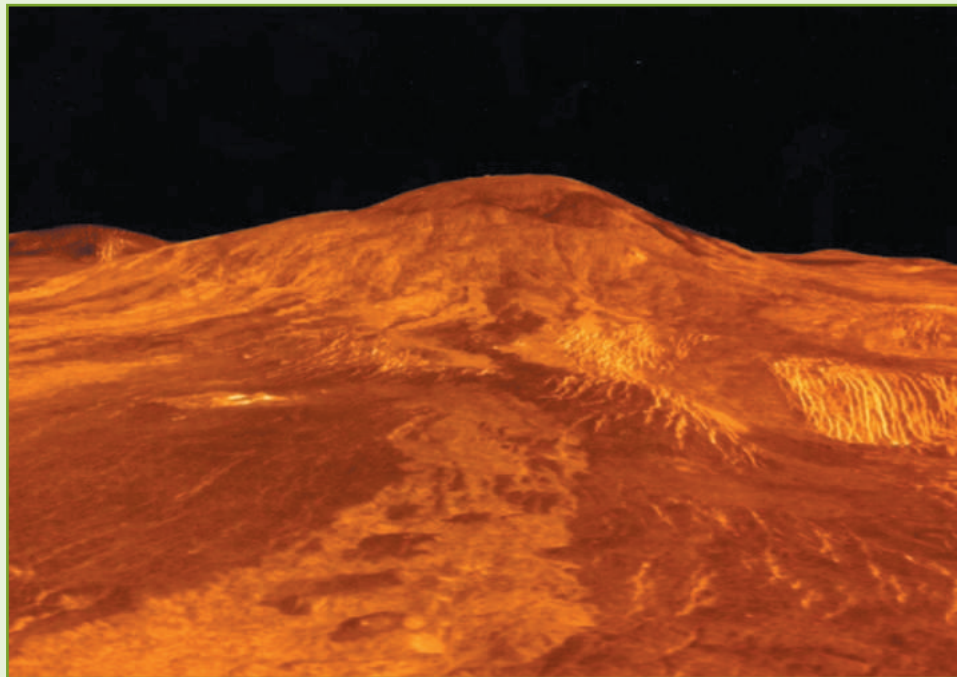
Marteko Olinpo mendia Eguzki Sistemako sumendi handiena da. Sumendiek atmosfera aire-ratzen diren gasak sortzen dituzte, hala nola karbono dioxidoa.

Hori dela, medio, berotegi-efektua gertatzen da, eta planetako tenperatura zehazteko erabakigarria da.

Uste da duela 4.000 milioi urte Marteko sumendiek planetako gainazala bero mantentzeko behar adina karbono dioxido aineratzen zutela.

Zer gertatu da Marten beroa eta hazea izatetik hotz-hotza eta lehorra izatera pasatzeko? Azalpen fidagarriena da planeta inguratzen zuten atmosferako gasak desagertu egin zirela.

Prozesua honako hau izan ziteken: sumendi aktiboek karbono dioxido kantitate handiak aineratzen zituzten; euriz-urak karbono dioxido hori jasotzen zuen eta gainazaleko arroak disolbatzen zituen azido ahula sortzen



zuen. Horrela, materia minerala eta karbono dioxidoa lakuetako uretan jalki ziren. Lakuko materiala kontzentratu egin zen, eta karbono dioxidoa karearroken gisan finkatu zen.

Marte gaztea zenean, arroketa itsasten zen karbono dioxidoa sumendietatik irteten zen karbono dioxidoak ordeztzen zuen. Baina sumendi-jarduera hori eten egin zen, Marte Lurra baino txikiagoa delako eta barneko bero-erreserbak agortu egin zirelako.

### Artizarra

Zergatik dago Artizarra hodei-geruza batz estalita eta zergatik da hango gainazaleko tenperatura beraun galdatuarena bera?

Artizarrean sumendiak daudelako: zati batzuk Lurraren antzekoak ditu, baina tenperatura altuagoarekin.

Zer ikasi dugu Lurreko bizitzaren azterketan, Artizarrean bizirik ba al den jakiteko?

Badakigu bizia uste genuena baino gogorragoa dela. Extemofiloak deritzen organsmoek hori frogatzen dute.

Badakigu bizia zaila dela, oso biziraupenaldi luzeak gertatzen direako.

Badakigu bizia anitza dela metabolismoen aldetik, elikagai mota guztiak kontsumi ditzakeelako eta aire mota guztiak arnastu.

Zer ezaugarri neurtu behar ditugu biziartzarnak aurkitzeko?Guztiok ados gaude esaten baugu energia

bizian zehar jariatzen dela, eta biziak bere buruaren kopiak egiteko eta, horrela, irauteko erabiltzen duela.

Artizarren gainazalean, laba arroken geruza osatuz barreiatzen da, karbono dioxidoz betetako atmosferako presio altua dela medio. Nola gertatu da hori?

Duela 3.500 milioi urte, Artizarreko eta Lurreko atmosferak oso antzekoak ziren, baina desberdintasun bat zegoen haien artean: Artizarra eguzkitik gertuago dago eta hango tenperatura altuagoa da. Bero horren ondorioz, Artizarren gainazalean egon daitekeen ura beti dago lurruntzean.

Sumendiek karbono dioxidoa eta karbono silizioa aineratzen dute atmosferara. Gas horiek berotegi-efektua sortzen dute; horrek planeta isolatzen du, eta eguzkitiko beroa mantentzen. Ondorioz, planetaren gainazaleko tenperatura areagotu egiten da. Artizarra bertu ahala, hango klima ezegonkorra bihurtu zen. Giltzarria ura da: atmosferako karbono dioxidoa desagertzeko ur likidoa behar da.

Artizarren arazoa da gainazaleko tenpeatura altuegia dela, eta ezin dela ur likidorik egon. Atmosferako karbono dioxidoa pilatu egiten da eta ez da arroketa itsasten. Ondorioz, artizarrean berotegi-efektu kontrolaezina gertatzen da.



Allan Hills.

Artizarra eguzkitik gertuegi zegoen eta Marte txikiegia zen. Lurraren bizilagunen klima eta giroa aldatu egin dira, eta kontrako muturretan daude orain: Marteren kasuan, karbono dioxidoa aroketan itsatsita geratu da ia guztiz. Artizarren kasuan, ordea, karbono dioxido gehiena atmosferan gertatu da.

### Meteoritoak eta panespermia

Panespermiaren teoriak dioenez, bizia eguzki-sistemaz eguzki-sistema eta planetaz planeta zoriz lekualdatzen da.

Svante Arrhenius kimikariak panespermiaren teoria berreskuratu zuen Anaxagoras greziar zientzialariarengandik. Haren arabera, bizia haziz osatzen da, eta hazi horiek unibertsoan zehar bidaiatzen dute. Arrheniusek proposatu zuen bakterio-esporek eguzki-haizeek bultzatuta bidaiatzen zutela. Francis Crickek ere Lurrean zuzeneko panespermia gertatu izanaren alde egin zuen.

Panespermiaren teoriari buruzko interesa Allende meteoritoa azertu eta gero berritu zen. Meteorito horretan, lehen aldiz, hidrokarbuo polizikliko aromatikoak aurkitu zituzten, hots,jatorri abiotikoa zutela uste



izan zen molekula organiko konplexuak. Eztabaida ugari dago Martetik iritsita-ko Allan Hills meteoritoaren azterketaren inguruan. Izan ere, ikertzaile talde batek bakterio fosilen hondarrak aurkitu dituztela baieztatu du.

Berriki, bakterioei buruzko ikerketak egin dira, kanpo-espaziora bidaiatuz. Ikerketa horietan egiaztatu da bakterio-zelulak erradiazio kosmikoa jasateko gai direla, eta bere horretan bizi-raun.

Eguzki Sistemako hianbat planetaren gainazalaren azpian ura dagoela egiaztatu da, adibidez Marten; bai eta Europan ere, izotzez estalitako Jupiterren ilar-gian. Frogatu da izotz-geruzaren azpian iturri termalak daudela, eta haietan organismo bizidunak egon litezke-ela. Hipotesi hidrotermalaren eta panespermiaren arteko harremanaren arabea, litekeena da Eguzki Sistemako beste toki batzuetan bizia egotea.

Azken urteotan ura auskitu da hainbat meteoritotan: lehen kasua Monahasen gertatu zen, Texasen, 1998an. Meteorittoa zetorren asteroidea material arrokatsuzkoa zen, eta desintegrazio erradiaktiboaren bidez berotuta-ko ura zuen barruan. Era berean, ur-arrastoak aurkitu zituzten Martetik zetozen beste bi meteoritotan ere: 1998an Marokon, eta 2000n Saharan.

Ezagutzen ditugun Lurreko arroka zaharrenak



Kanadako arroka igneoak dira Gneis Acasta deritze eta 4.030 milioi urte dute.

Panespermiaren teoria indartzen ari da; izan ere, ematen du planeta sortu baino apur bat geroago sortu zela bizia Lurrean. Lurreko arroka sedimentario zaharrene-tan bizia aurkitzeak hori sendesten du. Arroka horiek 3.850 milioi urte inguru dute, eta Groenlandian eta Kanadan daude.

#### Jatorrizko salda

Aurrebizititik bizira igarotzeko prozesua zalantzaz josita dago. Badakigu duela 3.800 urte inguru gertatu zela, Lurra hoztutakoan ur likidoa egon zedin ahalbidetu eta gero. Izan ere, ur likidoa ezinbestekoa da bizitza sor-tzeko eta mantentzeko. Hala ere, honako galdera hau argitzeke dago: molekula organikoen mul-tzoak nola hartu zituen izaki bizi-dunen ezaugarriak?

Aleksandr Oparinen eta Jhon Haldanen hipotesia aurrerapauso handia izan zen bizitzaren sorrera aztertzeko. Oparinek konposatu ez-organikoetatik konposatu organikoak nola eratzen ziren ikertu zuen. Oparinek eta Haldanek ondorioztatu zuten Lurraren eraketako baldintzak eta egungo baldintzak desberdinak zirela: atmosfera hidrogenoaren, metanoaren, amoniakoaren eta ue-lurrunaren nahastea zen. Eguzkiaren energia-erradiazioak bonbardatu egiten zuen, eta

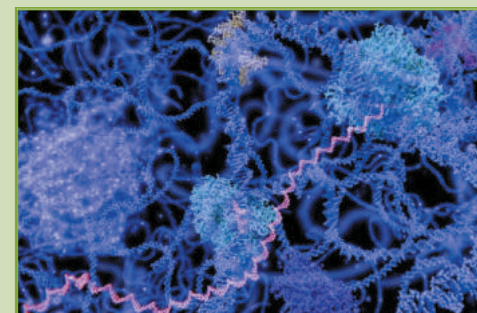


nahaste horretan molekula organikoak sortu ziren. Molekula haiek uretara erori eta han pilatu zirene-an, lehen izaki bizidunen-tzako hazkuntzasalda eratu zen.

Oparinek eta Haaldanek pentsatu zuteen egoera Stanley Lloyd Miller zien-tzialariak laborategian eraiki zuen: eratzen ari zen Lurreko baldintzak matra-ze batean simulatuz, kon-posatu organikoak, berezi-ki aminazidoak, zituen substantzia bat sor zedin lortu zuen. Eraikuntza horri, zein beste batzuei esker, Lurreko bizitzaren jatorriari buruzko hipotesia finkatu ahal da. Hala ere, gaur egun, uste da Lur primiboko atmosfera ez zela Oparinek eta Haldanek uste bezain erreduktorea, eta karbono dioxido asko zuela.

#### Lehen eta azkena izan zen arbaso komuna

2003ko martxoan, ebolu-zionista molekularren talde batek egungo izaki bizidun guztien azken arbaso komuna aurkitu zuela jakinarazi zuen. Ingelesezt last universal common ancestor du izena; horregatik deitzen diote LUCA, ingeleszko izena-ren inisialak direlako. 572 geneko bakterioa da. Izatez, biokonputazioko kalkulua da. Haren ondorengo guztien, hau da, gaur egungo izaki bizidun guztien genom



multiple komunetan txikietan oinarritua kal-kulatu da.

Izaki bizidunak hiru talde nagusitan sailka-tzen dira: bakterioak (edo eubakterioak), arkeobakterioak eta eukariotak. Bakterioek eta arkeobakterioek "azken arbaso komu-na" deritzon aurreko komuna dute. Marcellok aditzera eman zuenez, horrek esan nahi du derrigor behar izan zuela lehen arbaso komun batek. Barbieriren arabera, bizitzaren historiaren hasieran, bi dikotomia egon ziren: lehenengoan, bakterioak sortu ziren. Bigarrenean, arkeobakterioak eta eukariotak bereizi ziren. Bizitzako hiru talde handi horiek kode genetiko berdina dute. Gainera, bakterioen eta eukariotoen gene-en %50 inguru berdina da. Lehen arbaso komuna RNAzko genoma zuen zelila izan zela jo behar da.



Lehen eta azken arbaso komunaren arteko trantsizioan zeluletan DNA sortu zen RNAren orden. DNA egonko-ragoa da RNA baino, eta ego-kiagoa da herentziazko mate-riala eraikitzeko. Beste arrazoi bat da RNAk kode genetiko eta mezulari gisa lan egiten duela, eta horrek metabolis-moan nolabaiteko nahasketa eragin zezakeela. Azken arba-so komunak bakterioen arteko lehen dikotomiari, zein arkeo-bakterioen eta eukariotoen arteko bigarren dikotomiari bidea eman zien.



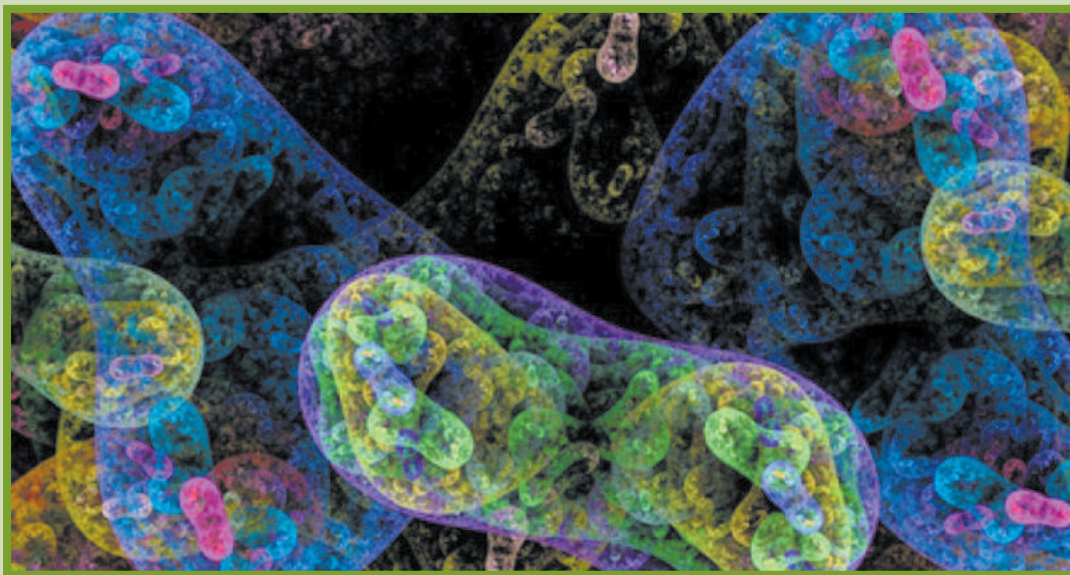
## LEHEN ZELULA DIBERTSIFIKAZIOAK

Hasierako garai haietako ozeanoek salda diluituaren loditasuna zuten. Ziurrenik, molekula organikoak lehen zelulak elikatzeke erabiltzen ziren. Ezinbestez, salda hori gutxitu egn zen pixkanaka. Ondorioz, bizirauteko bi estrategia sortu ziren.

Alde batetik, zelula batzuk egotu egin ziren molekula geroz eta txikiagoak kontsumitzeko, harik eta materia organikoaren zelula kontsumitzaileak materia organikoa babesteko zelula bihurtzeko bide metabolikoak garatu zituzten arte. Hortik aurrera, elikagai faltagatik bizitza deuseztatzeko arriskua desagertu egin zen.

Bestetik, beste zelulek materia organikoarekin elikatzen jarraitu zuten, eta mintz-egiturak garatu zituzten. Haiei esker, geroz eta harrapakin handiagoak irents zitzaizkien. Ezaugarri hori denboraren poderioz, fbihurtu zen. Fagozitosia zelula osoak edo zatiak irensteko ahalmena da.

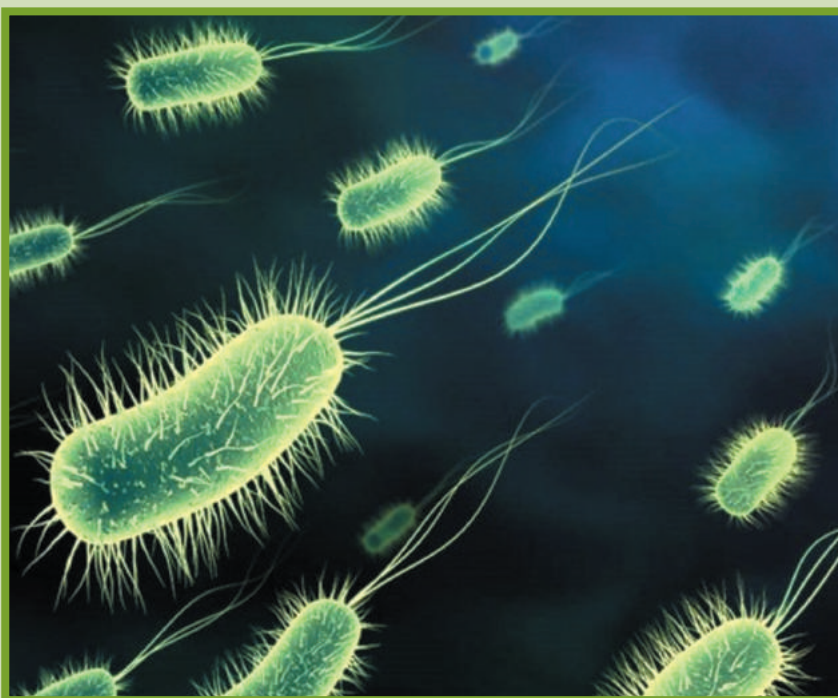
Elikaduraren arazoaz gain, lehen zelulek ozeanoetako



uretako gatz-edukien aldaketak ere jasan behar izan zituzten. Hainbat frogak pentsarazten digute eraldaketaren bat gertatu zela, eta potasioa nagusi izatetik sodioa nagusi izatera pasa zela. Aldaketa horrek bizia mehatxatu zuen eta bi estrategia sortu ziren arazoari aurre egiteko. Batetik, zelulek mintz zelularra biltzen zuten horma zurunak garatu zituzten. Bestetik, beste zelula batzuek, arazoa konpontzeko, filamentuen barne-sarea sortu zuten (zitoeskeleto izenekoa). Sare horrek mintza barnetik tenkatzen zuen, eta hauts zedin saihesten.

Ikus daitekeenez, lehen dikotomia gertatu zen eta bi zelula mota sortu ziren: ekoizleak, horma zurrunda dutenak; eta kontsumitzaileak, zitoeskeletoa dutenak.

Bigarren dikotomiatik arkeobakterioak edo archaeak sortu ziren. Mota hori gai da mutur-muturreko baldintzetan bizirauteko. Extremofiloak deritzen mikroorganismoak dira; izan ere, muturreko baldintzetan bizitzeko gai dira. Termofiloak eta hipertermofiloak 80 °C eta 120 °C artean hazten dira itsashondoetan. Psikrofiloak 0 °C eta 4 °C artean bizi dira, eta haien ugalketa eten ere egiten da 12 °C-tik gora. Halofiloak gat-kontzentrazio altuno eremuetan hazten dira. Basofiloak eta azidofiloak, berriz, oso ingurune alkalinoetan edo azidoetan. Gaur egun uste da archaeak agertzea lehen zelulen plastikotasun metabolikoaren ondorio dela. Metabolismo zurrunik ez zutenek, zelulek hainbat ingurune kolonizatu zituzten, baita muturreko inguruneak ere.



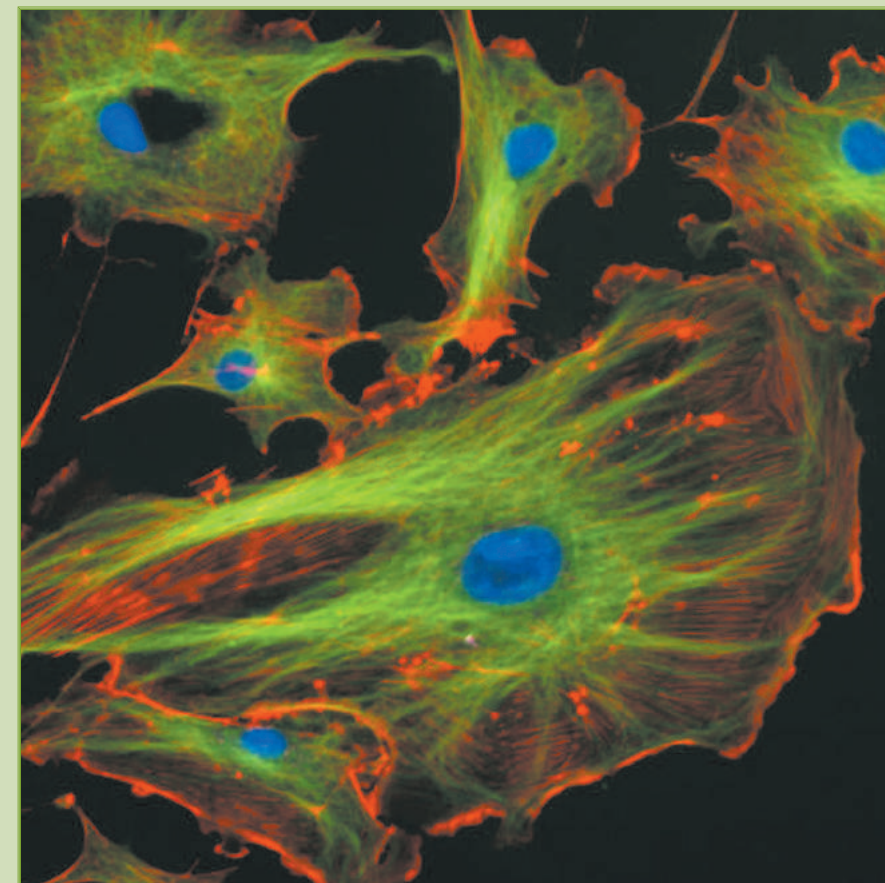
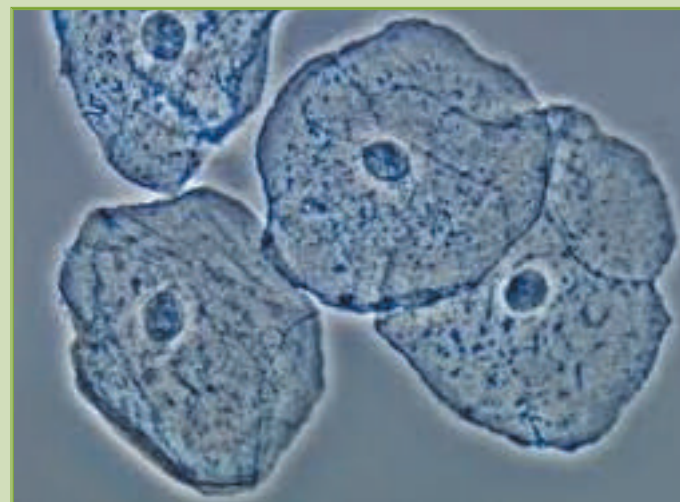
## BIZIA ANTOLATU EGITEN DA Antolamendu prokariota eta eukariota

Organismo guztiak osatuta daude. Bi zelula mota daude: prokariotak (zelula-nukleorik gabeak) eta eukariotak (zelula-nukleoa mintz nuklearrarekin mugatua dutenak). Bakterio zelulek ez dute nukleorik eta gainerako organismoek nukleoa duten zelulak dituzte. Eukarioten nukleoan DNA molekula luzeak aurki daitezke. Molekula horiek geneetan antolatzen dira, eta kromosomak eratzen dituzte. Zelula-nukleoaren barruko material genetikoak isolatzea eta babestea eukariotoen ezaugarri bat da, eta, hartara, prokariotoen ohiko askatasun genetikoak gerta dadin saihesten da.

