

# PALEONTOLOGIA

## I. Sarrera

Grekerako Paleo “antzina”, ontos “izakia” eta logia “zientzia” terminoetatik datorren hitza dugu hau. Lehen aldiz 1835ean agertu zen literatura zientifikoan.

Paleontoloa zientziako tresnarik garrantzitsuena *fosila* da. Fosil bat antzinako izaki batek utzitako arrastoa da; baliteke arrastoa izakia beraren zati bat edo parte izatea; edota bere aktibitatearen arrastoa besterik ez. Bi fosil mota bereiz daitezke:

1. Mikrofosilak: Mikretakoak
2. Makrofosilak: Cm<

Fosilak substratuan lurperatuta daude normalean, eta egoera horretara helduarte jasan izan dituzten prozesuen multzoari *Tafonomia* deritzo.

Tafonomiak barne hartzen dituen prozesuen ondorioz fosilek hainbat errepresentatibitate mota izan ditzateke:

- Anatomikoak: Izaki baten alde gogorak edo alde bigunak izan daitezke.
- Biologikoak: Garai hartan izakiaren ugaritasunaren informazioa eduki dezake.
- Ekologikoak: Bizi izandako edo fosilizazio guneko informazioa ematea posible.
- Tafonomikoak: Prozesu bioestratinomiko edo fosildiagenetikoaren informazioa.
- Geologikoak: Estratuen banaketa/datazioa egiteko baliagarriak.

Dena den, kontu handiz ibili behar gara fosilen errepresentatibitatea neurtzeko orduan; aipatu bezalaxe, garai hartako informazioa eman diezagukete, baina jakin beharra dago % txiki bat baino ez dela fosilizatzen, eta hortaz zati handi bateko informazioa dugu faltan. Gainera, fosilizaziorako behar diren baldintzak oso ugariak ez direnez (lehorrean batik bat), fosilen informazioa kontu handiz manipulatu behar da, oso zihur ez gauden bitartean ondorio orokorrak ateratzea ekiditzen.

Hala ere, badute haien garrantzia eta informazio baliagarria fosilen ikerketek:

1. Bizidun talde baten jatorria edota eboluzioa aztertzeko balio dute, edota bi talde desberdinen arteko harremana aztertzeko.
2. Iraganeko ingurune baten berreraikitze eta arroken sorrera uneko informazioa izan dezakete fosilek. Hauxe *paleoekologia* deritzo.
3. Arroken dataziorako. Hauxe *biostratigrafia* deritzo.
4. Antzinako biozenosia edota ekosistema desberdinak ezagutzeko.

5. Klima edota biodibertsitate aldaketa globalak aztertzeko, suntsipen masiboak adibidez.
6. Paleogeografiarako.
7. Antzinko kondairen sorrera

Hauexek dira paleontologiaren adarrak:

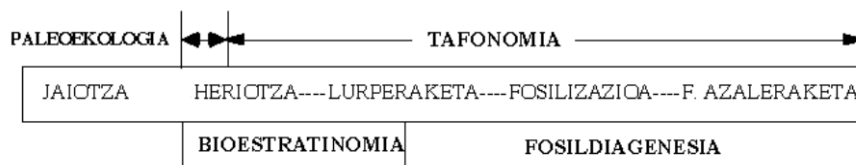
- *Tafonomia*: fosilizazio prozesuak, fosilen eraketa eta aztarnategien eraketaz ikertzen duen zientzia.
- *Paleobiologia*: Antzinako biziaren ikerketa:
  - Paleoekologia: Antzinako izakien arteko harremana haien artean eta inguruarekiko.
  - Paleobiogeografia: Antzinako izakien banaketa geografikoa.
  - Paleontologia ebolutiboa: Filogenia eta ahaidetasunak antzinakoen eta gaur egungo izakien artean.
- *Biokronologia*: antzinako gertaera biotiko desberdinen segida tenporalaren eskala erlatiboak jartzen ditu eta prozesu geologikoak datatzeko erabiltzen da.