Zelula-antolamenduko diferentziak, fisiologikoak edo funtzionamendu zelularrekoak eta metabolikokoak, nabarmenagoak dira prokarioto baten eta eukarioto baten artean, animalia eukariotoaren eta landare edo onddo eukariotoaren artean baino.

Prokarioto guztiak eta eukarioto gehienak mikroskopikoak dira, eta mikrobioak direlakoak osatzen dituzte.

Mikroorganismo prokariotikoak izan ziren Lurreko lehen biztanleak. Bizia sortu zenean, materia birziklatu izan zen balitz, izaki bizidunek baliabide guztiak agortuko zituzketen, eta bizia 300 milioi urte inguru igarota desagertu egingo zatekeen. Kate trofikoak finkatzeari esker, ekosistemak eratu ziren. Eboluzioaren lehen 2.000 milioi urteetan, organismo prokariotikoak izan ziren Lurreko biztanle bakarrak. Garai hartan asmatu ziren



ezagutzen ditugun estrategia metaboliko ia guztiak

Proteinak zein DNA eta RNA nukleoko azidoak erreplikatu egin daitezke, baina ez dute bizirik. Bizia sor dadin mintz zelularra behar da; izan ere, bizia ur-ingurunean sortu zen, eta muga erdi iragazkorra behar zen barrunbea eta inurunea banatzeko. Lipido-mintz horrek hartumana ahalbidetu behar zuen, baina ez kontrolik gabeko hedapen askea. Bizi independentea sortzeko lehen pausoa izan zen, metabolismo zelularra gauzatzeko ezinbestekoa.

### Endosinbiosiaren teoria

Nolabait esan dezakegu guztiok gaudela mikrobioz osatuta. Nazioarteko zientzialari ia guztiak ados daude zelula eukariotoen jatorriari buruz.

Lehen zelula eukariotoen jatorri endosinbionteari buruzko frogak ugari dago. Lynn Margulisek azaltzen duenez, zelula eukariotoen jatorria hainbat bakteriozelularen halabeharrezko batasun sinbiotikoarekin hasi zen. Batasun horren zergatia biziraupena da.

Litekeena da bakterio batek beste bakterio handiago bat irenstea, eta digestorik ez gertatzea. Horrela,



elkartzeko beharra sortu zen. Pixkanaka, halabeharrezko elkarrekin egonkor eta iraunkor bilakatu ziren.

Sibiosirik estuena endosimbiosia da, hau da, organismo bat beste baten barruan bizitzea. Bakterioak dira endosimbionte arruntak, hainbat arrazoi direla medio:

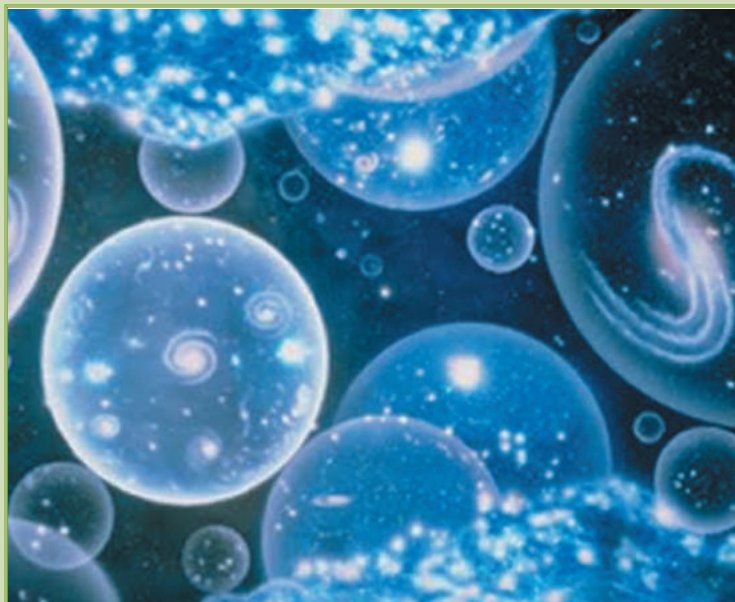
Geneak erraz galtzen irabazten dituzte.

Truke genetiko altua eta azkarra dute.

Hainbat ibilbide metaboliko sortzen dituzte.

Landare, animalia- eta onddo-zelula guztiek, zein potoktiso gehienek, mitokondriei esker arnasten dute oxigenoa. Mitokondriek berezko DNA dute, eta zelularen gainerako zatiekin harremanik gabe hazten eta zatitzen dira, berezko eritmoarekin.

Alga eta landare guztiek kloroplastoak dituzte.



Kloroplastoak fotosintesi-pigmentuak dituzten organuluak dira. Kloroplastoek, mitokondriek bezalaxe, berezko DNA dute, baina ezin dute zelulatik kanpo biziraun. Gure zeluletako mitokondriak energia lortzeko oxigenoa

## BIOELEMENTUAK

**M**ateria bizian dauden elementuei bioelementuak edo elementuei bioelementuak edo elementu biogenikoak deritze.

Izaki bizidun guztiak ia elementu kimiko berberetz osatuta daude.

Elementu horietako bat bera ere ez da, berez, materia bizikoa, elementu horiek berek materia bizigabe edo mineralaren konposizioan parte hartzen dute eta. Lurrazalean diren elementu guztietatik, 25en bat baino ez da izaki bizidunen zati. Horregatik esan dezakegu bizia garatu zela ezaugarri fisiko-kimiko bereziak -izaki bizidunek egiten dituzten prozesu kimikoekin bat datozenak- dituzten elementu kimiko jakin batzuk oinarri hartuta.

Bioelementuak, hortaz, izaki bizidunen zati diren elementu kimikoak dira. Haien ugartasuna kontuan hartuta, honako modu honetan multzoa ditzakegu:

Lehen mailako bioelementuak edo bioelementu nagusiak: C, H, O, N, S eta P.

Materia bizian ugarienak dira, eta guztiko masaren % 95 osatzen dute. Biomolekula nagusiak sortzeko (funtzio plastikoa) ezinbestekoak dira.

Bizi prozesuetarako egokiak izateko dituzten ezaugarri fisiko-kimikoak:

\* Lotura kobalenteak osatzen dituzte beren artean, eta elektroioak partekatzen dituzte. Elementu arinak direnez, hots, masa atomiko gutxiak, lotura kobalenteak oso egonkorak dira.

\* Karbonoak, nitrogenoak eta oxigenoak elektroio pare bakoitzak bakoitzak dezakete, eta lotura bikoitzak zein hirukoitzak osatu. Horri esker, beste elementu ba-



tzuekin lotura kimikoak osatzeko aldakortasun handia lortzen dute.

\* Lotura horietatik sortzen diren molekulek polaritatea dute, eskuari. Hori esker, uretan, errazago disolbatzen dira, eta disoluzioa da, hain zuzen, bizia garatzen den ingurunea.

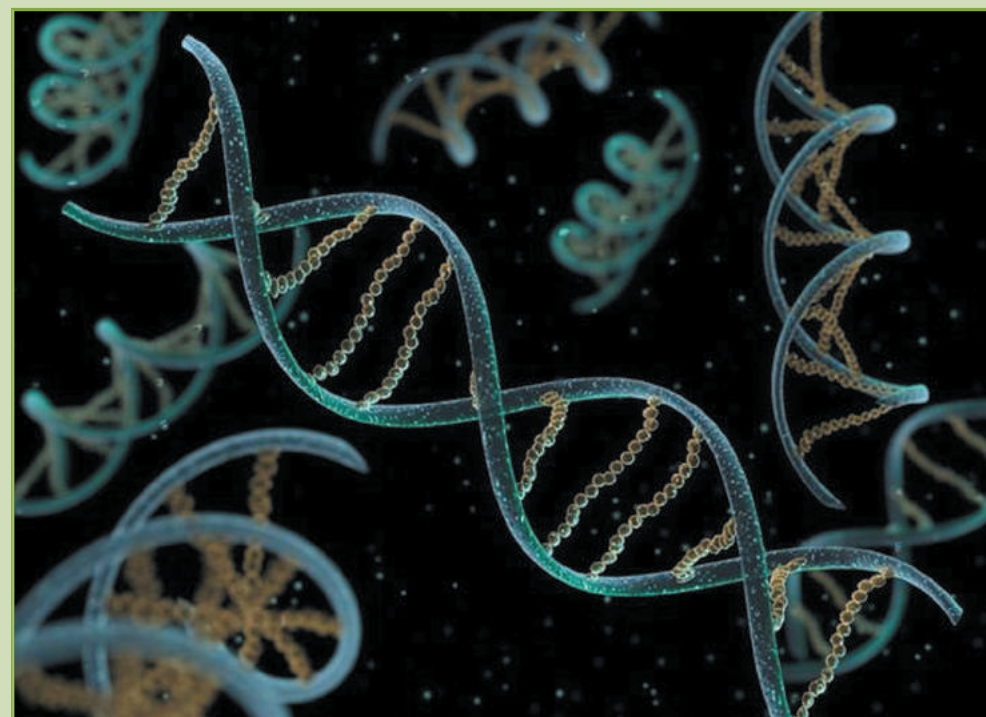
\* Bigarren mailako bioelementuak: izaki bizidunengan dauden gainerako elementuak dira % 45tik beherako proportzioan egoten dira. Eginkizun ugari garatzen dute. Hona hemen: Ca, Na, K, Cl, Mg, Fe, Si, B, I, F eta abar.

\* Oligoelementuak: Izaki bizidunengan, % 0,1 baino proportzio txikiagoan dauden bioelementuak da. Kopurua oso urria izan arren bizitzarako ezinbestekoak dira horietako batzuek eginkizun katalitikoa baituta (erreakzio kimikoak eragitea).

erabiltzen duten bakterio primitiboen ondorengotzat jo daitezke. Era berean, jo dezakegu kloroplastoak zianobakterio primitiboen ondorengoak direla. Zianobakterio horiek karbono dioxidoa kontsumitzen dute, eta karbonoa ateratzen dute handik beren materia organikoa eraikitzeko, eta oxigenoa baztertzen.

### Genomaren tamaina

Prokariotoen genomaren tamaina ez da finkoa; adibidez, *Mycoplasma genitalium* patogeno intrazelularrena 0,58 megabase da, eta hainbat zianobakterio espeziere-na, berriz, 10 megabasetik gora.



Badago harremanik genomaren tamainaren eta gene kopuruaren artean? Genoma prokariotikoaren tamaina 900 eta 1.000 base pare bitartekoa izaten da. Prokariotoetan, genoma hanienean gene gehiago izaten dituzte eta konplexuagoak izaten dira, hau da, gene kopuruak biziastiloa islatzen du.

Eukarioten genomaren tamaina Cren balio gisa, edo genoma haploideko DNA kantitate gisa, definitzen da, espermatozoideen nukleoan bezala. C deitzen zaio, espezie beraren barruan tamaina konstantea dela adierazteko.

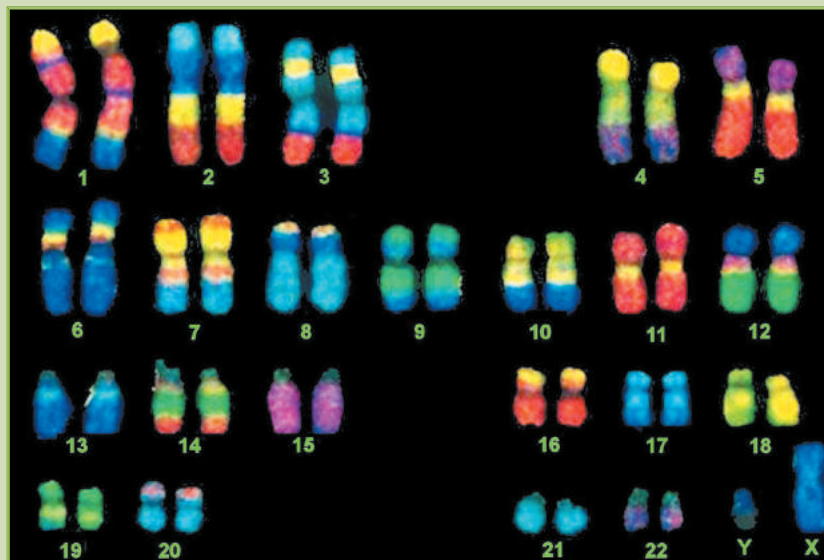
Eukarioten genomak handiagoak izaten dira prokariotoenak baino, alga berde batzuen kasuan salbu. Espezie eukariotoen artean alde handiak daude genomaren tamainan. Antza denez, horrez ez du harremanik ez organismoaren konplexutasunarekin ez eta barne hartzen duen gene kopuruarekin ere. Adibidez, amebek

gizakiek baino 200 aldiz DNA gehiago dute, eta agerikoa da amebak ez direla gizakiak baino konplexuagoak. Are gehiago, pentsa daiteke ugaztunek, izaki konplexuagoak direnez, genoma handiagoak dituztela.

Hala ere, organismo askok, hala nola arranak, abfibioek edo landareek, ugaztunek baino askoz genoma handiagoak dituzte. Antzeko organismoen genomak alderatzen ditugunean ere aldeak aurkitzen dira haien C balioen artean. C balioa eta genomaren barruan gordetzen den informazio genetikoaren kantitatea bat ez etortzeari C balioaren paradoxa deitzen zaio.

Eukariotoen genomak DNA errepikakor asko dago. Gainera, geneak sekuentzia ezkodifikatzaileek eteten dituzte, hots, introiek. Horiek desagerrarazi egin behar dira, erribosomak proteina sintetizatu baino lehen.

Itxuraz azaleko DNA da; C balioak alda daitezkeen laguntzen du eta paradoxa azaltzen du.



Introien tamaina eta kopurua aldatu egiten da eboluzioan zehar. Ugaztunek dute introi kopuru handiena, eta haienak izaten dira introi handienak. DNA errepikakorra ere aldatu egiten da organismoen artean. Baina, kasu batzuetan, ez diti harremanik dagoenik gene kopuruaren eta organismoaren konplexutasunaren artean. Izan ere, goi-eukariotoetako mekanismo batzuk gai dira DNA sekuentzia beretik proteina bat baino gehiago lortzeko, eta ugaztunen introi handiek DNAREN sekuentziarekin bakarrik atzeman ezin daitezkeen informazioa gordetzen dute.

Baina urrun gaude organismo bat sinteti-



zatzeko gai den proteina kopurua ezagutzetik.

### Genomak aldatzen

Genoma alda dezakeen mutazioen mekanismo ugari dago. Batzuek aldaketa handiak eragiten dituzte (genoma guztia bikoiztea), eta beste batzuek, aldaketa txikiak (nukleotidoak galtzea edo irabaztea). Hala ere, nabarmentzekoa da mutazio horiek zelula bakarrari eragiten diotela. Zelula hori gametota bada, mutazioa ondorengoei pasako die. Izaki horrek besteen bizikide izan beharko du, eta etorkizuneko belaunaldiari behatuz baino ez dugu jakingo mutazioa biztanleriara hedatuko den, edo desagertuko den. Bata edo bestea gertatzeko aukera, eboluzio-mekanismoen arabera da.

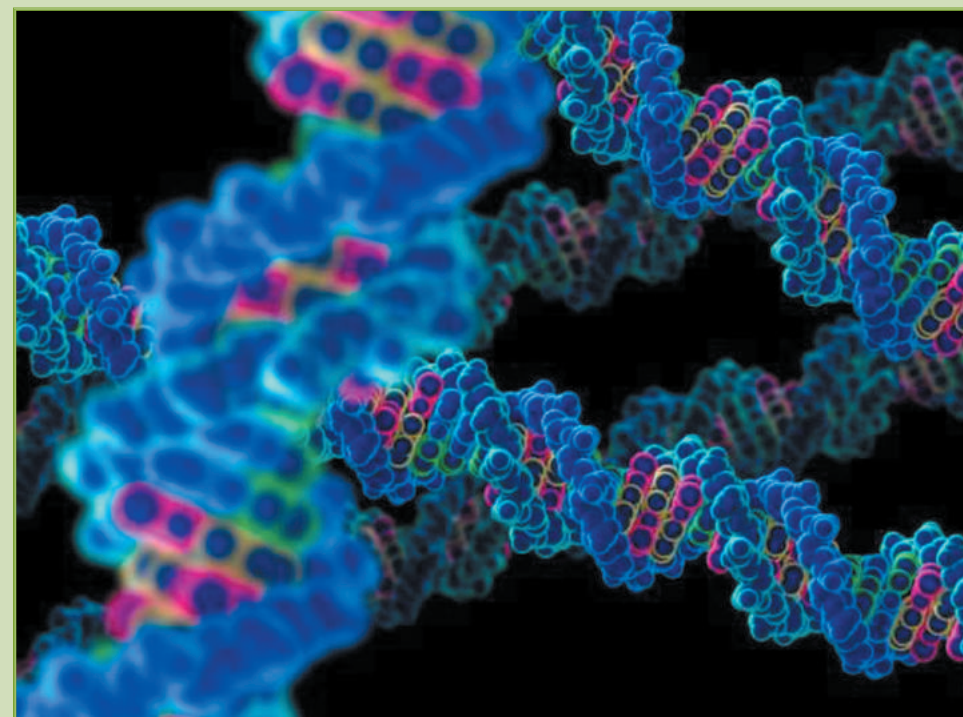


izango da, hala nola, hautespen naturalaren edo jito genetikoaren arabera.

Kromosomen mekanismoek mutazio bakarrek aldatzen dituzte. Nabarmentzekoak dira genoma guztiaren bikoizketa, zein kromosoma bakarrari edo haren zati bati eragiten dioten bikoizketak. Era berean,

kromosoma zatiren bat galtzea eragiten duten mutazioak ere gertatzen dira. Antza denez, aldaketa mota horrek garrantzi handia izan du landareen genomaren eboluzioan.

Elementu genetiko mugikorrek ere genomako aldaketak sortzen dituzte. Elementu horiek bikoiztu egiten dira, eta kopiak genomako beste zati batzuetan sartzen dira. Horrela, tamaina handitu egiten da. Gene berekoak direlakoek genomaren mugimendua arautzeko mekanismoak garatzen dituzte. Horrela, ez dute kalte konpenezinik eragiten, hala gertatuz gero, haiek ere desagertuko liratekeelako.



Gene bat deuseztatzea, edo genomako gene bat desagertzea, pseudogene bat eratuz baliogabetzen denean gertatzen da. Ondoren, pseudogeneak osatzen dituen DNA desagerrarazi egiten da gutxika, harik eta genomaren haren zantzu guztiak galzten diren arte. Epe luzean genomaren tamaina gartzea eragiten duen arrazoi bat da nukleotido gutxi batzuk berez sartzen direla. Fenomeno horri indel deritzen. Mutazio horiek nekez finkatuko dira indelak gene bati eragiten badiot; baina aukera gehiago dago hori gertatzeko, baldin pseudogeneei edota funtziorik gabeko beste DNA sekuentziei eragiten badie.

Organismo zelulabakarren genomaren tamaina handitzeko prozesu garrantzitsuenetako bat transferentzia genetiko horizontala da. Prozesu hori, genomaren beste espezie bateko DNA puska bat sartzea da, gene bat edo gehiago dituen, hain zuzen. DNA zelulan sartzen da,

eta ondoren genomarekin berriz bateratu behar da. Sartzen diren geneak organismoarentzako onuragarriak badira, mantendu egingo dira. Bestela, gerta daiteke mutatzeko eta jardura gelditzea.

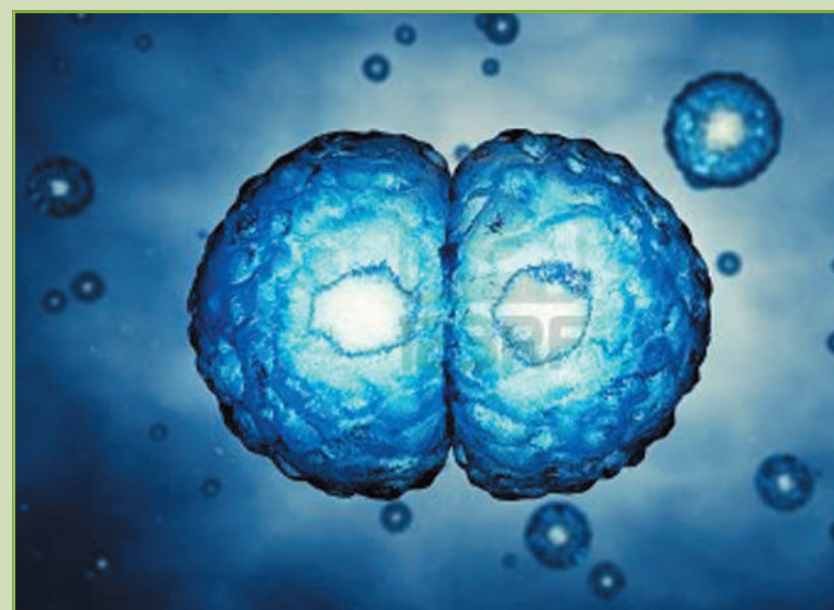
Mutazio horiek guztiak aldian behin gertatzen dira. Mutazio horietako asko desbiantaila handia dira, eta hautatze-presiari biztanleriatik desagerrarazi egiten ditu.

### Kromosoma dantza

Zelula eukarioto gehienek mitosis deritzen prozesuaren bitartez egiten dute zatiketa zelularra. Prozesu horretan, kromosomak elkartu eta ordenatu egiten dira, eta zelularen barruan elkarrengandik urruntzen dira.

Mitosis zelula guztietan gertatzen da. Mitosian zehar, mikrotubulu txiki-txikiak sortzen dira, eta haiek eratzen dute mitosiaren ardatza. Mitosi-zatiketa hasten denean, kromosomak ardatzean ordenatzen dira. Kromosomak bikoiztu egin dira mitosis hasi aurretik. Orain, ardatzeko mikrotubuluak elkartzen zaizkie, eta zelularen ekuatorean jartzen dira. Segidan, kromosoma bikoiztuak zelularen barruan elkarrengandik urruntzen dira. Behin banaketa egin denean, haien artean berdinak diren eta sortu dituen zelula amaren berdinak diren bi zelulan banatzen da. Azkenik, mitosiko ardatza ikusezin bihurtzen da, eta desagertu egiten da.

Zelula eukarioto guztietan, mitosiak bermatzen du aurrekoaren kromosoma kopurua bikoitza bi ondorengoen artean banatzen. Zelula eukarioto gehienek fitxategi



## ZERGATIK KARBONOA?

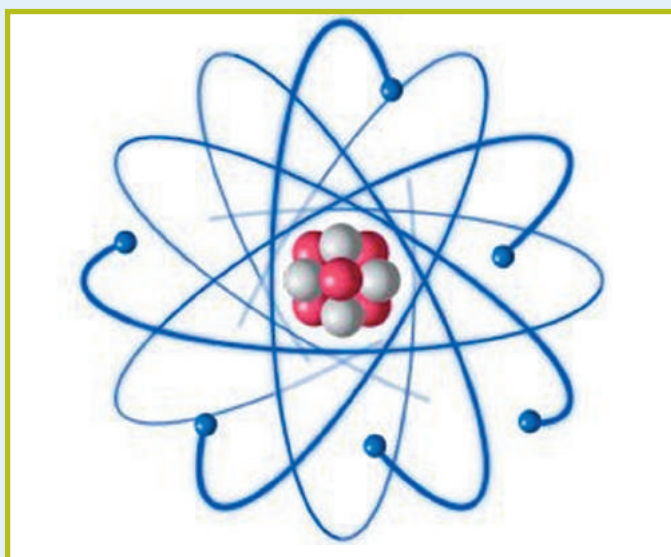
Kimika organikoa karbonoaren kimikaz ere ezagutzen da, karbonoa baita, hain zuzen ere, eginkizun nagusia garatzen duena.

Karbono loturek konfigurazio tetraedrikoa dutenez, molekula organiko mota bakoitzak besteen ez bezalako hiru dimentsioko egitura du. Espazioan duten egitura horren ondorioz sortzen da jardura biologikoa.

Karbonoa oxigenoarekin, nitrogenoarekin eta abarrek nahasteak mota askotako talde funtzionalak sortzea ahalbidetzen du. Talde funtzional horietatik substantzia organikoen familiak sortzen dira. Talde horiek ezaugarri fisiko eta kimiko desberdinak izaten dituzte, eta haiek dauden molekula organikoek propietate bereziak ematen dizkiete: hartara, molekula organiko berriak sortzeko aukerak gehitu egiten dira, bi talderen arteko erreakzioaren ondorioz. Horrela, bada, karbonoarekin eta elementu gutxi batzuekin, eboluzioan egokitze gaitasun handia molekula mota asko sor daiteke.

Zergatik da berezia karbono atomoa?

Kombinatze gaitasun handia duelako: Haren elektroien konfigurazioaren ondorioz, kanpoko mailan 4 elektroitu. Elektronegativotasunari dagokionez erdi mailan dagoenez, ez ditu lotura ionikoak sortzen, kobalenteak baizik. Horrela, beste atomo batzuekin 4 elektroien partek ditzake, 4 lotura kobalente sinple osatzeko (CH<sub>4</sub>-an



laurak berdin-berdinak dira). Atomo berarekin 2 edo 3 elektroien partek ditzake, eta lotura anizkoitzak eragin (bikoitzak edo hirukoitzak). Taula periodikoan duen tokiaren ondorioz, karbonoaren atomoak erdi mailako elektronegativotasuna du. Hori esker, elektronegativotasun handiagoa duten elementuekin batzeko aukera izango du, esate baterako, sulfurarekin (S), oxigenoarekin (O), nitrogenoarekin (N) edo elktropositiboagoak direnekin, adibidez, hidrogenoarekin (H).

\* Karbono kateak eratzea: karbono atomoak beste karbono atomoekin batzeko, balentzia bat edo gehiago erabil dezake, eta, horrela, karbono kate egonkorak eratuko ditu.



genetiko gisa lan egiten duen DNA dute. Mitosia da DNA banatzeko sistema egokiena.

Zelula eukariotoetan, sexualitatea eta heriotza batera doaz. Bakterioek ez dute programatutako heriotza naturalik, nahiz eta hil daitezkeen. Zelulak deuseztatzea eta heriotza programatua meiosi bidezko sexu-ugalketari lotzen zaizkio. Meiosian, kromosomak ardatzari elkartzen zaizkio, baina ez dira bi zelulatan banatzen, eta sortzen diren zelulek ez dute zelula amaren kromosoma kopuru bera. Gizakien kasuan, meiosia gertatu eta gero 46 kromosomako zelulatik 23 kromosoma duten obuluak edo espermatozoideak ateratzen dira.

Meiosia eta ernalketa batera doaz. Meiosiak kromosoma kopurua erdira jaisten du. Sexu-harremanen bidezko ernalketak bi erdi osagarriak batzen ditu. Uste da

meiosia mitosiaren aldakuntza dela, eta lehen aldiz zelula bikoitzetan gertatu zela zelula bat beste bat irensten saiatu zenean eta ez zuenean digestioa egitea lortu.



## MATERIA ORGANIKOA

**M**ateria organikoa besteetatik bereizteko benetako ezaugarria karbono atomoa izatea da beti. Karbono atomoaren inguruan, hain zuzen, antolatzen da molekula osoa. Konposatu ez-organikoak eta organikoak desberdintzen dituen ezaugarri nabarmenetakoa da azken horiek aldakortasun eta aniztasun itzela dutela. Horren arrazoia oinarritzko atomoaren ezaugarrietan dago: karbono atomoaren ezaugarrietan, hain zuzen. Gaur egun, karbono konposatuen kopurua bost milioitik gorakoa da, eta konposatu ez-organikoak 300.000ren bat. Egutero, mila inguru konposatu berri lortzen dira. Horregatik sortzen dira biziaren molekulak, hau da, egitura konplexuetarako eta izaki bizidunen funtzioetarako oinarri diren molekulak. Severo Ochoa Biologia Molekularreko Zentro zientzialari Antonio Garcia-Bellido adierazi du eboluzioak elementu jakin batzuk hartu, eta egitura konplexuagoak lortzeko modu eraginkorragoan konbinatu dituela. Duela 3.000 milioi urte, jatorrizko saldan disolbatutako molekulak baino ez zeuden. Horren ondoren, molekula horietako batzuk mintzen barruan bilduta geratu ziren, lehen organismo zelulanitza eratzeko; horrela, harik eta goi mailako organismoak sortu ziren arte. Kontzeptu hau izan bide zen oinarria organismo organikoa sortzeko: molekulei antzematea eta, ondoren, forma biologikoak elkartzea. Horrekin azal dezakegu zergatik duten proteinek hain funtzio aniztasun handia, nahiz eta 1.000 proteina eremu baino ez dagoen. Geneei dagokienez, mekanismoa bera dela uste da, atal kodetzaileak -proteinak sortarazten dituztenak-, zein erregulatzaileak konbina daitezkeen elementuz



eratuta baitaude. Elementu horietako batzuk eboluzioan zehar gorde dira, eta egungo espezieek ere badiutuzte. Hona hemen hori frogatzen duen adibidea: ornodunen gorputz adarrak sortzeko geneek antzekotasu handia dute (homologoak dira) fruta eulien hankak sortzen dituzten geneekin. Organismo bizien artean ikus daitekeen aniztasun itzelaren arrazoia ez da gene mota asko dagoela, baizik eta aniztasun hori elementu genetiko gutxi batzuk konbinatuz sortzen dela. Bere kabuz mantentzeko eta iraunarazteko gaitasuna zuen lehenengo zelularen jatorriari buruzko enigma guztiak alde batera utzita, pentsa dezakegu materia organikoa lipido tanta gisa eratu zela, proteinekin eta RNArekin. Laborategian, oraindik, ez da inolako bizitza motarik sintetizatzea lortu. Makromolekula organikoan eta beren kabuz mantentzeko edo iraunarazteko gai diren zelulen artean dagoen aldea oso handia da, eboluzio jauzi handiegia laborategian kopiatzeko.

## GAIA HIPOTESIA

**U**rte askoan, zientzialarien komunitatea ziur zegoen planetaren eta biziaren eboluzioak ez zutela harreman zuzenik elkarren artean. Bizia planetako baldintzetara egokitu zela zioten. James Lovelockek Gaia Hipotesia eman zuen aditzera, eta kontrakoa aldeztzen zuen: atmosfera, tenperatura eta ozeanoetako gatzien kontzentrazioa biziak iraun zezan ahalbidetzeko moduan egokitu zirela.

Lurrak bere burua erregulatzen duten sistemak erabiltzen ditu, oinarritzko hiru alderdi hauetan egonkortasuna lortzeko: atmosferan tenperaturaren eta ozeanoetan.

### Egonkortasun atmosferikoa

Atmosfera elkarren artean oso erreaktiboak diren gazez osatuta dago. Konposatu berriak sortzen dituzten erreakzio kimikoak gertatzen dira, baina hasierako erreakzioak jarrai dezan ahalbidetzeko ekarpenak ere egiten dituzte erreaktiboek. Desoreka iraunkorra dago, nahiz eta karbono dioxidoaren eta oxigenoaren kontzentrazioak bizia izateko egokiak diren.

Lurreko atmosferaren eraketa oso berezia da, eta beste planeten atmosferetakoaren oso bestelakoa. Hain zuzen ere, bertan bizia izateak eragin du hori, eta ez alderantziz.

### Egonkortasun termikoa

Eguzkiko erradiazio-maila areagotuagatik ere, eta, ondorioz, bero gehiago igortzeagatik ere, egiaztatuta dago Lurreko tenperatura ez dela aldatu bizia sortu zenetik, nahiz eta glaziazio handien garaiak izan diren.

Lurreko batezbesteko tenperatura 13 °C inguru da. Berez, hori ez da arruntena, baldin kontuan hartzen



badugu espazioko tenperatura zero absolututik (-273 °C) hurbil dagoela eta eguzki-erradiazioa ez dela jarraian jasotzen.

Beroa atmosferaren barruan geratzeko arrazoi bat Lurraren gainazaleko albedoa da. Albedoa 0 eta 1 bitartean neurtzen den eskala daa, eta Lurrak islatzen duen argi kantitatea adierazten du. Albedoaren batezbestekoa % 0,33 da.

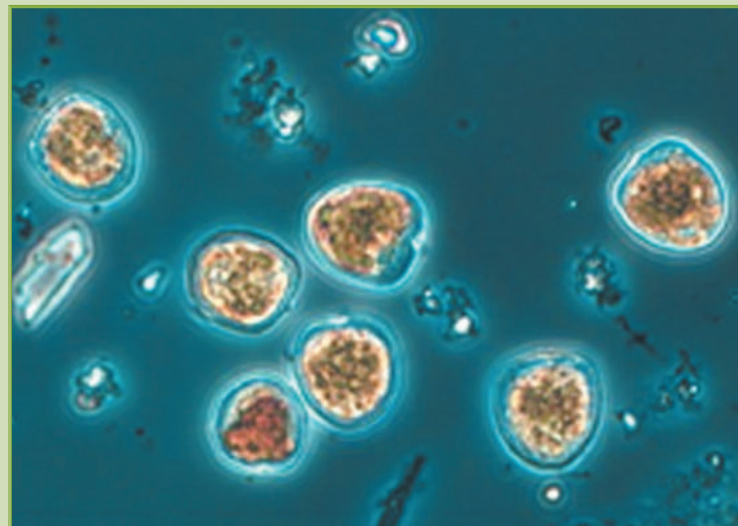
Autoerregulazio klimatikoko beste faktore bat berotegi-efektua da. Hianbat gas dira berotegi-efektuaren eragileak: karbono dioxidoa, ur-lurrina, metanoa eta nitrogeno oxidoak, besteak beste. Gas horiek Lurretik datozen eradiazio infragorrien zati bat bakarrik uzten dute kanpora irteten, eta gainerakoa atmosferaren barruan gordetzen dute.

### Ozeanoen egonkortasuna

Ozeanoetako ura aztertuz gero, egiazta daiteke ez duela gazitasuna areagotzen, kontinentetik etengabe gatz disolbatuak jasotzen baditu ere.

Izaki bizidunek uraren gazitasuna erregulatuko ez balute, gazitasuna areagotu egingo litzateke, harik eta ur horretan bizia egotea ezinezko bihurtu arte.

Zientzialarien komunitate guztiak ez du Gaia Hipotesia onartzen. Hala ere, James Lovelockek planetaren eta biziaren eboluzioari buruzko ikuspegia erabat aldatu du.





## MIKROBIOAK NAGUSI

Lurreko biziaren ezaugarri nabarmena, sortu zenetik gaur egun arte, bakterioen biziaren egonkortasuna da. Horrek hala izaten jarraituko du Lurra dirauen artean. Oraindik ere bakterioen aroan gaude. Hori hala izan da hasiera-hasieratik eta esan dezakegu betirako izango dela horrela, hots, planeta honetan bizia amaitzen den era arte.

Ezin uka daiteke bakterioen bizia mot arrakastatsua izan denik, intsektuena edo gizakiena bera baino arrakastatsuagoa. Arrakasta horren oinarriak ezaugarri bakanen laburbiltzen dira: oso txikiak eta sinpleak dira. Horrek esan nahi du ugaltzeko



## BIOMOLEKULAK

Izaki bizidun guztiek trukutzen dute materia ingururekin, eta energia eraldatzen dute. Trukatze eta erlazio horiek bizirauteko aukera ematen diete: oinarritzko funtzioak gauzatea, ugaltzea eta beren kabuz mantentzea, hau da, egitura propioak gordetzea. Kanpotik hartzen diren beharrezko materialak -mantenugaiak- aldaketa kimikoak jasan behar dituzte, biomolekula gisa, zelulentzat baliagarriak izateko. Biomolekulak, edo lehen printzipioak, materia bizia eratzen duten substantzia kimikoak dira. Lehen printzipioak honelakoak izan daitezke: mota bereko atomoen osatutako molekula sinpleak; hainbat elementutako atomoak elkartzen dituzten konposatuak. Lehen printzipio konposatuak ez -organikoak izan daitezke -esate baterako, ura -eta organikoak, hau da, oinarrian karbono eta hidrogeno polimeren osatutakoak, -esate baterako, gluzidoak, lipidoak, proteinak eta azido nukleidoak-.

Biomolekulek honako funtzio hauek izan ditzakete: egiturazkoa, proteinena eta hezurretako gatz mineralena, esaterako; energiakoa, gantzena, esaterako; biokatalizatzailea, hau da, erreakzio biokimikoak bizkortzeko funtzioa.

Zelulen barruan, konposatu kimiko horiek zelula jarduerak energiaren hornitzeko eraldatzen dira, edo funtzio plastikoa dute, eta lehengaiak dira zelulen egiturazko osagaien edo ehunen zelula arteko (organismo zelularen) substantzien biosintesia.



Molekula sinpleak, erreakzionatzeko, substratu edo disolbatzailea behar dute. Ur likidua disolbatzaile gisa eraginkorra da, bai eta beste molekula batzuk garraiatzeko biderik eraginkorra ere. Ziur aski, bizia uretan sortu zen, baina ez dakigu azaleko uretan ala lur ozeanikoetako sakontasunean sortu zen.

Molekula bakunak konplexu bihurtzeko, energia ezinbestekoa da. Hasierako bizi eretarako erabiliko energia iturria eguzki argia izan bazen, bizia gainazalean sortu zen. Baina energia iturria erreakzio kimikoetan edo kimiosintesian izan bazuen jatorria, bizia sakontasun ozeanikoetan sortu zen. Nahiz bizia fotosintesiaren eraginez gainazalean sortu, nahiz kimiosintesiaren eraginez ur sakonetan sortu, edo kimioheterotrofiaren eraginez zuzenean jatorritzko saldaz elikatu, molekula sinpleak erreakzionatu egin zuten, eta molekula konplexuak eratu zituzten.

ahalmen handia dutela, bai eta inguruan duten giroa aldatzekoa ere. Ez da harritzekoa deskonposatzaile nagusiak haiek izatea, ez eta Lurreko ziklo biogeokimiko guztietan esku hartzea ere.

Ezin Lurrean bizia ulertu mikrobio horiek gabe. Gizakion gorputzak ere mikrobioz beteta daude.

Bakterioek ez dute heriotza programaturik. Inguruneak elikadurazko faktore guztiak ematen dizkie, eta bakterioak hazi eta zatitu egiten dira, Auskitzen dituzten geneak berenganatzen dituzte, eta euren geneak alde batera uzten. Ez dira hiltzen elikagaiak falta ezean, bero gehiegi egin ezean, gatz gehiegi egon ezean edo ura falta ezean.

Bakterioek geneak horizontalki trukutzen dituzte, eta ez dute sexu-ugalketarik. Bestalde, landareek eta animaliek geneak era bertikalean eskuratzen dituzte, hots, bi aurrekoetatik eskuratzen dituzte. Bakterioen kasuan, informazioa azkar eta erraz trukutzen da; izan ere, gorputz barruan kromosoma aske bakarria dute.

Bakterio bakoitza (protoktista, onddoa, landarea edota animalia izan) espeziaren bateko kide da. Printzipioz, espezie bateko kideek elkarren artean baino ezin dute ugaltu. Bakterioek ez dute printzipio hori betetzen. Alegia, guztiek trukatu ahal dituzte geneak.

Bakterioak Lurrean ugarien diren organismoak dira, eta, metabolismoaren aldetik, antzenak ere badira. Bakterio



modernoak arkeobakterioak baino askoz ere anitzagoak dira, eta arbaso komunarekin alderatuta, eboluzio konplexuagoa izan dute.

Hartzidura anaerobikoa metabolismo mota primitiboena dela jotzen da. Eboluzio txikiena izan duten taldeetan atzeman den metabolismo mota bakarria da.

Oro har, bakterio talde gehienek hainbat metabolismo mota garatu dute. Bakterio gorriak RNA sekuentziazatzen banatzeko tekniken bidez azertu dira. Emtzen arabera, heterotrofoak eta kimiautotrofoak jatorritzko fotoautotrofoetatik eboluzionatu ziren. Hartara, litekeena da argia energia-iturri gisa erabili izana konposatu organikoak hartitzeko era gisa.

### MONEROAK

Moneroak izaki zelubakar prokariotak dira. Lurreko bizidun sinpleak eta zaharrenak dira. Bakterio eta zianobakterio guztiak moneroak dira. Segidan, haien ezaugarriak eukariotoen ezaugarriekin alderatuko ditugu:

#### Mila zelular prokariota

\* Moneroek ez dute nukleorik. Eukariotek bezala nukleoa izan beharrean, DNA zitoplasman aske dute.

Ezagutzen den mintz sinplea dute. Alegia, ez du mintzaz mugatutako organulurik. Erribosomak badituzte, baina eukariotoen erribosomen desberdinak dira, bai formaren bai eta tamainaren aldetik ere.

\* Zelula paretak mureina edo glikopeptido





deritzon makromolekula du (arkeobakterio eta eubakterioi batzuek salbu), eta inolaz ere ez du zelulosarik.

\* Gehienak zelulabakarrak diren arren, badira zelulanitzak ere. Azken horiek koloniak, harizpiak edo oro-



tariko egiturak eratzen dituzte. Ez dute inoiz ehunik eratzen, eta zelularen arteko harremanak sinpleak izaten dira.

\* DNA molekula biribil bakara dute. Molekula horrek kromosoma baka-

## RNA, LEHEN AZIDO NUKLEIKOA

Azido erribonukleikoa, edo RNA, erribosa nukleotidoz osatuta dago, eta adenina, guanina, zitosina, eta urazilo baseak ditu. RNA kate bakarrekola izan ohi da, erretrobirusetan izan ezik, haiena kate bikoa da eta.

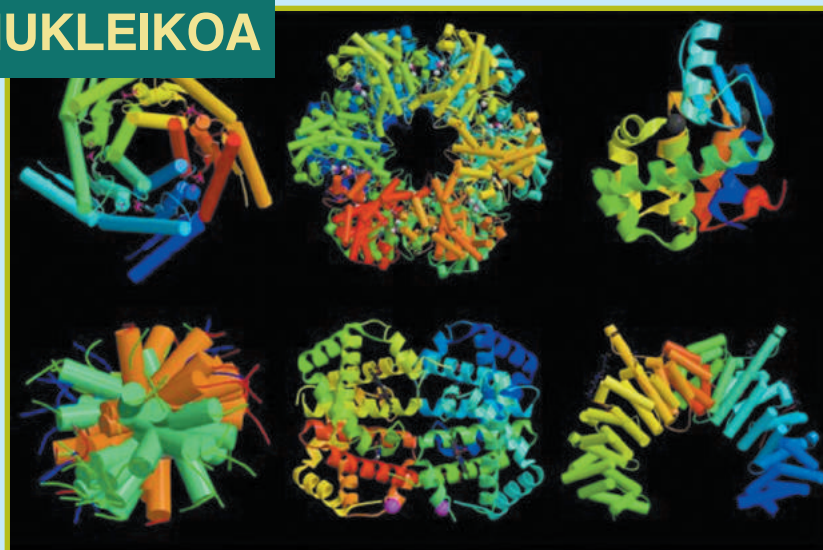
RNA hainbat birus motatan, zelula prokariotoetan eta zelula eukariotoetan dago. Jatorrizkoena, ziur asko, RNA zuen lipido tanta izan zen. Azido erribonukleikoak edo RNAk azkartasunez bikoizteko eta mutatzeko gaitasuna, eta entzina nahiz kodifikatzaile gisa jokatzeko gaitasuna du, hau da, bere sintesi propioa zuzentzen duen genetizat jotzen du. RNA DNA baino aldakorragoa da. Horregatik, errazagoa da RNA kode genetikoaren aitzindaria izan zela pentsatzea. DNAren gluzido monosakaridoa desoxirribosa da, eta RNArena, erribosa. Desberdintasuna honako hau da: desoxirribosak oxigeno bat gutxiago du erribosak baino. Erribosa duen edozein zelulak desoxirribosa lor dezake.

Horreen eta beste hainbat ebidentzien ondorioz, biziaren jatorrietan DNA zegoela zalantzan jarri da. DNAk RNA behar du, proteinak kodetzeko. Ziur aski, hasieran, RNAk gaur egun DNAk egiten duen guztia egiten zuen. DNAk RNA behar du lan egiteko. RNAk parte hartuko ez balu, DNAren nukleotidoek ezingo lituzkete proteinen aminoazidoak sekuentziatu, eta ezingo litzateke egon elkarrekikotasun linealik kode genetikoaren aginduen eta aminoazidoen antolamenduaren artean.

Funtzioaren arabera, RNAk sailka ditzakegu:

\* RNA<sub>t</sub> edo transferentziako RNA: haren funtzioa aminoazido espezifikoko erribosometaraino garraiatzea da.

\* RNA<sub>m</sub> edo RNA mezularia: haren funtzioa DNAren baitan dagoen informazioa erribosomei helaraztea da. Eukariotetan eta prokariotoetan desberdina da. Eukariotoen RNA<sub>m</sub>-ak informazioa duten segmentuak



ditu. Segmentu horiek exonak deitzen dira, eta intronak deitutako informaziorik gabeko beste batzuekin txandakatuta daude. Txanoa izenez ezagutzen den molekula ere badu. RNA<sub>m</sub> prokariotikoak ez du exonik, ez eta intronik eta txanorik ere.

\* RNA<sub>r</sub> edo RNA erribosomikoa: erribosomen zati bat osatzen du. Zelula prokariotoek 70S-ko erribosomak dituzte, zelula eukariotoek (80S) baino pisu gutxiagokokak.

\* RNA<sub>n</sub> edo RNA nukleolarra: nukleoloaren zati bat osatzen du.

1990 ean, ikertzaile talde batek, jakin dabe, geneak isilarazteko bide zaharra, eboluzioan gorde dena, abiarazi zuen. Fenomeno horri baterako ezabapena deitu zitzaion: transgene batek bere kidea eta bere burua inhibitzen ditu. PTS (Post Transcriptional Gene Silencing) deitutako ikerketari hasiera eman zitzaion. Urte batzuk geroago, animaliengan antzeko fenomenoak aurkitu zen, eta, kasu horretan, RNAren interferentziaz hitz egin zen (RNAi). Gaur egun, badakigu prozesu horien oinarritzko mekanismoa, funtsean, bera dela. Argi dugu erantzun horren esanahi fisiologikoa molekula parasitoengandik, birusengandik edo transponetatik babestea dela, bai eta RNAs aberranteak zelulatik garbitzea ere.

rra eratzen du, eta zitoplasman aske egotn da.

\* Moneroek eukariotoek baino aniztasun handiagoa izaten dute metabolismoen aldetik. Ia ez dago bakterio batek edo beste batek egin ezin dezakeen aldaketa metabolikorik.