Metodologiari dagokionez, paleontologo baten lana 3 inguru eta zatitan betetzen da: lehenik eta behin, landan aurkitutako fosilaren behaketa, azterketa eta beharbada jasotzea betetzen da; geroago, laborategian laginen prestaketa ematen da, ostean egingo diren ikerketetan behar bezala egon dadin; eta azkenik, bulegoan behaketa, deskribapen eta konparatiba lanak eramaten dira aurrera.

## 2. Tafonomia eta bizidunak eragile geologikotzat

### TAFONOMIA

Aurretik aipatu bezalaxe, *tafonomia* kontzeptuak izakia hiltzen denetik fosil bihurtu arte jasaten dituen aldaketa eta prozesuen batura hartzen du barnean. Hauxe bera 3 zatitan bana dezakegu:

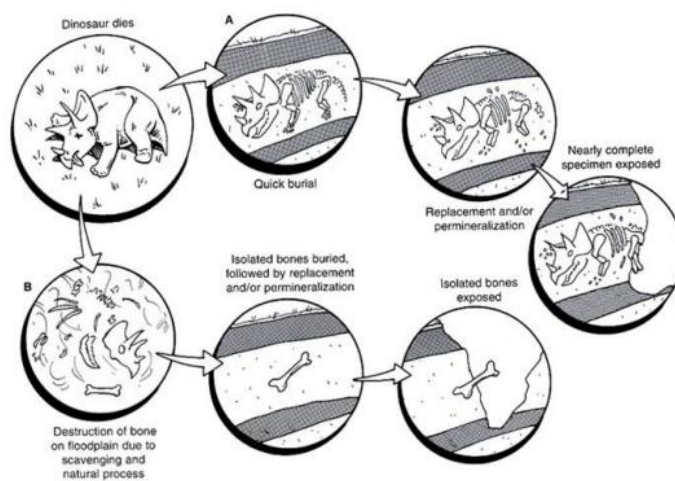


1. Nekrobiosia
2. Bioestratinomia
3. Fosildiagenesia

Prozesu tafonomiko asko suntsitzaileak dira (deskonposaketa, abrasioa, zatiketa, disoluzioa, etab.) baina beste askok entitaten kontserbazioari lagundu diezaioketen propietateak sor ditzatezke (betegarriak, nodulizazioa, zarakartzea (enkostratu), etab.).

Behin aurrekoa esanda, fase desberdinen azterketari ekingo diogu.

1. *Fase nekrobiotikoa*: Hil den momentuko ezaugarriak hartzen dituen fasea da hau. Horretarako, ingurunearen informazioa batzen da, edota fosilarena. Hilkortasun tradizionala edo katastrofikoa izan daiteke, eta heriotzan barne zein kanpo faktoreek dute eragina.
2. *Fase bioestratinomikoa*: Honen barne prozesu fisiko, kimiko eta biologikoek dute eragina.
  - a. Fisikoak: Meteorizazioa; Garraioa; Demiko/Ademiko; Autoktono/Aloktono
  - b. Kimikoak: pH/Eh; Gazitasuna; Disoluzio selektiboa
  - c. Biologikoak



3. *Fase fosildiagenetiko*a: arrastoa lurperatu ostean litosferan ematen diren alterazio tafonomikoak; fase honetan ere faktore biotiko zein abiotikoek har dezaketelarik parte.
- Konpaktazioa
  - Frakturazioa
  - Disoluzioa
  - Mineralizazioa
  - Neomorfismoa (konposizio berdineko mineralen ordezkapena); Ordezkapena (konposizio ezberdineko mineralen ordezkapena)
  - Birlanketa
  - Biodegradazioa
  - Bioturbazio; biohigadura...

Aipatu beharra dago fosila bera edo haren ekoizpenerako erabilitakoa ez dela zertan izakiaren heriotzatik etorri behar. Baliteke haren aktibitatearen indikatzaile izatea (iknofosila) edota haren heriotza aurretik atzean utzitako zati bat izatea (muda...).