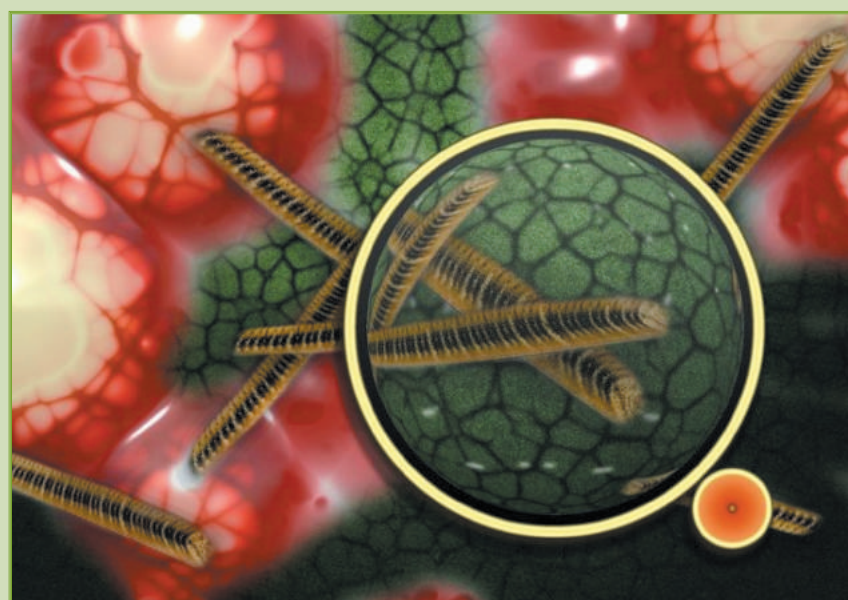
\* Konpoko ingurunearekin dituzten trukaketa-tasak oso altuak izaten dira; izan ere, oso tamaina txikia dute. Horrek azaltzen du hain azkar ugaltzea. Lurrean hain era zabalean hedatzea eta ingurunea aldatzeko hain ahalmen handia izatea.

Orokorrean, prokariotoak txikiagoak izaten dira eukariotoak baino.

\* Orokorrean, prokariotak txikiagoak izaten dira eukariotoak baino.

\* Lurreko ekosistema guztietan oinarri-oinarritzkoak dira, ziklo biogeokimikoetan zeregin erabakigarria dutelako. Sare trofikoan, deskonposatzaile nagusiak dira. Prokariotik gabe Lurreko bizia ez litzateke orain den bezalakoa izango.

\* Lurreko lehen izaki bizidunak, ziurrenik, antzinako prokariotoak izango ziren. Ia 2.000 milioi urtez Lurrean prokariotoak baino ez zeuden. Lehen zelulen jatorriari buruzko xehetasunik ez da ezagutzen, baina badakigu prokariotek asmatu zituztela oinarritzko prozesu biologiko ia guztiak.



### Maila zelular eukariotoa

\* Bestalde, organismo eukariotoek benetako nukleoa dute. DNA eta zitoplasma bereizita daude.

\* Zelula eukariotoak prokariotoak baino nabarmen konplexuagoak dira; izan ere, nukleoaz gain, organuluak ere badituzte. Kasu batzuetan, organulu bat falta daiteke, baina inoiz ez dira guztiak falta, prokariotoen kasuan gertatzen den bezala.

\* Zelula-pareta dagoenean, ez da inoiz mureinarik egoten. Sarritan zelulosa izaten du, eta beste batzuetan, kitina.

\* Askok zelulabakarrak diren arren, gehienak zelulanitzak dira. Sarritan ehunik eratzen dituzte, bai eta hainbat konplexutasun maila duten organoak ere.

\* DNA linealeko zenbait molekula dituzte. DNA molekula bakoitzak kromosoma independentea eratzen du, nahiko konplexua: DNA molekula beste kromosoma dago.

\* Metabolismo motak moneroenak baino mugatuagoak dira. Gehhienak fotoautotrofoak edo kimioheterotrofoak dira.

\* Trukeen eta metabolismoen abiadura, oro har, txikiagoa izaten dute, tamaina ere txikiagoa dutelako. Tamaina txikiagoak izaki, kanpoaldearekin harremanetarako gainazal erlatibo gutxiago dute.



\* Orokorrean, prokariotoak baino askoz ere handiagoak izaten dira, baina ezin da banatzeko muga argia eta absolutua zehaztu, gainezartzea gertatzen delako.

\* Funtsezko zeregin anitzak ere betetzen dituzte. Erabateko egia da prokariotik gabe ia ezer ez litzatekeela den bezalakoa izan.



go. Eukariotoek prokariotoekin elkarlanean eritzen direlako egi dezakete egiten duten guztia.

\* Duela 1.500 eta 2.000 milioi urte bitartean sortu ziren. Handik gutxira zelula prokarioto jakin batzuekin sinbiosi-harremana izaten hasi ziren, eta han-

## DNA ETA KODE GENETIKOA

**D**NA molekula berezi egiten duten ezaugarrietako asko egituraren eta jokabide kimikoaren deskribapen sakona egin gabe ere azal daiteke. DNAREN ezaugarri funtzionalak batzuk biokimikaren tresna esperimentalik erabili gabe aurkitu dira.

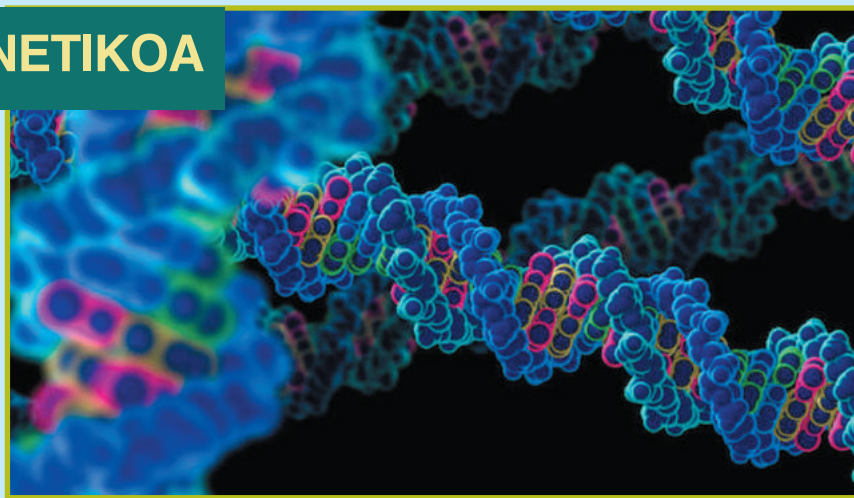
DNA laau hizkiko sekuentzia baten bidez adieraz daiteke, C (zitosina), G (Guanina), T (timina) eta A (adenina), Hizkuntza espezializatuan, baseak edo nukleotidoak deritze.

Hizki bakoitzak konposatu kimiko bat adierazten du. DNA molekula kate batez osatua dago (hizkera teknikoan, polimeroa). Banako jakin baten informazio genetikoaren DNA osoan, genomak, irakurriko litzatekeen testua da.

Gizaakien kasuan, testu horrek hiru milioi karaktere ditu, gutxi gorabehera.

DNAREN oinarritzko egitura kate edo harizpi bakarreko nukleotido sekuentzia da. Base nitrogenatuen sekuentzien bidez, informazio zehatza egitura daiteke. Mezu biologikoa edo informazio genetikoaren deritza horri. James Watsonek eta Francis Crickrek helize bikoitzeko eredua eratu zuten. Haien ereduaren arabera, DNA bi polinukleotido katez osatuta dago. Kate horiek ez dira paraleloak, osagarriak dira, eta bata besteari gainean kiribilduta daude, helize bikoitzeko forman. Banako berriak sortzeko, gurasoaren edo gurasoen DNAREN kopiak egitea beharrezkoa da.

Birus batzuetan, organismoaren informazio biologikoa, DNAREN barruan egon beharrean, RNAREN molekula baten barruan dago. DNA molekula bakoitzak kromosoma bat eratzen du. Kromosoma guztietan DNA sekuentzia bera du bere zelula guztietan banakoak, baina banako batetik bestera aldatu egiten da. DNA



sekuentzia bereizgarria genomak izenez ezagutzen duguna da. Genomak kopurua, mota, eta genomak kromosometan antolatzeko modua desberdinak dira espezie batetik bestera.

Gure planetan, biziaren eboluzioaren lehen etapetan, DNAREN eta proteinetan oinarritutako oraingo munduaren aurretik, RNAREN oinarritzen zen beste bat egon zela dioen hipotesia guztiz onartuta dago gaur egun. Horren ondoren, DNAREN RNA ordezkatu zuen informazio genetikoaren euskarritzat; izan ere, RNA baino askoz egonkorragoa da kimikoki. Ezaugarri hori oso garrantzitsua da, informazioa hutsegite handirik gabe gordetzea ahalbidetzen baitu. Era berean, proteinak hogeita aminoazidoz eratuta zeudenez, kimikoki RNA baino askoz ere aldakorragoak izanda, azken hori ordezkatu zuten katalizatzaile gisa. Gaur egun oraindik jardunean dabilen erriboentzimak (biroide batzuen erreplikazioa katalizatzen dutenak, esaterako) RNAREN mundu aurrezelularreko molekula fosilak dira. Horregatik, nahiz eta RNAREN egungo funtzioa DNAREN eta proteinen arteko nolabaiteko laguntzailea izatea den, horrek ez du esan nahi biziaren eboluzioan hala izan denik beti.

DNA nukleotido sekuentzia ezagutzen dugu, baina hiztegia eta, batik bat, esanahia hobeto ezagutu behar ditugu.

dik mitokondriak, plastidioak eta undulipodioak jaio ziren. Zelula eukariotoak hainbat zelula prokariotoren sinbiositzat jotzen dira.

### Protoktistoak edo protistoak

Protoktisto terminoa lehen izatea esan nahi du. Duela 1.000 milioi urte biosferako funtzio guztiak bakterioek eta protoktistoei egin zituzten. Azken horiek zelula eukariotoak dira, bizi autonomo primitiboak. Bakterioen elkarketa iraunkorretatik eboluzionatu ziren, duela 2.000 milioi urte inguru. Nukleodun zelula agertu arte ez ziren egiazko sexualitatea eta heriotza programatua sortu.

Protoktistoen erreinua bazterte-irizpideengatik definitzen da, eta animaliak, landareak edo onddoak ez diren organismo eukariotak hartzen ditu barne.

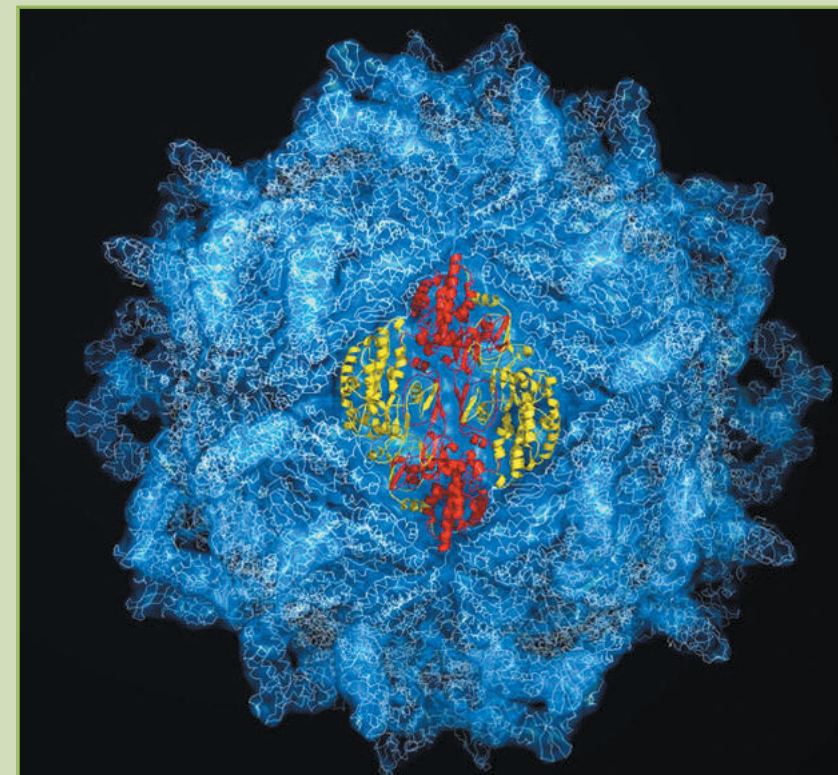
Ez dira animaliak, animalia guztiak blastuletatik garatzen direlako, eta ez dago blastula osatzen duen protoktistorik. Hala ere, Volvox izeneko alga berdeak blastula antzeko bat osatzen du.

Ez dira landareak, landare guztiak enbrioetatik garatzen direlako, eta ez dago enbrioia osatzen duen protoktistorik.

Ez dira onddoak, onddoek berez ez dutelako undulipodiorik, eta onddoak esporetatik garatzen direlako.

Protoktistoak gehienetan zelulabakar mikroskopikoak izaten dira, baina badira koloniak, harizpiak edo laminak eratzen dituzten zelulanitzak ere.

Algak eta protozoak protoktistoen talde handiak dira.



Haien arteko bereizketa elikadura-estrategian oinarritzen da: algak fotoautotrofoak dira, eta landareekin afinitatea dute. Protozoak, berriz, kimioheterotrofoak dira, eta animaliekin afinitatea dute.

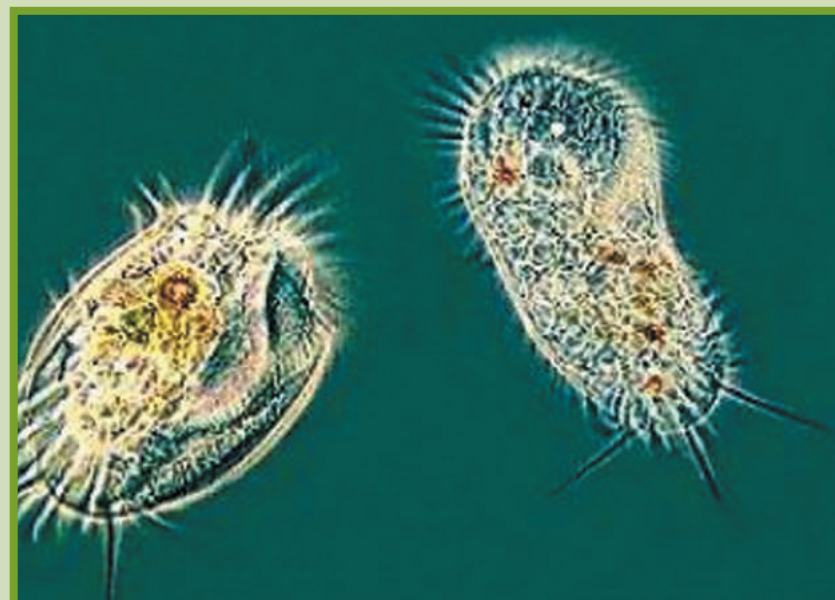
Alga izena organismoen talde oso heterogeneoari ematen zaio. Alegia, talde horretakoek, eukariotikoak izateaz gain, komunean duten gauza bakarra, fotosintesia egiten dutela eta ur-inguruneetan edota ingurune hezeetan bizi direla da.

Protozoak hitzak lehen animalia esan nahi du. Talde horretako organismoek eukarioto heterotrofoak eta zelulabakarrak izatea dute bakarrik komunean.

Protoktisto asko ezin dira algatzat edo protozootzat jo. Hortaz, hainbat mota bereizi behar da. Adibide bat euglenofitak dira; horien kasuan fotosintesia egiten duten espezieek jakineko heterotrofia-maila dute.

Ezagutzen diren protoktisto zaharrenek 1.500 milioi urtetik gora dute. uretan eta airean oxigeno aske disolbatua egoten hasi zenean sortu ziren. Horrek esan nahi du eukarioto guztiek arnasketa aerobikoko oxidazio-metabolismoa dutela. Ondorioz, hartidurako metabolismo anaerobikoak baino energia errendimendua hobea dute.

Gaur egun 250.000 protoktisto espezie dagoela kalkulatu da.





## KODE ORGANIKOAK

Ezagutzen ditugun biziaren (egun ezagutzen dugun bezala) ezaugarri diren makromolekula mota biak -azido nukleikoak eta proteinak, alegia- elkarren mendeak dira. Azido nukleikoak, DNA eta RNA, kopia prozesu baten bidez (erreplikazioa), informazio genetiko biltzeko eta transmititzeko gai dira. Erreplikazioan, kate batek molde lana egiten du, polaritate osagarria duen beste kate bat sintetizatzen; era berean, azken horrek ere molde lana egiten du, hasierako katearen berdin-berdinak diren kateak sintetizatzen.



Prozesu horrek entzimak behar ditu, prozesua katalizatzen edo bizkor dezaten. Entzimak azido nukleikoetan kodetutako funtzioak adierazten dituzten proteinak dira; entzimak, ordea, ez dira gai informazio genetiko gordezeko eta transmititzeko. Baina, azido nukleikoaren sintesiak proteinak behar badiu, eta alderantziz, proteinen sintesiak azido nukleikoak behar badiu, molekula mota bi horietako zein azaldu zen lehenago hasierako Lurrean?

Paradoxa hori argitzeko bi modu daude: batetik, azido nukleikoak eta proteinak era berean sortu zirela onartzea, nekez gerta zitekeena; edo, bestetik, bietako bat, noizbait, bi funtzioak betetzeko gai izan zela onartzea. Erriboentzimak aurkitzeak aboluzioko paradoxa hori argitzeko aukera ematen digu, bai eta honako proposamena egiteko aukera ere: RNA lehenago azaldu, molekula hori gai delako informazioa gordetzeko, eta informazio hori jarduerak katalitikoan adierazteko.

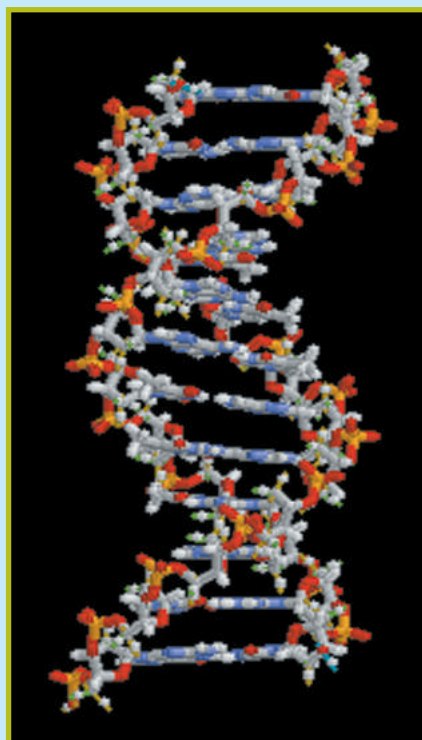
Informazio genetikoaz ari garenean, proteinak sintetizatu ahal izateko informazioaz ari gara. DNAk informazioa darama, eta proteinek izaki bizidunak bizirik mantentzeko beharrezko funtzioak betetzen dituzte. Mezu genetikoak bestelako informazioa ere badu. Francis Crick DNAREN helize bikoitzaren aurkuntzakideak Life Itself liburuan azaldukoaren arabera. Biziaren sorreraren arazoa askoz errazagoa izango litzateke, bi makromolekula (DNA eta RNA) egon beharrean, bakara batega.

1981ean, T.R. Cechek RNA autokatalitikoak aurkitu zuen, eta arazoa argitu zuen. Francis Crickel elkar-

rekikotasuna proposatu zuen genearen nukleotido sekuentziaren eta geneak kodetzen duen entzimaren aminoazido sekuentziaren artean. Sekuentzia batetik bestera igarotzeko mekanismoan, bi prozesu bereiz daitezke: bata nukleoan egiten da, eta bestea, erribosometan. Nukleoan, gene baten (DNA) desoxirribonukleotido sekuentziatik, RNAm bati dagozkion erribonukleotido osagarrien sekuentziara igarotzen da. Prozesu horri transkripzioa deritzo. Erribosometan, RNAm horren erribonukleotido sekuentziatik, aminoazido sekuentziara igarotzen da. Prozesu horri itzulpena deritzo.

1986an, W. Gilbertek biosfera primitiboko RNAzko mundua aipatu zuen, han, RNA kode genetiko zein entzima gisa aritzen zen. RNA, ordea, molekula konplexu samarra da, eta horri esker, esan dezakegu RNA bera agertu aurretik, antolatutako materia organikoa bazegoela. Egungo zelulek elkarrekiko mendeakotasuna ezartzen dute informazio genetiko gordetzen duten makromolekulen eta aginduak betetzen dituzten makromolekulen artean. Zelula eukariotoetan, intronek (esanahirik ez duten zatiak) gene gehienak eteten dituzte.

Lehen organismoen froga gisa fosilik ez dagoen arren, behaketa astronomioek, meteorito azterketek eta simulazio esperimentalek gertakizunen sekuentzia proposatzeko aukera eman dute biziaren agerpena azaltzeko, RNAzko munduaren sorrera kontuan hartuta. Zelulak beharrezko mekanismoak ditu DNAko informazioa itzultzeko eta metabolismorako behar dituen proteina guztiak sintetizatzeko. Mekanismo horiek kode organikoak osatzen dituzte.

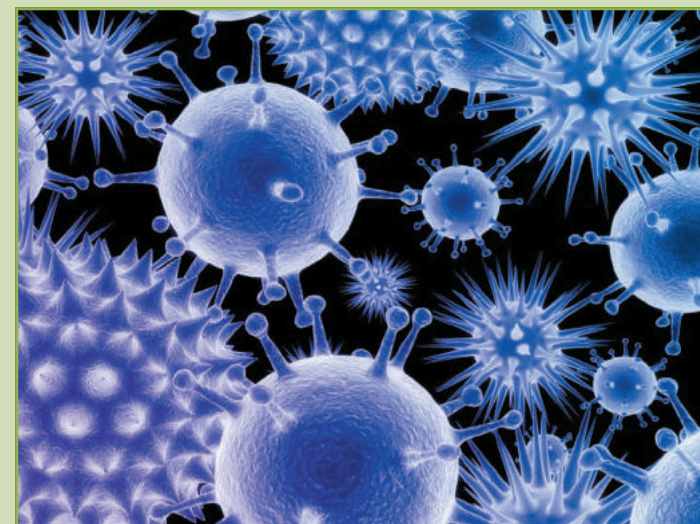


## BIRUSAK

Birusak ez dira zelulak, eta materia biziaren eta materia bizigabearen arteko muga zehazten dute. Zelula bat infektatzen dutenean baino ez dira agertzen. Haien jatorria eta eboluzioan duten zeregina ez dira ezagutzen. Oso zaharrak dira eta ia bizi sortzearekin batera agertu ziren.

\* Birusen ez dute zelularik, hau da, haien antolamendua azpizelularra edo molekularra da.

\* Birusak azido nukleiko mota bakarra dute, eta hori DNA edo RNA izan daiteke. Birusen material genetiko DNA edo RNA ere izan daiteke.

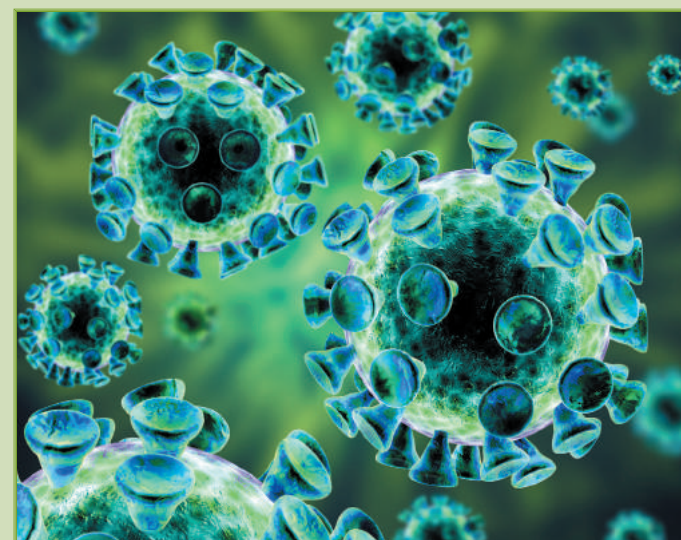


\* Zelula bizidun baten buruzko bizkarroiak ez direnean, ez dute bizi jarduerarik. Kristalizatu egin daitezke.

\* Zelula barruko bizkarroi gisa bakarrik bizi daitezke, bestela ezin izango balitezke ugaltu. Birusak dituen zelularen metabolismo guztiak birusen material genetikoak emandako aginduei jarraitzen die.

\* Birusak ezagutzeen diren izaki txikiak dira. Biosferan duten garrantzia ez da ezagutzen, baina berebiziko zeregina betetzen dute; alegia, izaki bizidunen biztanleria erregulatzen dute eragiten dizkieten gaitasunen bitartez.

\* Ez dakigu birusak nola sortu ziren, baina infektatzeko gaitasuna garatu zuten azido nukleikoetatik datozela uste da.



## BIZIAK ATMOSFERA ALDATZEN DU

Litekeena da lehen zelulek ingurunean molekula organikoa haien egitura mantentzeko, energia eskuratzeko eta ugaltzeko erabili izana. Zelula-kantitatea handitzearekin bat, jatorrizko saldako molekulak agortzen hasi ziren. Zelulek gaur egungo bakterio anaerobio termofilikoen antz izango zuten, eta energia ekoizteko mekanismoak garatu bide zituzten. Sortu ziren lehen mekanismoak hartzidura eta fotosintesia izan ziren.

Hartzidura-prozesuaren bitartez, energia kimikoa eskuratzeko eta energia asko duten konposatu





organikoetatik. Prozesuaren amaieran, energia gutxiagoko konposatu bihurtzen dira, eta zelulez kanpoko ingurunean pilatzen dira.

Fotosintesiaren bitartez, energia argitik eskuratzen da, nagusiki, eguzki erradiazioetik. Bakterio fototrofoek ez zuten materia organikoaren kantitate handirik behar, oinarritzko ekoizleak zirelako; kanpoko ur-ingurunea elikagai-iturri gisa baino ez zuten behar.

Fotosintesia egiten zuten lehenak sufreko bakterio berdeak izan ziren, karbonoa materia organiko bihurtzeko hidrogeno-iturri bat behar zutelako. Bakterio horiek hidrogeno sulfuroa erabiltzen zuten; izan ere, mumen dietako jarioetan gas mota hori ugari dago. Errefus-produktua ateratakoan, sufrea pilatu egiten zen. Hidrogeno sulfuro ugari egon zen Lurreko gainazalean sumendi-jarduera egon zen garai guztian zehar. Arkear Garaian, sufreko



bakterio purpurak sortu ziren.

Bakterio horiek oxigeno-kantitate jakin bat jasan zezaketen. Bakterioen hirugarren motak sartu zuen oxigenoa: zianobakterioek, hain zuzen. Horiek hidrogeno-iturri gisa dihidrogeno oxidoa, hots, ura, erabiltzen zuten; izan ere, hidrogeno askea edo hidrogeno sulfuroa baino ugariagoa zen. Haien errefus-produktua oxigenoa zen. Zianobakterioek eguzki erabiltzen zuten, ur molekulak banatzeko eta hidrogenoa ateratzeko. Karbono dioxidotik ateratzen zuten karbonoarekin eta ureko hidrogenoarekin, DNA, gluzidoak, proteinak eta bes-telako konposatu zelularrak egin zituzten. Zianobakterioak ugaritu egin ziren eta oxigeno molekularra askatu zuten. Oxigeno horrek hainbat elementurekin erreakzionatu zuen, eta mineral berriak sortu ziren, hala nola sulfatoak eta burdin oxidoak. Gaue egun, Lurrean dau-den mineralei esker kalkulatu ahal izan da atmosferaren bilakaera duela 2.200 milioi urte hasi zela, eta duela 1.800 milioi urte bukatu. Oxidatzeko elementu gehiago geratzen ez zenean, oxigenoa atmosferan pilatzen hasi zen.

Zianobakterioek atmosferako lehen kutsadura handia eragin zuten, hau da, oxigenoa sortu zuten. Kutsadura horri esker, ozono-geruza sortu zen, eta ozono-geruzak eguzkiaren erradiazio ultramoreetatik babesten gaitu. Ozonoa hiru osatuta dago.

## ATMOSFERAK BIZIA ALDATZEN DU

Unibertsoa ez da toki atsegina. Erabat kontrakoa da bizirako, eta izpisortek eta partikulek zeharkatzen dute espazioa etengabe.

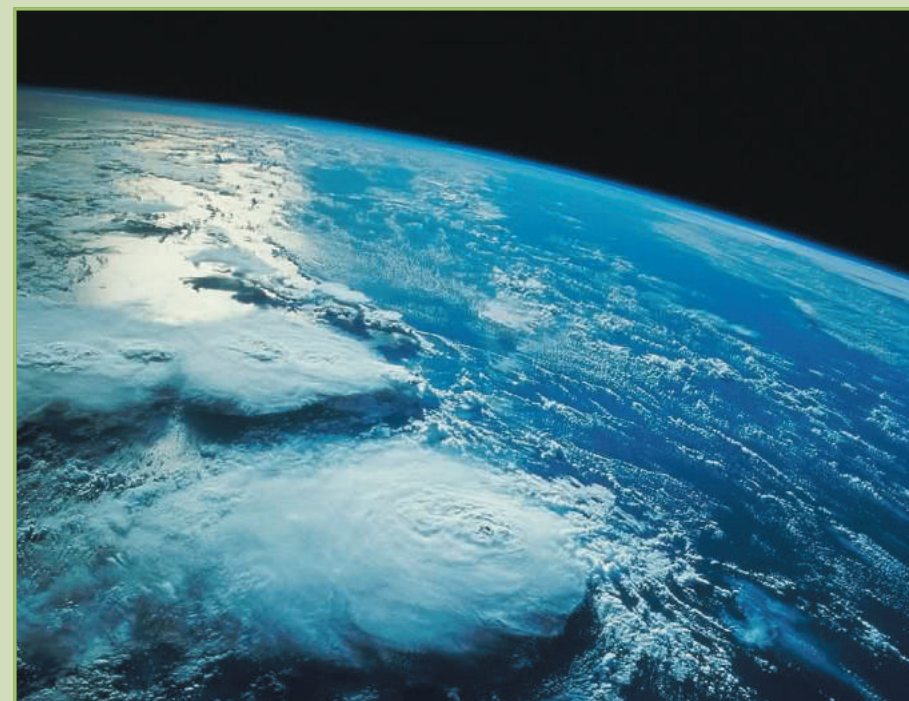
Hasieran, Lurreko gainazalean bizia ez zen posible. Itsasoko uretan sakontasun jakin batean baino ez dira xurgatzen eta arintzen X izpiak eta izpi ultramoreak.

Lurrak hasiera-hasieratik parte hartu du bizia sortzen.

Zientzialari batzuen ustez, biziaren jatorria iturri hidrotermalak dira. Dirudenez, iturri ternal ugari zegoen, sumendi-jarduera handiari loturik, oro har. Iturri horiek itsas mailaren azpitik zein gainetik egoten ziren. Lurreko energiak berak elikatu zituen bizi era primitiboak.

Geofisikariek eta paleontologoek gero eta interes handiagoa dute Lurraren historiako aro primitiboan. Arkear garaiak Lurraren historiaren %43 inguru hartzen du barne, hau da, 2.000 milioi urte inguru. Dirudenez, Arkear Garaiko kontinenteek egungoen lodiera bera zuten, baina ez zuten bizirik; izan ere, bizia uretan sortu zen.

Arkear garaiko bizi erak ez dira inoiz desagertu.



Oxigenoa arnasten duten izakiak sortu diren arren, ingurune anoxikoetan -oxigenorik gabekoetan- bizitzen jarraitzen dute.

Atmosferak babesteko pantaila gisa jarduten du, eta, horri, biziak eboluzio motela izan ahal du airezko bilgarriaz babestuta. Lurreko atmosfera primitiboan oxigenoa agertu zenean ozonoa sortu zen, eta hark xurgatzen ditu izpi ultramore indartsuak. Ozonoaren sorrera eta hark bizian duen eragina Lurraren historian rol garrantzitsua izan duen ziklo harrigarria dira.

Badakigu mikroorganismoek berebiziko zeregina izan zutela atmosferako karbono dioxidoa desagertu zedin, eta oxigenoa ager zedin.

Karbono dioxidoaren finkatzaile garrantzitsuenak alga kokolitoforalak dira, itsaso planktonaren osagai direnak. Hiltzen direnean kare plaka diskoidala askatzen dute. Plaka horrek kare-arroren eremu handiak osatzen ditu.

Kare-arroren metaketak sortu dituzten karbono dioxidoaren beste finkatzaile batzuk arrezifeak eratzen dituzten izakiak dira. Horien artean, nabarmentzekoak dira koralak, estromatoporoideak, desagertu diren itsasoko organismo txertatzaileak eta brakiopodoak. Azken horietatik, 700 espezie inguru baino ez dira bizirik geratzen.





## HASIERAKO LURRA

Ur-likidoa berebizikoa da bizia mantentzeko. Lurrak 600 milioi urte inguru behar izan zuen hozteko, hots, ura gainazalean egoera likidoan egoteko moduan hozteko. Marten antzinatasun bereko haizpitarteak daude; horrek adierazten du ibai handiek gainazala zeharkatzen zutela. Artizarrari dago-kionez, oraindik ezin izan da hasierako eboluzioa ezagutu. Hiru planeta horiek Eguzki Sistemaren duten egoera ikusita, uste da Lurreko atmosfera primitiboaren osaketa Artizarrekoaren eta Martekoaren antzekoa izan zela.

Litekeena da duela 3.900 milioi urte hiru planetetako



## GENEAK ETA GENOMAK

Oro har, genea DNA segmentua da (edo RNA segmentua, virus batzuetan). Segmentu horrek kate polipeptidiko baterako edo RNA mota baterako informazioa du. Zelula eukariotoen geneek, oro har, kate polipeptidikoetarako informazio gabeko intronak dituzte, informazioa duten exonak banatzen dituztenak. Aurkitu egin da, virus batzuetan, nukleotido sekuentzia bakar batek bi informazio mota (bi gene) dituela, irakurtzean zein ordenari jarraaitzen diogun: desberdina da lehenengo nukleotidotik irakurtzen hastea, edo bigarren nukleotidotik hastea. Gene gainjarriak deritzenak dira. Prokariotoetan, DNAk gene baktzaren kopia du, eta ez du etenik (intronik gabe). Ia ez dago transkribatzen ez den DNarik.

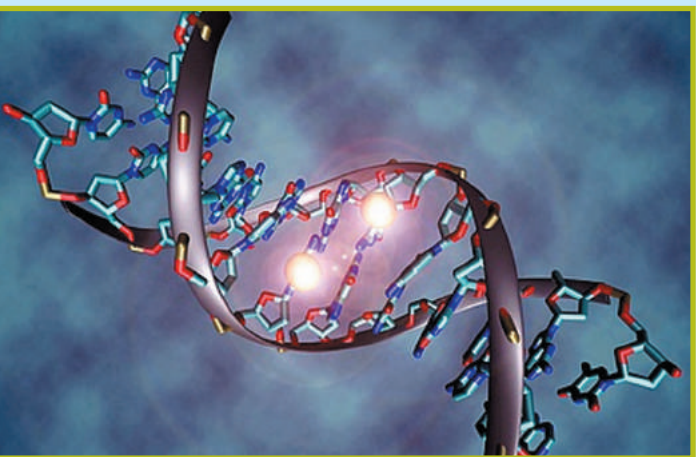
Eukariotoetan, aldiz, hiru DNA mota daude.

\* Osoerrepikakorra dena, edo satelitea: guztiaren % 10 da, baina % 50era irits daiteke.

\* Nahiko errepikakorra: DNA guztiaren % 20 da.

\* Ez-errepikakorra edo sinplea: guztiaren % 70 da. RNAm-ra igarotzen den informazio gehiena du. Informazio horren bidez, proteinak eta DNA sortzen ditu, tartekatuturik dagoen eta transkribatzen ez den DNA, hain zuzen.

Proposamena da oso errepikakorrak diren sekuentzien jatorria birusak edo elementu transposakorrak direla, toki batetik bestera mugi daitezkeen segmentuak direla. Zelula ostalariaren DNA barruan biderkatuz joan dira, hedatzeko duten gaitasunari eta eragiten duten kalte urriari esker. Horrela, haien aurkako hautespen efektua



saihesten dute, eta horregatik deritze DNA egoistak.

Organismoak proteina sareak egiten dituzten gene sareak dira, eta proteina sareok geneak erregulatzen dituzte. Proteinen beste funtzio bat da DNArekin fisikoki elkar-reraginean jardutea, proteinen sintesia kontrolatzeko.

Genoma organismoaren herentziazko material multzoa da. Organismoa garatzeko eta haren funtzionamendurako jarraibide genetikoak zehazten dituen nukleotido sekuentzia da. Jarraibide horiek belaunaldiz belaunaldi transmititzen dira, gurasoengandik seme-alabengana. Hori dela eta, organismo baten genomak informazio biltzen du. Informazio horri esker, organismoa gara daiteke, eta inguruneak ezartzen dizkion beharrei erantzun diezaike.

DNA geneen materiala da, horregatik, zentzuzkoa da pentsatzea organismo konplexuagoek gene gehiago beharko dutela eta DNA gehiago edukiko dutela. Horren arabera, itxaron daiteke konplexuagoak diren organismoek genoma handiagoak eta gene gehiago izan ditzaten. Hau da, eboluzioan, genomaren tamaina eta gene kopurua pixkanaka hazi egingo dela espero da.

gainazalek bizia sortzea eta mantentzea ahalbidetzeko behar ziren ezaugarriak izatea. Gainera, Lurreko gainazalera izpi ultramoreen kantitate handia iristen zen, artean ozono-geruza babeslea eratu gabe zegoelako. Alegia, geruza hori hondoren garatu zen, zianobakterioek oxigeno-kantitate handiak ekoiztearen ondorioz. Erradiazio kosmikoa ugariagoa zen, eta meteoritoek talka egiteko aukerak handiagoak ziren.

Lurraren eta Marteren historien artean berdintasun asko dago: badakigu garai batean Marten ur likidoa zegoela gainazalean era egonkorrean, eta tenperatura 0 ° C eta 90 ° C bitartekoa zela jotzen da.

Eguzki Sistemako beste planeta batzuetan molekula organikoak badirela egiaztatzen duten frogak daude. Hortaz, baieztatu daiteke maila kosmikoko eboluzio kimika egon dela. Bizia guk ezagutzen dugun bezalaxe Artizarrean edo Marten sortu izatea posible da, baina ez zuen iraun, giroaldaketak zirela medio. Litekeena da molekula organiko estralurtarrak sintesi prebiotikoa egiteko piezen iturri garrantzitsu izatea.

Jatorrizko salda oxidatu gabe pila zitekeen giro erreduktorean. Protozelulak sortzeko oinarria azido nukleiko primitiboak zuen lipidozko mintza izan zitekeen, sintesi-gaitasun katalitikoa eta proteina bakarra zituen. RNaren jarduerak katalitikoak lehen entzimak sortu zituen. Protozelula hori hobetu egin zen DNA eratu zenean; izan ere, DNA askoz ere egokiagoa da informazio kodifikatua igortzeko. Bizi-ezetik bizira egin zen urratsa da jakinkizun dagoena. Urrats horren ondorioz, zoriz elkartu ziren substantzia kimikoen multzoak sistema bizi dagozkien ezaugarriak hartu zituen, eta sistema autopoetiko deritzona eratu zuen.



### Sorrera nola izan zen azaltzeko hipotesiak

Zenbait hipotesiren arabera, sorrera ez zen gertatu Oparinen eta Haldanen hipotesian ageri den jatorrizko salda hartan.

Sidney Foxek frogatu zuenez, aminoazidoen nahasketak berotuz gero, polimerizazio termikoa lor daiteke. Nahastea hoztean, proteinoideak sortzen dira, eta haiek polipeptidoen ezaugarri asko dituzte. Gehiago hoztean, uretan disolbatzen ez ziren proteinode-mikroesferak sortzen ziren. Geroago azaldu zuten, sintesi hori guztia itsaspeko tximinietako ur beroan eta sumendietan gertatu zen, beharbada.

John Desmond Bernalek proposatu zuen buztin-partikulek agian adsortzio-gainazala eratu zutela, eta han kontzentratu eta erreakzionatzeko aukera izan zela.

Cairns-Smithek beste teoria bat proposatu zuen: buztinek molekula organikoak kontzentratu eta antolatu zituzten, eta katalizatzaile gisa jardun. Erreplikazioa, hartara, buztinen gainazalean aratutako geruza berriei gertatu ziren erreakzio ionikoen bidez egingo zen.

Proposamen hori bat zetozen lehenengo metabolismo-motak autotrofikoa -fotoautotrofikoa edota kimioautotrofikoa- izan behar zuela zioen ideiarekin. Jakinkizun dago nola jazo ote ziren buztin gainazaleko azido nukleikoen sintesia, erreplikazioa eta zelula-biziranzko eboluzioa. Woese eta Wächterhäuser zientzialariek landutako teoria Oparin-Haldane teoritik are urrutiago dago: biziaren sorrera era autotrofikoan gertatu



bide zen, eta ozeanoak eratu aurreko garaian. Sorrera horretarako, beharrezkoa izango zen hodeiak izatea, eta horietan kondentsatuko ziren hauts-partikulak eta ur-lurruna. Hor, erreakzioak gertatu ahal ziren, batez ere piritaren eta antzeko materialen gainazalean. Sistema autotrofiko bat agertuko zen, eta sistema horretan karbono-iturria materia organiko bihurtuko zen.

Sistema horretan, geruza bakarreko egoera batetik egoera erdizelularra igarotzeak lagundu zion konplexutasun handiagoranzko eboluzioari. Bigarren egoera horretan, molekula organiko lipidikoen geruza batek inguratuko zuen piritaren gainazala. Horrek lagundu egingo zuen hirugarren egoera batera etortzen; hirugarren egoeran, bada, piritazko euskarria galduko zen, eta benetako organismo zelularrak sortuko ziren.

Biziaz jatorri hidrotermala duela egiaztatzeko, Michael Russellek ikerlan bat zuzendutu; hipotesi horren arabera, ioi ferroso bihurtuko zen ioi ferrikoaren arnasteari



lotuta sortu zen bizia. Hainbat ikertalde, 2003. urtean, burdin sulfuroak garrantzi handia izan duela materia biziaren sorreran sendetsi dute. zkenik, Antonio Lazcanok bestelako sorrera bat proposatzen du. Haren hitzetan, gazpatxo prebiotikorik izan zen, eta han, tenperatura apalek bizirik irauten lagundu zieten molekula organikoei.

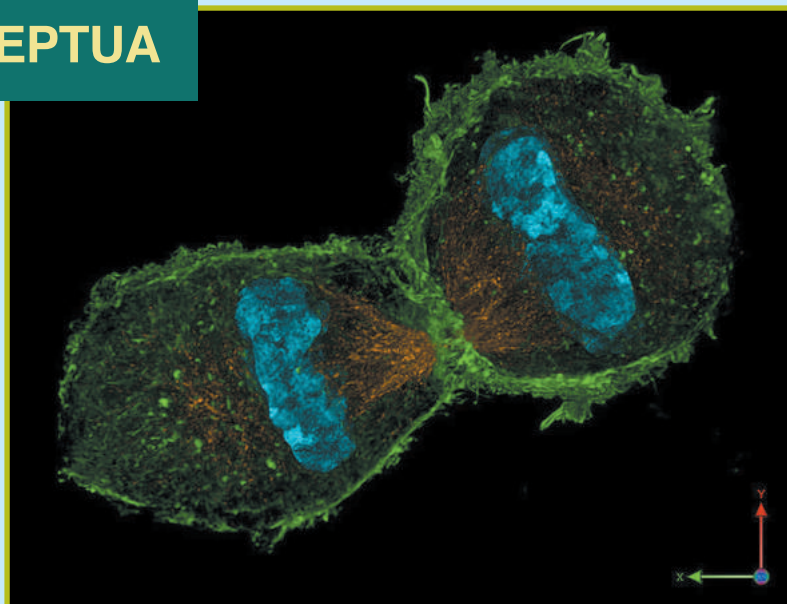
## AUTOPOIESIA KONTZEPTUA

**O**raintsu arte, biziaren sorrera oso prozesu geldoa izan zela uste izan da. Fosilek aurkakoa frogatzen digute, beharbada, 10 milioi urte baino gutxiago. Denbora tarte horri esker, bizia modu azkarrean bilakatu zela esan dezakegu. Baina, zer esan nahi du bizirik egoteak?

Autopoiesia bizia duen oro definitzeko printzipio multzoa da. Autopoiesia (grekoz, auto=propio eta poiesis=sorkuntza) izaki bizidun guztiek gauzatzen dituzten jarduera dinamikoek, beren kabuz ekoizteko jardueri nahiz beren kabuz mantentzeko jardueri buruz ari da. Argiago uzteko, bizia definitzen du, ezinbestekoak diren ezaugarriak adieraziz: nortasuna, osotasuna, espazioan mugaturik egotea, bere kabuz mantentzea eta kanpotik materia eta energia eskuratzea.

Horrelako ezaugarriak dituen entitate txikiak eta arruntak bakterio zelula da. Handiena, ziurrenik, Gaia izango da, bizia eta haren ingurua planetako eremuan. Zelulek eta Gaiak entitate txiki horien gaitasuna aurkezten dute: ingurua ustekabeab aldatzen denez, eguzki energiari esker egitura oso-osorik gordetzen dute, bai eta barruko antolamendua ere.

Metabolismoa da molekula osagaien etengabeko sortze eta suntsitze hori da: Metabolismoa, alegia, izaki



bizidunek entzimez katalizatutako eraldaketa kimikoen eta energetikoen multzoa da. Beste modu batera esanda, metabolismoak sistema bizidunen baitan etengabe gertatzen diren materia mugimenduetan datza. Mugimendu horiek sistema hiltzen den arte gertatzen dira. Autopoiesi sistemek, bestelakoek ez bezala, metabolizatu egiten dute. Proteinak, birusak eta geneak materia biziaren osagaiak dira. Animalien, landareen edo beste zelula baten barruan daudenean, zelulak edo organismoak elikatzeke erabiltzen dira, bai eta autopoiesi jokabiderako ere. Hala ere, ez dira berez metabolizatzeke gai, ez dira berez autopoietikoak. Entitate autopoietikoak, hau da, izaki bizidun guztiak, metabolizatu beharra dute.

## JATORRIZKO OZEANOAK ETA BIZIA

**U**ste denez, lehen Arkear Garaian ozeanoetako ur-edia gaur egungoaren %20 zen, eta ozeanoek 50 kilometro inguruko sakonera zuten.

Lurra eratu zenetik estreinako arroak eratu ziren arterainoko denbora Hada star eona deitu zioten. Lehenago aipatu dugunez, Lurreko arrokarik zaharrenek 4.030 milioi urte dituzte, igneoak baldin badira; eta 3.580 milioi urte, sedimentarioak baldin badira. Hada star Eonaren bukaera eta Arkear Garaian hasiera mugatzen ditu aldi horrek. Uneren batean, aldi horren eta hurrengo 100 edota 50 milioi urteen bitartean, aurrenezko zelula prokariotak sortu ziren. Une horretan, mikrobio-tapizak zabaldu ziren Lurrean. Haien eboluzio eta dibertsifikazioak, eta geroagoko garapenak, lehenengo ekosistemak sortu zituen.

Bizia sortzen hasi zenean, Lurraren gainazal guztia uren estalita zegoen. Ozeanoek sakonera txikia zuten, eta kontinenteak orduantxe hasi ziren eratzen.

Sakonera txikiko itsaso horiek gaur egungo estromatolitoak bezalako formazioak izango zituzten euren baitan. Estromatolitoak jotzen dira Lurrean agertu den bizi antolatua- ren adierazlerik zaharrentzat.



Estromatolitoak kare-egitura sedimentarioak dira, zianobakterioen eta harizpiko bakterioen metabolismo-jardueraz sakonera txikiko uretan garatzen direnak, sedimentu partikula finak lakioan harrapatu eta kaltzio karbonatoa hauspeatzen dutenak. Nagusigo handia izan zuten Lurraren gatazkoan, eta paisaia gailendu ziren duela 600 bat milioi urte arte. Oraindik ere eratzen dira, baina oso giro mugatuetan, hala nola gatzagetan eta tropikoko badietan.

Estromatolitoak egiten dituzten mikroorganismoak prokariotoak dira, eta aitzindari dira eguzki-energia erabiltzen zeregin hauetarako: hazteko, karbono dioxidoa fin- katzeko eta, honda- kin-azpiproduktu gisa, oxigenoa isur- tzeko. Oxigenozko fotosintesiaren asmatzaileak dira.

Lehendabiziko aldiz sortzen zen oxige- noa Lurrean gas- erara eta hain modu ugarian. Horren ondorioz, odu arte ez bezalako erataan eboluzionatu zuen bizia.

Goi-atmosferan, bizi





berri horrek sortutako oxigenoa ozono bihurtuz zihoan, eta ozonoak ezkutu bat eratzen du, bizia Eguzkiaren irradiazio ultramoreetatik babesten duen geruza bat. Horri esker, biziak forma konplexuagoetarako eboluzionatu zuen, eta lehorra kolonizatu zuen. Bizi horrek bat egin zuen ordu arte munduko klimaren egonkortasunari eutsi zioten prozesu geologikoekin.

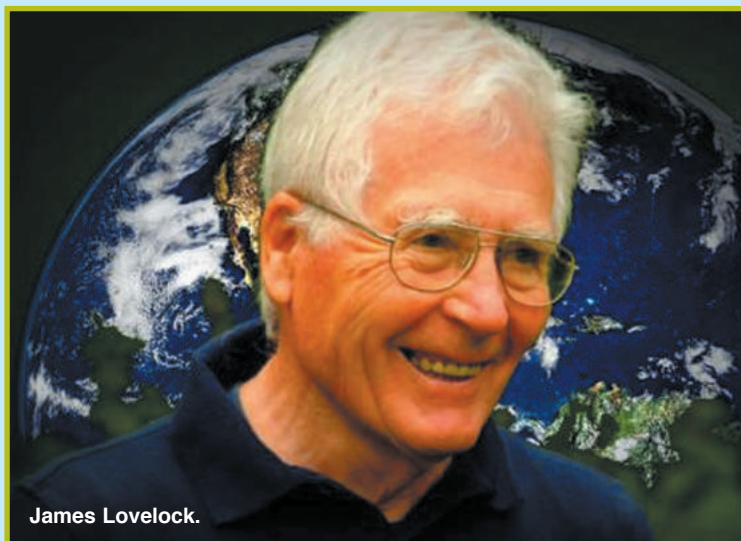
#### Ozeanoen eta oxigenoaren gorabeherak

Duela 3.500 milioi urte, Lurra hasten baino ez zen ari:



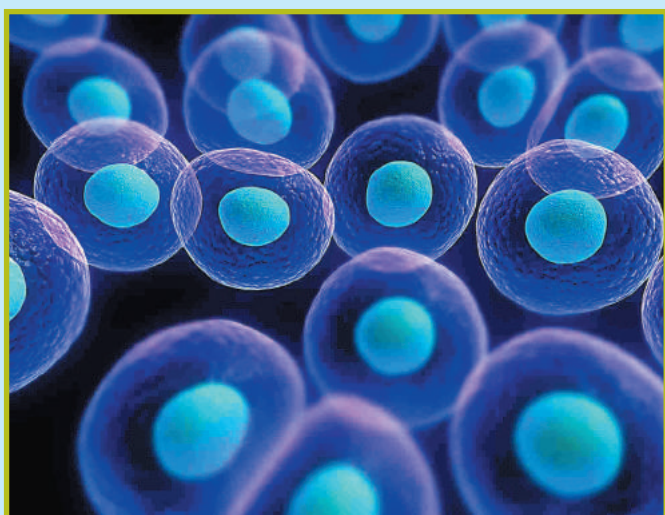
## ZELULEN NORGEHIAGOKA ETA LANKIDETZA

1979an, James Lovelockek teoria bihurtu zen hipotesia formulatu zuten, hain zuzen ere, lankidetzan norgehiagoka bezain garrantzitsua izan dela, Lurrean, biziak iraun dezan. Lurreko gainazalaren baldintza fisikoak eta kimikoak eta atmosferaren eta ozeanoen baldintzak biziari esker, hain zuzen ere, ziren eta dira bizirako egoiak. Hori ohiko zientziaren aurka doa; izan ere, haren arabera, bizia eta planetako baldintzak bide desberdinetatik doaz, eta lehena bigarrenetara egokitzen da. Gaia hipotesiaren arabera, espezieen bilakaera ez da gertatzen inguruetik bereiz, edo harekiko paraleloan. Darwinisten edo neodarwinisten aburuz, eboluzioa espezieen eta horien inguruaren arteko norgehiagokaren emaitza da.



James Lovelock.

Bakterioak organismo sinpleak dira, baina biokimikaren aldetik, animaliak baino konplexuagoak dira. Horietako askok badiu bide entzimikoak, proteinek behar dituzten aminoazido guztiak sortzeko. Izerdia xurgatzen duten intsektuek eta haien bakterio endosinbiotikoei onura lortzen dute elkarrengandik. Ostalariak xur-



gatutako izerdian eskura dituen molekulak jasotzen dituzte sinbionteek. Molekula horiek ezinbestekoak ez diren aminoazido kopuru handia dute, bai eta energia iturriak ere, azukrea, gehienbat. Bakterioek, trukean, ezinbestekoak diren balio handiko aminoazidoak eta bitaminak sortzen dituzte. Molekula horiek bakterio zelularen barruan sintetizatzen dira, eta ostalariari askatzen dira. Sistema mutualista horiek, oro har, izerdia xugatzeko duten intsektuen artean aurkituko ditugu; hala ere, elikaduraren aldetik pobre samarrak diren elikagai iturriak dituzten ornogabeetan ere ohikoak dira. Ikus dezakegunez, mikroorganismoak oso modu konplexuan daude lotuta animalia askoren bizitzari.

Elkarreragin horietako batzuen biologiari buruz lehen baino askoz gehiago dakigun arren, hainbat bakterio sinbiosi ez da aztertu. Gaur egun, DNAREN sekuentziei eta genomak osoi buruzko ikerketek beste elkarte sinbiotikotara garamatzate. Ikerketok agindu dute informazio zabala emango dutela talde horien baterako eboluzioari eta haien artean duten mendekotasunari buruz.

Hurrengo 3.000 milioi urteetan, izaki mikroskopikoen eran mantendu zen bizia.

Mikrobio-tapizek estalita zeuden lur urgaineratuak. Behe-lurrak ziren nagusi. Meteoritoek sortutako kraterrak zeuden, eta itsasoak maila-gorabehera handiak izaten zituen itsasgoraren eta itsasbeheraren artean. Garai hartako kontinenteen zati handi bat itsasoaren eraginpean zegoen, eta ur gutxi edo asko izan zezaketen kubetak eratu zituen.

Egunen iraupenak eta argiaren eta ilunaren segida bizkorak eragin zuen, ondorio gisa, adenosina trifosfatoaren -zelularen barruan energia garraiatzeko molekula nagusiaren- produkzioa eta kontsumoa txandakatzea.

Ozeanoak eratu zirenean, burdina erreduzituaren kantidadetik itzelak zeuzkan urak. Jatorrizko atmosferak bereizgarri zuen giro anaerobikoan arroak milioika urtean garbitu izanaren ondorio dira ioi horiek. Fotosintesia egiten zuten lehendabiziko organismoek sortutako oxigenoak, edota atmosferan ura bide fotokimikoaren bitartez zatituta sortutakoak, burdina oxidatzea ekarriko zuen, eta horrek, berriz, oxido ferrikoa ozeano hondoetako sedimentuetan hauspeatzea eragin zuen.



Fenomeno hori erregistro geologikoan ikus dezakegu gaur, bereziki duela 3.500 eta 2.000 milioi urte bitarteko sedimentu metamorfizatueta. Zerrenda bereizgarriak dituzte sedimentu horiek. Horrekin iradokitzen du duela 2.000 bat milioi urte burdina erreduzitua iraungi egingo zela, eta oxigenoak beste jomuga bat aurkitu zuela: kontinenteetan mineral erreduzituak -hala nola, pirita- oxidatzea. Oxigenoaren presentzian piritak garbitzeak ozeanoen hondoraino oxido ferrikoaren sedimentu gehiago arrastatu bide zituen. Sedimentu horiek, egun, geruza txandakatu gorrietan aurkitzen ditugu; ohe gorriak edo red beds deitzen diete geruza horiei geologoei. Ohe gorriak noizkoak diren aztertuta, ikusi da prozesua gutxi gorabehera duela 1.500 milioi urte bukatu zela. Orduan,

oxigeno-soberakin bat izan zen, eta atmosferan metatuz joan zen. Horixe izan zen zelula eukariotoak garatu eta dibertsifikatzeko seinalea. Zelula eukariotoek oxigenoa oxidatzaile erabiltzen dute, eta gas hori bera sortzen dute fotosintesian.

#### Hedatzea eta iraungitzea

Stephen Jay Goulden esan zuenez, bizitzaren filma birbinatuko balitz, eta haren historia berriz ere hasiko balitz, gertakari berriak bestelakoak izango lirake. Hainbat ibilbide gerta litezke. Bizitzaren historia kontingentea da: hala-beharrak eta inguruko baldintzek zehazten dute gure pla-





## METABOLISMOA

Zelula bakarrean edo organismo zelulanitz oso batean gertatzen diren erreazio guztien multzoari deritzo metabolismoa.

Oinarrian, metabolismoa oxidazio eta erredukzio erreazioen multzoa da.

Kimika aldetik begiratuta, elektroioak irabazten dituzten molekulak erreduzitu egiten dira, eta galtzen dituztenak oxidatu egiten dira.

Jatorrian, meatzaritzako ustiatagietan, substantzia baten oxigeno kopurua igotzen zenean gertatzen zen prozesuari oxidazioa zeritzon, eta kontrako prozesuari, hots, oxigeno kopurua gutxitzeari, erredukzioa zeritzon. Oxigenoa galtzean, masa gutxitu egiten zen. Molekula bat erreduzituagoa dela esango dugu, biak alderatuz gero, hidrogeno atomo gehiago badu. Eta, alderantziz, molekula bat oxidatuago egongo da, hainbeste hidrogeno atomo ez badu, edo galdu egin baditu.

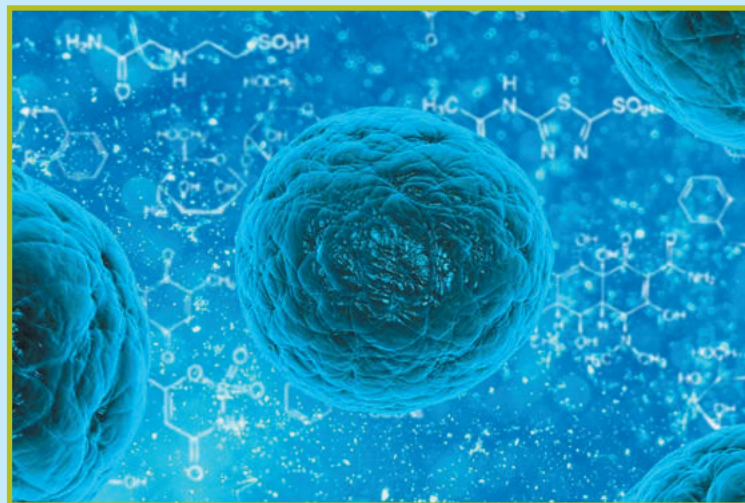
Erreakzio guztietan oxidazioa edota erredukzioa gertatzen ez bada ere, metabolismo bide nagusiak, oro har, oxidazio edo erredukzio bideak izaten dira.

Izaki bizidun batengan gertatzen den erreakzio kopuru handia kontuan izanda, ezinbestekoa da koordinatzea eta kontrolatzea kontsumitu edo sortu behar diren materiaren eta energiaren kantitatea, bai eta abiadura ere.

Molekula organiko erreduzituek energia transferitzeko gaitasun handiagoa dute bilduta. Izaki bizidunengan, gantz azidoak dira benetako energia biltegiak.

Oxidazio eta erredukzio prozesuak elektroioak transferitzeko prozesuak dira. Batzuetan, oxidazio edo erredukzio erreazioekin batera, energia kantitate zehatz bat askatzen edo kontsumitzen da.

Metabolismoa oso koordinatuta dagoen prozesua da. Zelula barruan, entzimek katalizatutako erreakzio kimikoak ez dira modu isolatuan gertatzen. Zelularen metabolismoak ehunka erreakzio izan arren, metabo-



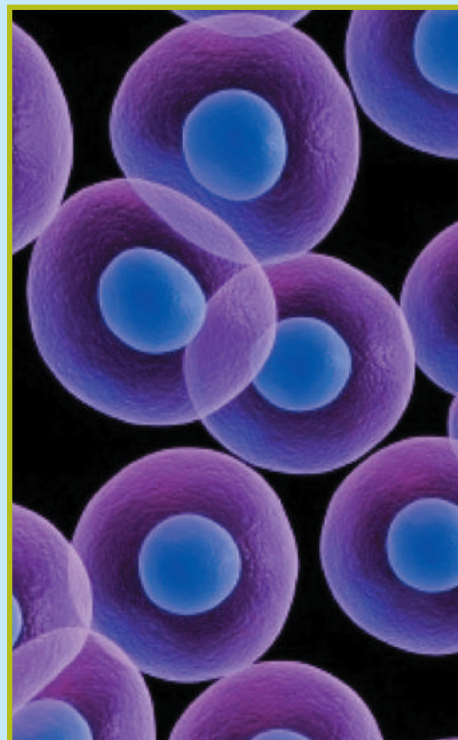
lismo bide nagusiek antolakuntzarako plan erraz samarra agertzen dute, eta izaki bizidun gehienetan oso antzekoak dira. Metabolismoa osatzen duten kateatutako erreakzio multzo bakoitzari deritzo bide metabolikoa.

Molekula sinpleetatik edo monomeroetatik biomolekulen eta makromolekulen sintesia duten bide metabolikoen anabolismoa eratzen dute. Zelula jardueretarako energia erabilgarria lortzeko biopolimeroak edo biomolekulak desagiten edo hausten dituzten bide metabolikoen katabolismoa sortzen dute. Bide anabolikoak -biosintetikoak- eta bide katabolikoak -degradatzaileak- batzen dituen bide metabolikoen multzoa bitarteko metabolismoa izenez ezaguna da.

Erreakzio multzo nagusi bik osatzen dute metabolismoa: katabolismoak eta anabolismoak. Erreakzio mota biak aldi berean eta elkarren artean egokituta gertatzen dira.

Erreakzio batzuetan, molekula organikoak degradatzen dira, bilduta duten energia lortzeko. Horri katabolismoa deritzo (beherantz esan nahi du). Izen horrek molekula konplexuak oinarritzko molekula bihurtzeko prozesua adierazten digu. Oinarrian, oxidaziokoa dira.

Anabolismoak eraikitze fasea edo biosintesia da. Molekula sinpleak ordenatu egiten dira, zelularen osagaiak egiteko. Anabolismoak konplexutasuna gehitzen duenez, energia gastatzen du, ATPk ematen diona.



netan izaki bizidunak nola hedatuko diren. Biziaren historiaren hasieratik gertatu diren hainbat kasualitateen ondorioz bizi gara gu.

Stephen Jay Goulden eta Niles Eldredgek oreka taidun edo etenetan oinarrituriko eboluzio-eredua proposatu zuten. Oreka taidunen ereduaren arabera, espezieak aldi egonkor luzeak izaten dituzte, eta aldi horiek noizik behin etan egiten dira, aldaketa-bolada laburrak direla eta. Etenaldi horietan, hain zuzen, agertzen dira espezie berriak. Erregistro fosilak erakusten du espezieek egonkor irauten dutela aldi luze lasaieran zehar. Halakoak berriz ere gertatzen dira, aldaketa handiko bolada laburren ondoren. Aldaketa-bolada horietan, espezieak asko dibertsifikatzen dira, baina, halaber, espezie asko galtzen da.

Azken aurrikuntzak direla kausa, geologoek eta biologoek onartu behar izan dute Lurra izan dela biziaren bilakaera moldatu duen indar nagusietako bat.

Litosderako plaken dantzak, planetaren barneko indarrekin batera, aldarazi egin dituzte eta aldarazi egiten dituzte Lurraren erliebea, ozeanoen kokalekua eta tamaina, klima, eta biziaren eboluzioa.

Biziaren dibertsitatea Lurraren gainazalean gertatu diren aldaketen ondorioa da. Horren adibide da kontinenteen jitoa; izan ere, jitoak kontinenteak lekuz aldatu ditu, litosferako plakek herrestaan eramanda.



Dakigunez, oso goiz agertu ziren bizi-aztarnak Lurrean. Orain dela 1.000 milioi urte, bazen Rodinia ize-neko megakontinentea, bai eta ozeano erraldoi bat ere. Kontinente itzel horretako kostaldean sakonera txikiko uretan bizi ziren formetarantz eboluzionatu zuen biziak.

Orain 700 milioi urte, organismo zelulabakarrek

izaki konplexuagoak sortuko zituzten formetarantz eboluzionatu zuten. Baina Lurrak, berriz ere, prozesua eten zuen.

Orain dela 600 milioi urte, Lurrean izan diren aldi hotzenetako bat hasi zen. Planet ia izoztua gelditu zen, eta, zenbait zientifikoren ustez, Lurra elur bola erraldoi bilakatu zen. Izotz-aro gogor hura, ziur aski, hainbat gertakari batera gertatzeak eragin zuen.

Garai hartan, kontinenteek lurralde zabala eratzen zuten hego hemisferioan. Horrek ozeanoko urak ibil zitezen eragozten zuen, eta, beraz, aire zein ur beroak poloetara iristea galarazten zuen.





## KATABOLISMOAREN ETA ANABOLISMOAREN ARTEKO EGOKITZEA

**K**atabolismoa fase degradatzailea da. Molekula organiko konplexuak degradata egiten dira. Gehienetan, produktu txikiagoak eta bakunagoak emaitzatzen dituzten oxidatze prozesuak izaten dira. Katabolismoarekin batera, molekula organikoen energia (haien loturetan gordeta dago) askatu egiten da. Energia hori ATP moduan gordetzen da, eta oinarritzko funtzioak betetzeko erabiltzen da. Energia zati bat bero moduan galtzen da.

Katabolismoaren funtzioa da erreakzio anabolikoak sortzeko ezinbestekoa den guztiaz hornitzea, hau da, molekula sinpleak eta horiek batzeko eta molekula konplexuagoak sortzeko behar den energia. Katabolismoak eta anabolismoak elkarren artean egokituta eta koordinatuta egon behar dute. Entzimak deritzen proteina berezi batzuei esker lortzen da koordinazioa. Katabolismoan askatzen den energia anabolismoan erabiltzen da. Nola garraiatzen da energia toki batetik bestera, eta nola pilatzen da?

Modurik zabalduena ATP (adenosina-trifosfato) deritzen molekula baten bidez egitea da. Zelula aktibo batean, milioika ATP molekula sortzen eta suntsitzen dira. ATPk fosfato multzoa gal dezake, eta ADP bihurtu (adenosina-difosfato). Hori gertatzen denean, energia askatzen da. Energia hori zelula jardueran erabiltzen da erreakzio zehatzen batean. Eta alderantziz. Molekula batzuk degradatzen direnean, energia kantitate zehatz bat askatzen da, eta energia hori ADPari fosfato talde bat gehitzeko eta ATP bihurtzeko erabiltzen da. Lotura horretan, hain zuzen ere, biltzen da energia. ATP eta ADP arteko bihurketa horretan, energia azkar igaro dai-

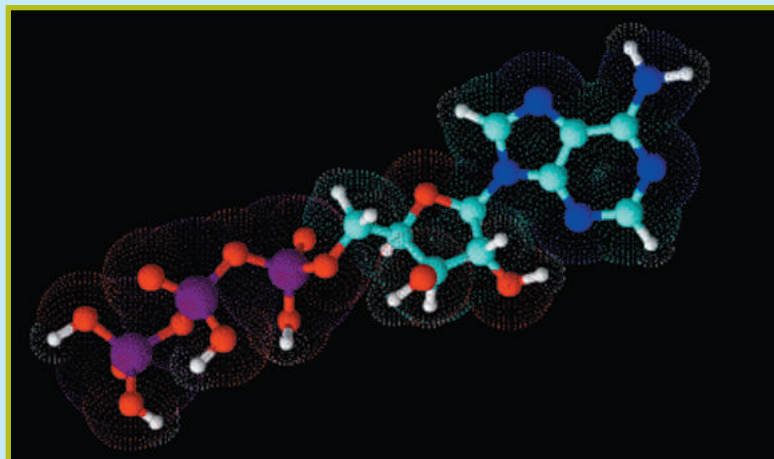


teke erreakzio katabolikoetatik erreakzio anabolikoetara.

ATP energia beste molekula batzuetara transferitzen duen heinean, muturreko fosfato taldea galtzen du, eta ADP bihurtzen da. Azken horrek energia kimikoa onar dezake, eta, berriz ere, ATP bihurtu. Molekula organikoek, haien egiturazko ordena maila handikoa denez, energia potentzial handia dute: glukosa, oxidazio bidez, CO<sub>2</sub>ra eta H<sub>2</sub>Ora degradatzen denean, energia askatzen du, eta ATP moduan mantentzen da energia hori. ATPa zelulatik hedatuko da, energia beharra duten tokietara. Berariazko konplexu multientzimikoak daukenez, ATPn dagoen energia gehiena modu erabilgarrian baliatzen da: biosintesian, garraio aktiboan, eta abarretan. Izaki bizidun guztiek materia eta energia trukatzen dute kanpoaldearekin, beren inguruarekin. Zelulen barruan, materia eta energia erreakzio konplexu edo ez hain konplexu batzuetan egokitzen dira elkarren artean; erreakzio horiekin batzuetan aldi berean gertatzen diren eta, beste batzuetan, bata bestearen atzetik.

Erreakzio horiek guztiak katean egiten dira, eta bide metabolikoak egiten dituzte; hala, bada, konposatu bakoitzak bide propioa izango du eratzeko, degradatzeko eta energia bihurtzeko.

Metabolismoa gurutzatzen diren bide multzoa da. Errepide maparen itxura dute, eta bidegurutze bakoitza erreakzio metaboliko bati dagokio. Erreakzio horiek entzimen ekintzari esker gertatzen dira; izan ere, erreakzioak errazten dituzte.



Horrek guztiak triskantza handia eragin zuen Lurreko bizian. Izaki zelulabakarren % 70 hil zen; Lurrean izan zen lehen espeziegaltze handiaren biktima izan ziren. Gero, kontinente eskergak banandu egin ziren, eta ur beroen zirkulazioa areagotu zen; Lurra berotu egin zen, atzera ere.

Igotz-aroaren bukaeran, baldintza egokiak sortu ziren izaki bizidun zelulanitzak ager zitezen. Bizi-eztanda izan zen. Gorputz biguneko organismoak itsas hondoan bizi ziren, eta han ibiltzen ziren herrestan.

Aro horretako aztarna fosilak Burgess Shale-n daude, Mendi Harritsuetako harrobi batean, Britainiar Columbian. Charles Doolittle Walcottek aurkitu zuen erregistro fosil hori. Fauna hura ikerturik, Aro kantabria-

rreko bizi-eztanda ulertzen hasi ginen. Lurrean bizi izan ziren lehen animalia zelulanitzak ikertzea ere lagungarri izan zen horretan.

Burgess Shalen bizi-eztandaz eginiko interpretazio berria erabakigarria izan zen ulertzeko halabeharrek nolako eragina duen naturaren historiaren bilakaeran.

Baina, hala eta guztiz ere, berri horri ere eragiten zioten ingurunearen aldaketek.

### TALKAK ETA ERUPZIOAK

Orain dela 300 milioi urte bizia itsasotik lehorrera igaria zen. Baina hondamendi handiak ez ziren oraindik bukatu.



Orain dela 265 eta 250 milioi urte artean, aldaketa itzelak gertatu ziren, eta horien eraginez munduko kostaldeak murriztu ziren. Pangea deritzon superkontinentea sortu zen. Masa kontinentalak batzean, kostaldeak eta itsasoko habitatak murriztu egin ziren. Itasoaren maila jaitsi zenez, itsasoko espezieen %90 galdu zen. Gainera, egungo Siberian, 400 kilometroko pitzadura sortu zen. Erupzio leherkor batek laba, hautsa eta gasak batzen zituen abiadura handian. Hasieraan, hautsak eta errautsek gainazaleko tenperatura hoztu egin zuten, eguzkiaren erradiazioa gutxitu zelako. Erupzioek ozonoaren parte bat suntsitu zuten, eta, epe luzera, karbono dioxidoen isirketek berotegi-efektua areagotu zuten. Euri azidoak landaretza suntsitu zuen, eta hautsak eguzkia estali. Biziaren katea, beraz, eten egin zen.

Hondamen itzel hori biziak berak hozteko egin



zuen ahalegina izan zen. Espezie-galtze horrek milioika urte iraun zuen, eta sarraskia izugarria izan zen. Izaki bizidunen %80-90 artean desagertu zela uste da.

Orain dela 65 milioi urte, beste hondamendi batzuek dinosauoak eta amonitoak, besteak beste, desagerrazi zituzten. Agian, hori izango da espezie-galtzerik ikertuena eta ezagunena. Narrasti handiak desagertu zirenean, ugaztunak nagusitu ziren eremu kontinentalean. Berrikiago, duela 30 milioi urte inguru, primate-talde bat besteengandik berezi zen. Horiengandik sortu ziren egungo tximinoak eta hominidoen arbasoak.

Horreek guztiak frogatzen du Lurraren geologiak zuzeneko eragina duela eboluzioaren bilakabidearen gainean. Elkarren artean harreman estua dute ozeano-hondoen zabaltzearen abiadurak, itsasoaren mailak, atmosferako oxigenoaren eta karbono dioxidoaren kontzentrazioak, klimak eta bioaniztasunak. Baina ez dugu zoria ahaztu behar. Agian, egungo izaki bizidunak zoriaren



eraginez sortu dira. Stephen Jay Goulds paleontologoa ikuspegi horren aldekoa zen.

Aipatu hondamendiak jazo izan ez balira, egungo bizia Lurrean ezberdina izango litzateke. Agian, gu ez ginatke hemen izango.

## METABOLISMOAREN DIBERTSITATEA

**M**ateria organikoaren sintesirako, beharrezkoa da karbono hornitzaile gisa jardungo duen substantzia bat. Substantzia horri karbono iturria deritza eta izan daiteke ez-organikoa (karbono dioxidoa, adibidez), edo organikoa (glukosa, esate baterako).

Karbonoak elkarren lotzeko, eta molekula bat sortzeko, energia behar da. Energiaren jatorria kontuan hartuta, bi iturri daude: iturri fisikoa (eguzkiaren argia, esate baterako), edo iturri kimikoa (elikagaiak hartzeagatik lortzen dugun energia, adibidez).

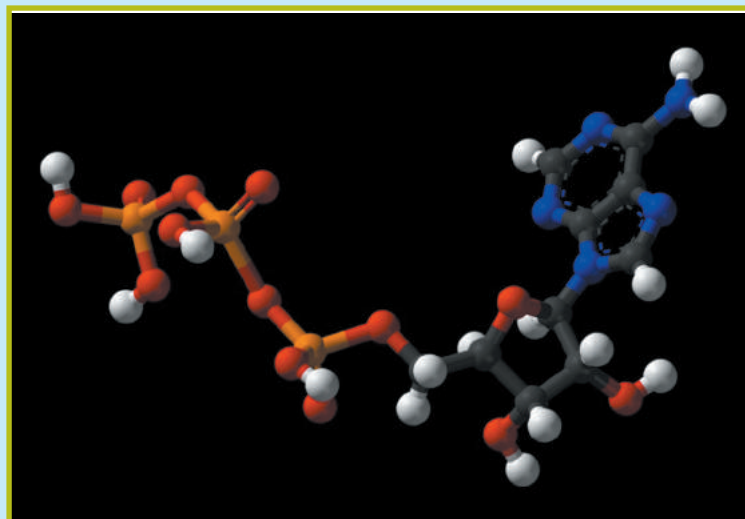
Organismo bat materia ez-organikotik, oso oinarritzko lehengaietatik, molekula organikoak sortzeko gai bada, autotrofoa dela diogu, hau da, bere burua elikatzeke gai dela. Organismo horrek beste izaki bizidun bat behar badu, ordea, -harekin zuzenean elikatzeke nahiz lehendik egindako molekula organikoak lortzeko- heterotrofoa dela esango dugu.

Animalien eta Onddoen organismo guztiak kimioheterotrofoak dira.

Landare guztiak fotoautotrofoak dira.

Protistoen artean, algak fotoautotrofoak dira, protozooak, kimioheterotrofoak, eta badaude bi gauzak (baina ez aldi berean) izan daitezkeen organismo batzuk ere, hala nola euglena.

Moneroen errinuan, elikadura mota eta bide metaboliko



guztien ordezkariak aurkituko ditugu. Fotoautotrofoen artean, zianobakterio guztiak ditugu, bai eta bakterio fotosintetiko batzuk ere; ziurrenik, Lurreko organismo fotosintetizatzaileak primitiboak dira, adibidez, sufreako bakterio purpurak. Fotoheterotrofoen artean, sufreako ez diren bakterio purpurak ditugu; kimioautotrofoen artean, bakterio nitrifikatzaileak; eta, bukatzeko, kimioheterotrofoen artean, bakteriorik gehienak.

Laburbilduz, organsmo heterotrofoek behar duten energia lortzen dute materia organikoaren oxidazio eta erredukzio erreakzioen bidez. Izaki autotrofoek, erreakzio horiek gauzatzeaz gain, fotosintetitik eta antzako erreakzioetatik lor dezakete energia, eta beren materia organikoa (materia zein energia iturria) sor dezakete.

## BIZIAK KONTINENTEAK HARTZEN DITU

**E**rradiazio ultramorea aireko biziaren faktore mugatzaileetako bat da. Uretako organismoak, aldiz, babestua daude, erradiazio ultramorea ez delako ondo hedatzen ur-ingurunean.

Bizia, Lurrean, ur-ingurunean sortu zen. Gainazal kontinentalek lehiakiderik gabeko gunea eskaintzen zieten lehenengo kolonizatzaileei, eta aireak oxigeno-hornikuntza seguruagoa eta etengabea bermatzen zuen. Jatorrizko ozeanoetako zianobakterioen fotosintesiaren ondorioz metatu zen oxigenoa atmosferan Oxigenotik, estratosferako ozonoa sortu zen. Ozono horrek gainazal kontinentalek hobeto baabestu zituen erradiazio ultramoreetatik.

Pixkanaka-pixkanaka, 3.000 milioi urtez bizi forma bat bera ere izan ez zuten kontinenteetan, mokoorganismoak, algak, onddoak eta animaliak azaltzen hasi ziren. Ornodunen leinua itsasoan sortu zen. Aro Devonikoan, arrainak ozeanoetako makrofauna nagusi bilakatu ziren, eta oso dibertsifikazio handia izan zuten. Kontinenteetako urak kolonizatu zituzten, ur gezetan bizi tera egokitu ziren espezie berriak sortu baitziren. Lehenengo anfibioak agertzeko hasierako urratsa izan zen hori. Anfibio horietatik etorri ziren, gerora, lehorreko gainazal ornodun guztiak.

Lehorreko ornodunen leinu batzuek kontrako bidea egin dute, eta ur-inguruneak birkolonizatu dituzte. Uretan bizitzetik airean bizitzera iragaaiteak aldaketa batzuk eskatzen zituen. Hala nola: biriken bidezko arnas-sistema, hiltzurrunen bidezko iraztesistema, eta lokomozio-sistema berriak.



Algen ondoren goroldioak sortu ziren. Eta iratzeak izan ziren ingurune lehortarra kolonizatu zuten lehenengo landareak. Aro Devonikoan agertu ziren, eremu zabalak estali zituzten, eta zuhaitz-formako espezieez osatutako basoak sortu zituzten. Iratzeek ardatz gidarien sistema dute, bizitzeko behar dituzten likidoak, minerakal eta elikagaiak banatzeko balio dien sistema. Horrek ahalbidetu zien ur-inguruneetik atera eta Lurra kolonizatzen hastea. Iratzeen ugalketa ur-inguruneari lotuta dago. Han askatzen dituzte gameto flagelatuak, eta gametook bata bestearekin topo egin arte igeri egiten dute. Landareek, ingurune lehortara hartu zutenean, euren ugalketaorganoak aldatu behar izan zituzten.

Gametoak ezin zitizten gero eta lehorragoa zen ingurune batean askatu, eta babes-egitura batean bildu behar izan zituzten. Behin gametoen babesarena konpunduta, landareak sexuak bereizten ere saiatu ziren; batetik, banako arrak eta, bestetik, banako emeak izan zitezten. Animaliarik gabeko Lur hartan, gimnospermoek, sexuen arteko elkarketarako, haizeak lore-hautsa garraiatzea beste aukerarik ez zuten. Haizea lore-hautsa garraiatzen duen agentea da, baina guztiz halabeharrentzat dago garaio hori. Ondorioz, landare anemofiloek lore-hauts kantitate handia sortu behar dute, polinizazioak arrakasta izango duela bermatzeko.



## FOTOSINTESI OXIGENIKOA ETA ARNASKETA AEROBIKOA

Arnasketa zelularra prozesu katabolikoa da. Prozesu horretan, materia organikoa guztiz degradatzen da. Degradazioa oxidazio erreakzio batzuen eraginez gertatzen da, eta energia askatzen da, CO<sub>2</sub> eta H<sub>2</sub>O eta antzeko molekula sinpletara iritsi arte. Energiaren zati bat zelularentzat erabilgarria den moduan (ATP) biltzen da; gainerakoa, bero moduan galtzen da: Arnasketa prozesuan, zelula autotrofoak eguzkiaren energiaz baliatzen dira, materia ez-organikoa (CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O eta gatz mineralak) oinarri hartuta, beren osagai zelularen sintesia egiteko.

Eukariotoetan, kloroplastoak prozesu hori eguzki argia dagoen orduetan egiten dute. Gauean, mekanismo hori gelditu egiten dute, eta beren mitokondrioen mende baino ez dira egongo ATP sortzeko.

Goi mailako landareen zelula fotosintetikoek, algek eta bakterio fotosintetikoek (ez dute kloroplastorik) egiten dute fotosintesia.

Gaur egun, bi prozesu horiek, fotosintesia eta arnasketa, biosfera osoko energia bideratzeaz arduratzen dira. Eguzkitik datorren noranzko bakarreko bizi emaria da. Fotosintesian hartzen da, eta arnasketan kontsumitzen da. Ehunka milioi urtetan, heterotrofoak eta fotosintetizatzaileak batera garatu dira, eta beren metabolismoko hondakin produktuak birziklatzen jakin dute. Lehenengoek kutsadura fotosintetikoa (oxigenoa) erabiltzen dute, bigarrenek, berriz, arnasketa kutsadura (karbono dioxidoa) erabiltzen dute.

Lurrean fotosintesia oxigenikoa agertu zunean, lurreko biziaren etorkizuna markaturik gelditu zen.

Oxigeno kopuru handiak gas egoeran eratzeko aukera eman zuen, eta horren ondorioz, ozono babeslea eratu zen. Energia fisiko elektromagnetikoko (eguzki argia) iturria



energia kimikoko iturri bihurtu zuen.

Horren ondorioz, fotosintesiari esker, argia biosferako izaki bizidun guztiek erabil dezaketene energia bihurtzen da, modu zuzenean erabiltzen ez duten arren.

Organismo fotosintetizatzaileek aktibo mantentzen dute biosfera. Edozein ekosistematako oinarri trofiko (elkadura) dira. Eguzki argirik gabe bizi dagoen toki gutxi batzuetan baino ez dute bakterio kimioautotrofoek osatzen oinarri trofiko.

Oxigeno lurreko atmosferan agertu zunean, ordura arte zegoen biziak gas horren eragin toxikoak jasan zituen. Bizi era primitibo asko desagertu zen, bizi anoxikora (oxigenorik gabe) ohituta zeudelako.

Oxigenoa menderatu, eta botere handiko aliatu bihurtzeko gai izan ziren organismoak planetaren jabe egin ziren. Oxigenoa erabiltzen lehenak izan ziren organismo horien ondorengoa da gaur egungo bizi.

Oxigenozko fotosintesian karbono dioxidoa kontsumitzen da (finkatzen dela edo erreduzitzen dela esaten dugu), eta oxigenoa bota. Arnasketa aerobikoan, aldiz, karbono dioxidoa botatzen da, eta oxigenoa hartu.

Alderantzizko bi bide metaboliko dirudite, baina gauza asko dute batera. Lehorreko zein uretako ekosistemetan, fotosintesia eta arnasketa etengabe gertatzen dira. Zentzu zabalean, fotosintesia bide anabolikoa da, molekula organikoak sortzeko helburua duena, eta arnasketa aerobikoa bide katabolikoa da, molekula organikoen degradaziotik energia lortzeko helburua duena.



## BIZIAK ZERUAK HARTZEN DITU

Aro Mesozoikoan ahazi egin zen hegazti egiteko gai ziren animalien kopurua.

Lehenengo animalia hegalariai intsektuak izan ziren. Intsektuak Aro Debonikoan agertu ziren, orain dela 350 milioi urte, gutxi gorabehera. Baina intsektu hegalariai ez ziren Aro Karboniferora arte agertu, hau da, orain dela 320 milioi urtera arte gutxi gorabehera. Intsektuen ondoren, narrasti hegalariai batzuk eta hegaztiak sortu ziren. Azkenik, Aro Tertiarioan, ugaztun batzuek hegazti egiteko gaitasuna garatu zuten.



Archaeopteryx lithographica.

Aro Permikoaren bukaera aldera, orain dela 250 bat milioi urte, narrasti txiki planeatzaileak sortu ziren.

Aro Mesozoikoan narrasti hegalariai ugarienak pterosaurorak ziren, hegazti egiteko ikasi zuten narrasti kaltebera

eta arinak. Haien hegoak besoetan hedatutako mintz larrukarak ziren, eta oso hatz luzeak zituzten. Ezagunenaren artean, pterodactylus eta pteranosdon nabarmen daitezke.

Teoria batek dionez, Behe Jurasikoan, hegaztiak eta dinosauroak arbaso komun batetik elkarrengandik urruntzen joan ziren. Ikuspuntu onartuena da hegaztiak coleophysis delako hankabiko dinosaurotik eboluzionatu zirela. Harreman hori egiaztatzeko frogak nagusia da coleophysisaren gorputz adarreko hezurrek antza handia dutela ezagutzen den hegazti zaharrenaren -hots, archaeopteryxaren- eta egungo hegaztien hezurrekin. Guztiek dituzte hiru hatz aurreko gorputz adarretan, eta lau hatz, berriz, atzekoetan.

Lehenengo ugaztun hegalariai saguzarrak izan ziren. Orain dela 55 milioi urte sortu ziren, gutxi gorabehera.



Pteranodon.



## NARRASTI HEGALARIAK

### ORDENA: PTEROSAURIOAK

Lehenengo ornodunak hegalean hasi zirenak bizi modu bezala pterosaurioa izan ziren. Narrasti hegalaria hauek zerutik zehar zihoazen azalez eginiko hegalekin, hauek eusten ziren aurreko hanketan zuten laugarren hatzaren bidez, izugarri mehea zena eta gorputzera atzetik elkartzen ziren, izterrezur altueran. Narrasti hegalaria hauek, Triasiko amaieran eboluzionatu zuten, Archaeopteryx agertu baino 70 miloi urte lehenago, honako hau izan da ezagutu den lehenengo hegaztia. Jurasiko eran arrakasta lortu ere eta baita Kretazeo lehen aldian, era askotan dibertsifikatu ziren. Animalia hegalaria handienak izan ziren arte. Gero taldearen behe-rakada hasi zen eta euren azkeneko kideak Mesozoika eran desagertu ziren. Pterosaurioen aztarnak mundutik zehar agertu dira, Antartidan ezik, baina batez ere itsas aurkikuntzetan. Pterosaurioak bi subordenetan sailkatzen dira. Lehenak, aitzinenak dira, ramforrinkoak, eta gertuenen artean, narrasti hegalaria ezagunenak aurki ditzakegu: pterodakti-



loak, hain zuzen ere.

### SUBORDENA: RAMFORRINKOIDEOAK

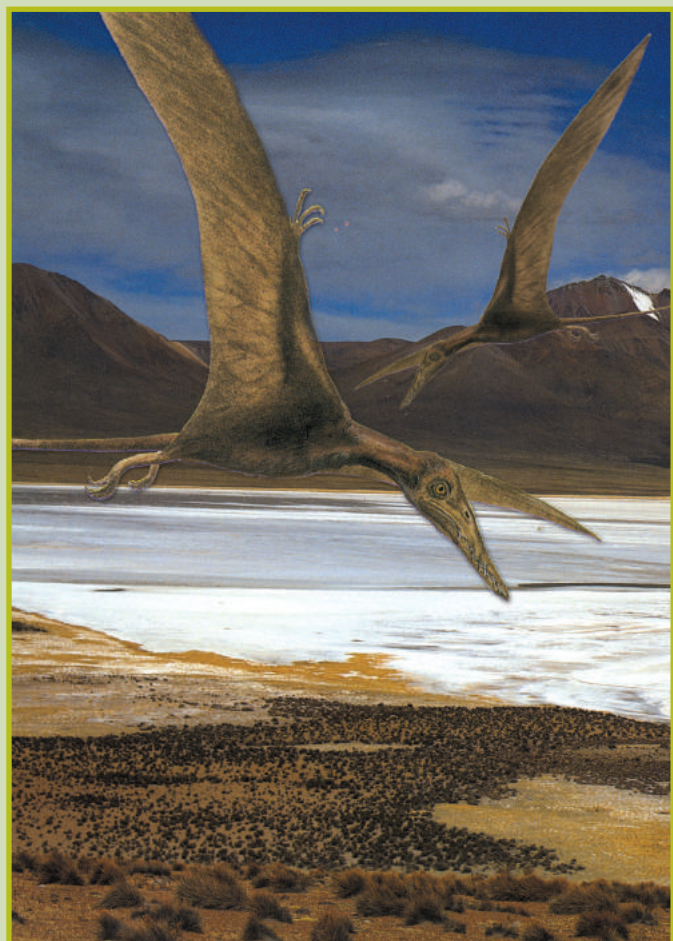
Pterosaurioak, ezagutzen diren zaharrenak baziren hegalaria onak Triasiko amaieran, duela 190 miloi urte. Mundutik zehar arrakasta lortu zuten Jurasiko amaierarte, orduen desagertu egin bait ziren.

## RHAMPHORHYNCHUS

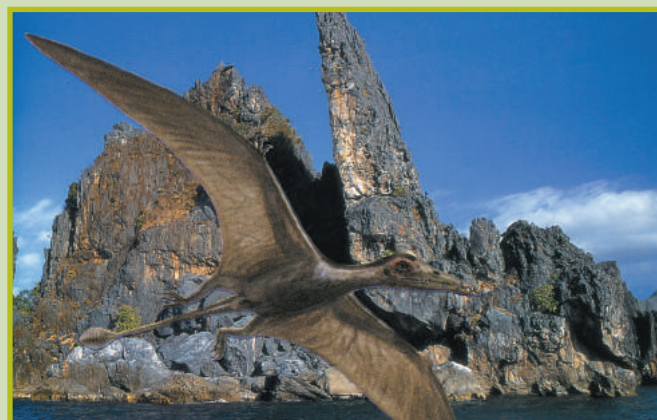
**EZAUGARRIAK:** pterosaurio hau bikain ezagutzen da, Solnhofen-eko, Alemanian, ale meheko kareharrietan kontserbatu direlako. Harkaitz hauetan, hegazti zaharrenaren aztarnak aurkitu dira ere, Archaeopteryx-enak, eskeleto osoaz eta harrokan lumak grabaturik dauden. Aldi berean, *Rhamphorhynchus*-aren hegaleen estruktura delikatuak, azal mintzatuagatik osatua kareharri hauetan kontserbatu da. Mikroskopiko ikerketak ezagutarazten du, mintz meheak aurpegitik hegalean atze alderaino zijoaztela, hau konpara dezakegu gaur egungo saguzarren hatz erradiodunak euren hegalekin eusten dituzten. Rhamphorhynchus-aren masail hezurrak, luzeak eta arantzadunak ziren, eta hagin zorrotzak kanporantz irteten ziren. Papoan arrainen aztarnak aurkitu dira eta baita sabelean. Animalia hauek altuera gutxian hegagiten zuten, buztana oso gogor mantenduz oreka gehiago lortzeko eta masail hezurrak zabalik edukirik arrainak harrapatzeko.

**TAMAINA:** metro bateko luzaera zuen.

**NOIZ ETA NON BIZI IZAN ZEN?:** Jurasiko amaieran Europan bizi zen (Alemanian) eta Afrikan ere (Tanzanian).



## EUDIMORPHODON



**EZAUGARRIAK:** *eudimorphodon* ondo ezagutzen da Italiako iparreko itsas harkaitzetan, bere aztarnak ondo mantendu direlako. Ohiko ramforrinkoa zen, lepo motzekoa eta hezurreko buztana ia bere luzaera erdia zuen, 70 zentimetro inguruan zuen. Burua, handia baina arina zen, garezur diapsidoan bi zabalgunek handiak zuelako. Azaleko mintz zirtzilak, *Eudimorphodon*-en hegalekin ziren eta esku bakoitzeko laugarren atzamarren lotuak zeunden, hauxe erabat mehea zen. Hatz hau lau falange oso luzeak osatzen zuten. Hegalak, gorputzeko alboetara elkartzen zen izterrezur altueran. Beste mintz hegalaria bat, txikiagoa, eskumuturretik lepo-ko oinarriaraino zijoan. Beraz, Eudimorphodon hegalaria aktiboa zen, gaur egungo hegazti bat moduen zabal zezakeen hegalekin. Esternoia xafra zabal eta motza zen, bertan zeunden hegaleko gihar indartsuak, nahiz eta gila, gaur egungoak baino baxuagoa izan. Buztan luzea hegal egiten zuen bitartean, atzerantz gogor mantentzen zuen, ornoak biltzen zuten tendoiak makila zurrun baten bihurtzen zuen. Buztanak balio zuen animalia aurre aldean kontrapisu bezala, oso astuna zen eta. Beste ramforrinko moduen,



Eudimorphodonek mintz zutin bat aurkezten zuen, buztan amaieran, agian hegaleko lema bezala erabiltzen zuen. Pterosaurio honen maxilar motzak bi hortz mota zituen: aurre aldean, luze eta zorrotzak eta atze aldean, zabalak eta motzak. Agian, animalia hau itsasotik gertu egiten zituen hegaldia, bere begiekin azala aztertuz arrainak harrapatzeko.

**TAMAINA:** 75 zentimetroko luzaera zuen.

**NOIZ ETA NON BIZI IZAN ZEN?:** Europan, Triasiko amaieran bizi zen (Italian)

## ANUROGNATHUS

**EZAUGARRIAK:** ramforrinko hau tamain txikiagoa, burua biribildua eta estua zuen, masail hezur motz eta arantzadunekin eta hagin indartsuekin. Honek dio intsektuak jaten zituela. Beste ramforrinkoekin zuen ezberdintasuna da, buztana motza zela, hau bere tamain txikira bilduta, abiadura handia emango zion bere biktimak azkarrek jarraitzeko.

**TAMAINA:** 30 zentimetroko luzaera zuen.

**NOIZ ETA NON BIZI IZAN ZEN?:** Europan, Jurasiko amaieran bizi zen (Alemanian).





## DIMORPHODON



**EZAUGARRIAK:** *dimorphodonek*, burua, handiegia zuen, ohiko ramforrinkoak bezala. 20 zentimetroko luzaerakin, gorputzeko laugarren aldea zen, luzaeran. Bestalde, itxura ikusgarria zuen, biribildua eta estua, beste ramforrinko-ena baino erabat ezberdina. Ez dirudi arrazoi estruktural bat dagoela itxura bitxi honetarako, hortzak maxilarrek oso sinpleak zirela diote eta. Agian, buruaren itxura hedatze estruktura bat errepresentatzen zuen, euren muga jarrerako edota limurketarako, oraingo buzerotidoak edo tukanak bezala.

Denbora askoan eztabaidatu da nola zenbiltzaten pterosaurioak. *Dimorphodon*-eko hanka eta azpila aztertuz, paleontologo batzuek ziurtatzen dute tente jarri zezaketela, gaurko hegaztiak bezala, hanka gorpu pean jarritz, horrek hatzen gainean nahiko arin korrika egiteko aukera emango zien.

Baina beste pterosaurioen aurkikuntzak, 1986-an gertutari-koak diote, *Dimorphodona* salbuespen bat izan litekeela. Duela gutxiako asmakuntza hauek diote izterrezurrak, gerrietatik gero, bi alboetara zabaltzen zirena, hori dela eta, euren



ibilera traketsa eta kili-kolo egingo zutela, gaurko saguzar-rrak bezala. Esanda ere, pterosaurioak denbora askoan, adarretatik edo harkaitzen irtengunetik zintzilik zihardutela, horiek une egokiak bait ziren hegaldia hasteko.

**TAMAINA:** 1,2 metroko luzaera zuen.

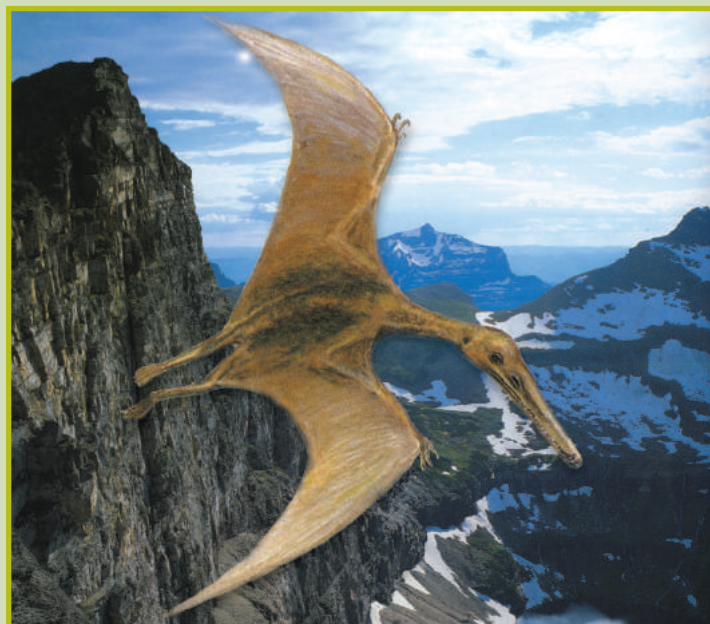
**NOIZ ETA NON BIZI IZAN ZEN?:** Europan, Jurasiko hasieran bizi zen (Ingalaterran).

## CERADACTYLUS

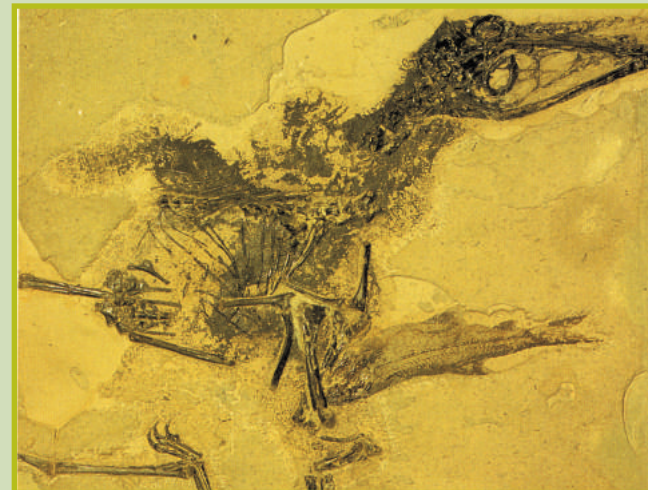
**EZAUGARRIAK:** *cearadactylus*-aren masail hezur-rrak muturrean zabaltzen ziren (gabial krokodiloenak bezala) eta hortz handi batzuk ahoaren hertzeetatik irteten ziren. Hortz hauek bateratuak geratzen ziren animalia ahoa ixten zuenean, arrain irristarientzat izugarrizko harrapagailua zen. Gero, pterosaurioa, bere hagin konikoen bitartez, bere masailak aranzten zuenak, mastekatzten zituen.

**TAMAINA:** hegaleen zabalera 4 metrokoa zen.

**NOIZ ETA NON BIZI IZAN ZEN?:** Kretazeo hasieran Hego Amerikan bizi zen (Brasilen)



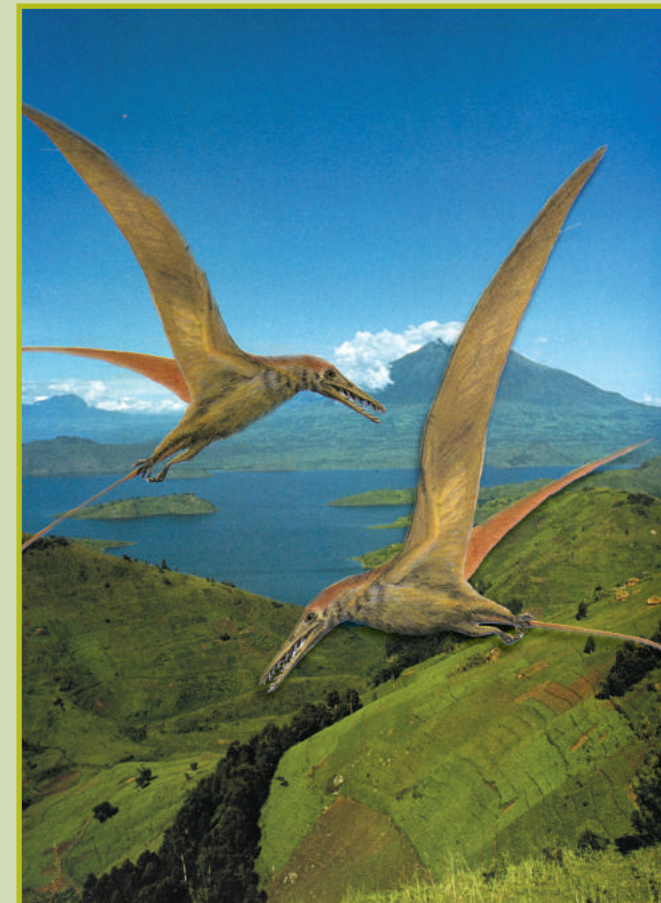
## SORDES



**EZAUGARRIAK:** denbora askoan, paleontologoek eztabaidatu dute dinosauru haragijaleak eta pterosauriosak endotermoak izatea edota odol berokoak. Bi arkosaurioen odoltzale bizitza adierazten du erritmo metaboliko handia zutena eta euren gorputzeko tenperatura menpera zezaketela.

Paleontologo batzuk esan dute, bai dinosauruak, bai pterosaurioak, ileko kapa isotzaile bat eduki behar zutela, euren gorputza tenperatura mantentzen laguntzeko. Dinosauruen kasuan ez dira aurkitu frogarik baldintza hau baieztatzeko. Baina 1971-an egindako aurkikuntza batean baieztatuko zuen pterosaurioetan. Urte horretan, Uralesen hego ekialdean, *Sordes pilosus* espeziimen bat aurkitu zen. Ale meheko sedimentuetan grabatutako inpretsioetan, badirudi bere gorpua ilez estalita zegoela. Hegalak eta buztana biluzik zeunden, ordea.

Hala ere, paleontologo batzuk aurkikuntza honen egiaz-tapena zalantzan jarri dute, Alemaniako hegoan dauden



ale meheko kareharriak bikain kontserbatu dutela pterosaurioak eta bertako espeziimenetan ilerik ez dela agertu esanez.

**TAMAINA:** 50 zentimetroko luzaera zuen.

**NOIZ ETA NON BIZI IZAN ZEN?:** Jurasiko amaieran Asian bizi zen (Kazajistaneko RSS-an).

## PTERODAUSTRO

**EZAUGARRIAK:** *pterodaustro*-ren ezaugarri nabarmenena bere masail hezurak ziren. Luzatuak, meheak eta gorantz makurrak, garezur txikiaren luzaera gehiena zen, guztiz 23 zentimetroko luzaera zuena. Beheko maxilarra, hagin luzeak, meheak eta dentso jarriak zeunden. Hortzapena, goiko maxilarreko hagin txikiekin osatzen zen.

Agian, pterosaurio hau itsasoko azaletik batzen zuen uretik elikatzen zen, moko zabala edukita, koilara bat moduen. ura maxilarretik husten zenean, plaktoneko animali txikiek haginaren filtroan harrapatuak geratuko zien; elikagai modu hau gaur egungo baleek erabiltzen dute.

**TAMAINA:** hegaleen zabalera 1,2 metrokoa zen.

**NOIZ ETA NON BIZI IZAN ZEN?:** Jurasiko amaieran Hego Amerikan (Argentinan) bizi zen.





## ORNITOCHAILUS

**EZAUGARRIAK:** *ornithocheilus*, izugarritzko itsas pterosaurioa izan zen. Bere hegala zabalera 12 metrotara heldu zen. Bere moko gila era zuen, horrek ura, arrainak eta txipiroiak, hegalean harrapatzeko ahalmena ematen zion. Bere hegala eta erakana egiteko gaitasunari esker, paleontologoek uste dute migrazio luzeak egiten zituela, gorako haize korranteak probetxatzen zituelarik.

**TAMAINA:** bere gorpuak 3,5 metro neurtzen zuen, horietatik, 1,5 metro buruak neurtzen zituen, hain zuzen. Ehun kilo pisatuko zuen eta bere hegala



zabalera hamabi metrokoa izango zen.

**NOIZ ETA NON BIZI IZAN ZEN?:** duela 125-110 milioi urte, Europa eta Hego Amerikan (Brasilen) bizi izan zen.

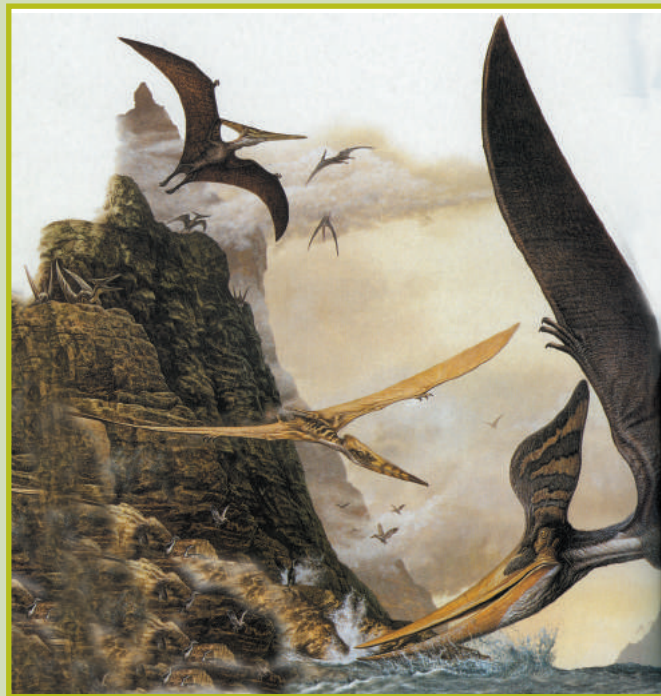
## PTERANODON

**EZAUGARRIAK:** *pteranodon*, zabalera gehiagoko pterosaurio bat, baliteke haizean erakana egitea. Bere gorpu motza eta buztan gabekoa, nahiz eta astuna izan (17 kilo), oso erraz izango zen mugitzea haizean (gaurko ehiza-hegazkin bat bezala). Ziurrenik, animalia hau korrante termikoak behar zituen ozeanoaren zehar bere hegaldia mantentzeko. Ez dakigu zertarako behar zuen zeukan tontor handia, *Pteranodon*en buru oinarrian, batzuetan garezurra bezain luzea. agian, hegaz egiteko laguntza bat zen edota finkagarri bat, edo animaliak erabiltzea norabidea aldatzeko edo gelditzeko.

Baliteke ere, buru sendo eta luzearen, kontrapisu aerodinamiko bat izatea soilik. Masail hezurak ez ziren pterosaurioen ohikoak, hortzak ez bait zuten. Agian,

*Pteranodon* gaurko pelikanoak bezala elikatzen zen, arrainak bere masail luze eta estuekin batuz eta osorik irenstuz.

**TAMAINA:** Hegalen zabalera 7 metrokoa zen.



**NOIZ ETA NON BIZI IZAN ZEN?:** Kretazeo amaieran Europan (Ingalaterran) eta Ipar Amerikan bizi zen (Kansas-en).

## SCAPHOGNATHUS

**EZAUGARRIAK:** ramforrino ohiko animalietako bat hain ondo mantendu da bere garezurra aztertzeke aukera izan dela. Honen tamaina dio, *Scaphognathusa* tamain berdintsuko beste narrastiak baino garun askoz ere handiagoa zuela, gaur egungo hegazti batena ia bezain handia.

Paleontologoek garun aldeetako tamainak ikertu dituzte, bakoitzak zentzu ezberdinak menperatzen bait dituzte eta ondorio honetara heldu dira; *Scaphognathus*, eta ziurrenik bere ahaide guztiak, ikusmen ikaragarria zutela baina usaimen nahiko eskasa. Garuna eta entzefalotik elkar dauden lobuloak ikaragarri garatuak zeunden, horrek esan nahi du euren mugimenduak arinak zirena. Honek baieztatzen du, pterosaurio txikiak gaurko hegaztiak bezala zabaltzen zituztela hegala.

**TAMAINA:** metro bateko luzaera zuen.

**NOIZ ETA NON BIZI IZAN ZEN?:** Jurasiko amaieran Europan bizi zen (Ingalaterran).



## QUETZALCOATHUS

**EZAUGARRIAK:** pterosaurio erraldoi honen zati batzuk soilik aurkitu dira, itsasotik kanpoko sedimentuetan, baina aurkituntza guztiak diote animalia hau, izugarritzko hegala luze eta estua zutela eta 65 kilo pisatuko zirela ere. Ondorio hauek zuzenak badira, *Quetzalcoatlus*, munduko onodun hegalaria handiena litzateke. Agian, *Quetzalcoatlus* erakana egiten zuen. Kontinente barnean bizi zen, ez bere ahaideak bezala, itsas pterodaktiloak, eta korrante termikoak erabiliko zituen altuera handietara igotzeko. Gaurko putreak bezala, bere begi zorrotzak haratustela distantzia handitik ikusiko zuten. Lepo luzeaz eta masail hezurak hagin gabe edukita eta dena, dinosaurio hil baten karkasa leku gordenetara ere ailegatu zen.

**TAMAINA:** agian hegalean zabalera 12 metrokoa zen.



**NOIZ ETA NON BIZI IZAN ZEN?:** Kretazeo amaieratik Ipar Amerikan bizi zen (Texasen).

## DUSUNGARIPTERUS

**EZAUGARRIAK:** *dsungaripterus*-ak hezur tontor bitxi bat zuen, moko eta masail hezur luze eta estua zeharkatzen zuen, gorantz makurtzen ziren punta mehe bat osatuz.

Agian, moko hau aliketa moduen erabili zuten, harkaitzetatik moluskuak harrapatzeko edota bazterreko zartaduretik ateratzeko. Hortz motzak, masail hezurretako atzean, oskolak zantpatzeko balio zien.

**TAMAINA:** Hegalen zabalera 3 metrokoa zen.

**NOIZ ETA NON BIZI IZAN ZEN?:** Kretazeo hasieran Asian bizi zen (Txinan).





## PTERODACTYLUS

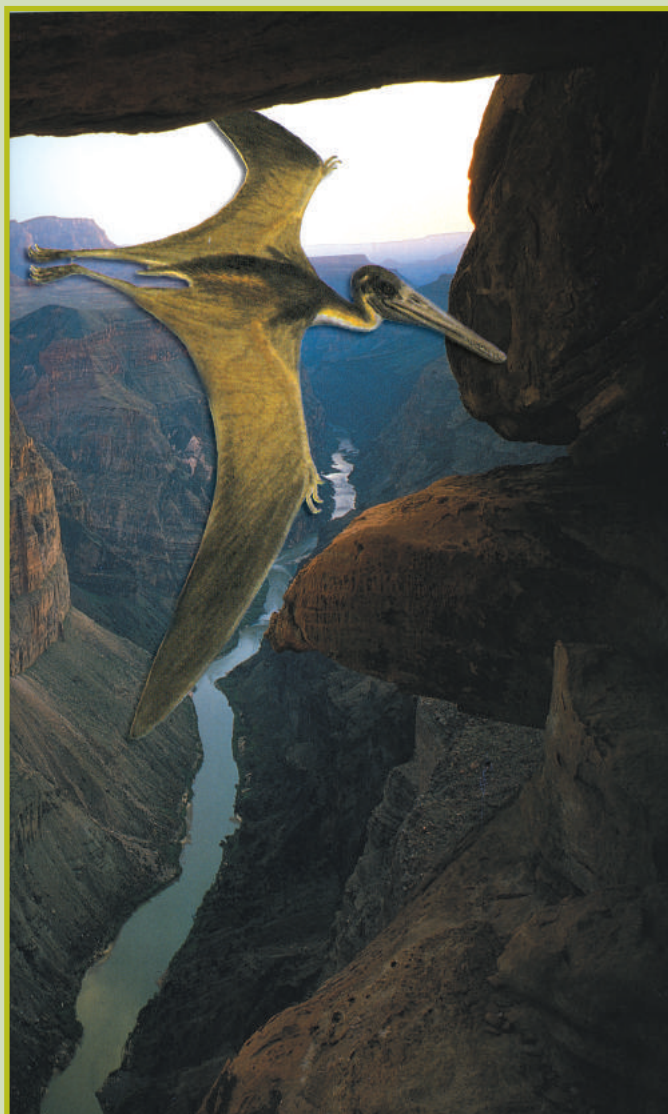


**EZAUGARRIAK:** *pterodactylus*-ak, pterodaktiloen ohiko ezaugarriak ditu: buztan motza, lepo luzea, metakarpio oso luzatuak, laugarren hatz luzearekin hegala eusten zituzten.

Pterodactylusaren espezie asko ezagutzen dira, itxura eta buruaren tamainagatik ezberdintzen direnak. *P. kochi* espeziea, maxilar luze eta estuak ditu, hagin zorrotzekin egokituak arrainak jateko.

**TAMAINA:** hegaleen zabalera 75 zentimetrokoa zen.

**NOIZ ETA NON BIZI IZAN ZEN?:** Afrikan, Jurasiko amaieran bizi zen (Tanzanian) eta Europan (Ingalaterra, Frantzia eta Alemanian).



## PTEINOSAURUS

**EZAUGARRIAK:** *ptenosaurus*, pterosaurio txiki bat izan zen. Bere gorpua ile motz eta meheko geruza batek estaltzen zuen, bere burua eta sorbaldak inguratuz eta bere bularretik zabaltzen zen ere. Gorputzadar bakoitzean hiru hatz zuen, esku-ko laugarren hatza hainbeste hazi zen ziri luze baten bihurtu arte, eta horrek hegaleen aurreko ertza eusten zuen. Pterosaurusa posatu egiten zenean, gorantz eta atzerantz toles-ten zuen, gorpura itsatsirik. Bere hegala, azal oso fina zen, ia gar- dena, eta bere hatz muturretik orkatil- raino heltzen zen. Bere ahoaren zabalera 5 zentimetrokoa zen.

**TAMAINA:** bere hegala hedapena ia 60 zentimetrokoa zen eta bere buztan gogorra ia 20 zentimetrokoa.



Bere pisua ehun gramukoa eskas zen, ordea.

**NOIZ ETA NON BIZI IZAN ZEN?:** Kretazeo garaian Ipar Amerikan bizi zen.

## GIZAKIEK BIZIA ALDATZEN DUTE



Gizakiek euren adimena erabili dute oso teknologia maila konplexuak garatzeko. Gizarte-trebetasunak trebetasun teknikoekin bateratuz, gizakiek ingurumena aldatu eta kontrolatu dute; askotan, beste espezie batzuen kaltetan.

Azken 50 urtean, munduko biztanleria bikoiztu egin da. Gizakiek baliabide mugatu- etan egiten duten presioa jasanezina da epe labur- rera. Leherketa demografikoak eta kontsumoaren gora- kadak baliabide ekologikoak neurritz kanpo ustiatzera eramane gaitu. Horreen ondorioz, espezie askotako banakoak galtzen ari dira. Espezie horietako batzuk, oraintxe, ez dago garbi indarberritzea posible izango ote den; eta beste batzuk, berriz, jadanik garbi dago galdu egingo direla erabat.

Gizakiok berotegi-efektua eragiten duen gas asko isur- tzen ari gara, Lurra xurga ditzakeena baino gehiago. Gas horien kontzentrazioa zenbat eta handiagoa izan, Lurreko klima orduan eta epelagoa izango da, tenperatura igoko delako. Aldaketa kli- matiko horrek arriskuan jar ditzake ekosiste- ma naturalen produktibitatea eta errekupe- ratzeko gaitasuna, ekonomiaren eta gizarte- aren garapena, eta gizakien osasuna eta ongizatea.

Biztanle kopurua hazten den heinean, ingu- runearen gaineko eragina ere hazi egiten da. Hona hemen eragin horren adibide batzuk:



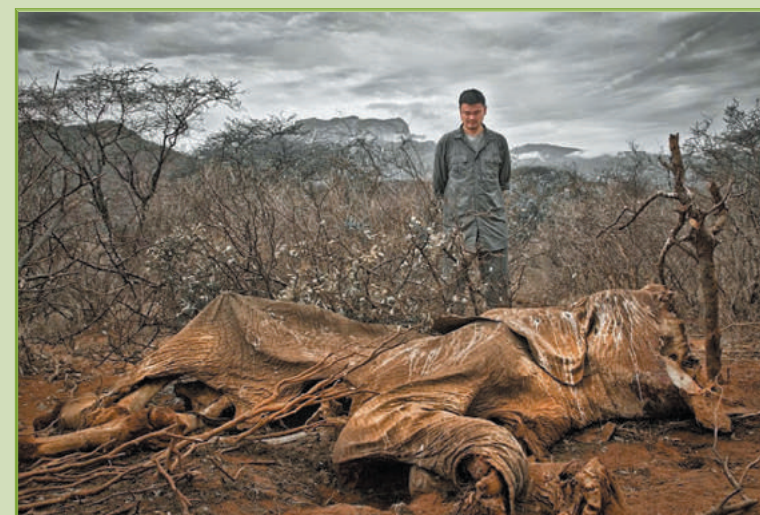
Uraren kontrumoa gora egiten du; elikagaien kontsumoak gora egiten du; erregaien kontsumoak gora egiten du; hondakinurak gehitzen dira hondakin soli- doak gehitzen dira...

Kontua da ea egungo deu- seztatze-erritmoari eutsiko diogun -eta horrek bizi- forma asko galduko like, gurea barne-, edo inguru- mena modu iraugarrian erabiltzen ikasiko dugun.

DNAREN helize bikoitzeko egitura aurkitu izanak biziaren oinarri molekularra erakutsi zuen, eta beti- ko bateratu ahal izan ziren genetika, biokimika, bio- logia zelularra eta fisiologia. Horri esker, giza geno- maren sekuentziazioa lortu da.

DNA Lurreko bizi berriz diseinatzeko gaitasuna duen tresna bihurtu da, horrek izan ditzakeen gizarte- eta etika-eragin guztiekin.

Gizakiak bizi aldatzen ari dira. Egun, sekula baino areago dago biziaren etorkizuna gure eskuetan.







GRÁFICAS **RD**



Impresión Offset

Impresión Digital

Fotografía

Cartelería

Velocidad

*Tu imprenta de confianza*



C/ IRUÑA, 1 BIS, 2ª PL.- BILBAO

✉ [info@graficasrd.com](mailto:info@graficasrd.com)

☎ 94 447 93 04

💻 [www.graficasrd.com](http://www.graficasrd.com)