Prozesu fosildiagenetikoan ondorioz ematen diren fosilizazio mota desberdinak eman daitezke (Landare eta animalietan desberdin):

- Ambarra (tranpa fosilak)
- Mineralizazioa (gorputz fosilak)
  - Karbonatazio, silifikazio, fosfatizazioa; piritizazioa.
- Iknofosilak

Dakigunez, fosilak landan aurkitzen dira, eta landako eremu horiei aztarnategi deritze. Hainbat eta hainbat faktorek dute eragina aztarnategietako fosilei dagokienez, eta batzutan laginen kontserbazioa edota beste moduren batean batu daitezkeen informazioa ona denean, aztarnategia bikaina dela diogu. Hauek dira aztarnategia bikaina izan dadin bete beharreko ezaugarriak:

1. Lurperaketa azkarra izan behar da.
2. Ingurumen erreduzitu edo txikia izan behar da (edo komeni da).
3. Lurperaketako  $T^a$  txikia izatea komeni da.
4. Zenbat eta pH baxuagoa orduan eta hobeto.
5. Biodegradazio baxua.
6. Mikrobioen eragina.

## **BIZIDUNAK ERAGILE GEOLOGIKOTZAT**

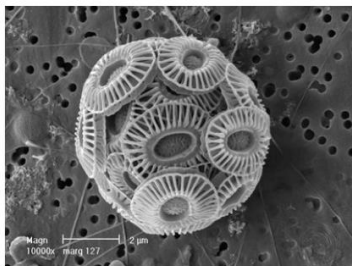
Izaki bizidunek mundua osatzen duten zenbait arlotan eragin handia izan dute eta izaten jarraitzen dute, ondorioz hainbat ingurugiro aldatu edo moldatuz. Hala nola:

atmosfera oxidantea sortu, lurzoruaren azalpena eta ekosistema lurtarren aldaketa, erregai fosilak...

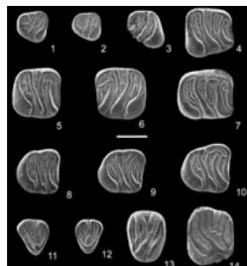
Eragile biologiko handizat mikroorganismo batzuen funtzioak dira, zeinek eragin handia dute biosfera-litosfera elkarrekintzan. Hauexek dira adibideetako batzuk: mineral metakinak sortu, ziklo biogeokimikoetan parte hartu, estratuen higadura, sedimentazioa eta fosilizazio prozesuetan parte hartu/kontrolatu.

Biosedimentazioa:

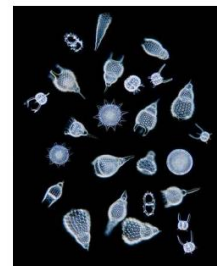
- Biologikoki kontrolatuta (genetikoki finkatuta)
  - Biomineralizazioa: Bizidunen eraginezko mineral edo biomaterialen ekoizpena. Gainera, bizidunek gehienetan ehun edo zati mineralizaturen bat dute.
    - Kaltzio karbonatoa: foraminiferoen maskorra, belaki batzuk, koralak, zenbait artropodo edota ekinodermatu...
    - Silizeduna: erradiolario eta diatomeoen eskeletua.
    - Apatitoa: Ornodunen eskeletua eta zenbait zizare edo brankiopodoren kanpo eskeletua.
    - Organikoa mineralizatuta: landareak batik bat.



Kaltzitazko kokolitoforidoa



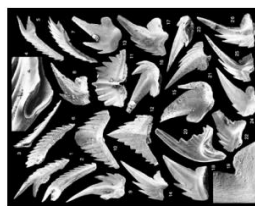
Apatitozko ugaztun hortzak



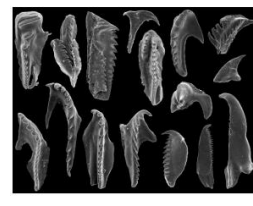
Silizezko erradiolarioak



Silizezko belaki espikulak



Apatitozko organo konodontalak



Kaltzitazko Eskolekodontoak

- Biologikoki induzitua (ingurunearekiko menpekotasuna)
  - *Organomineralizazioa*: Bizidunek egitura biosedentario horretan eragina (pasiboki) edo induzitu/bultzatu (aktiboki) dutenean (Adb. aktiboki: bioeraikuntzak, pasiboki: biokristalak).

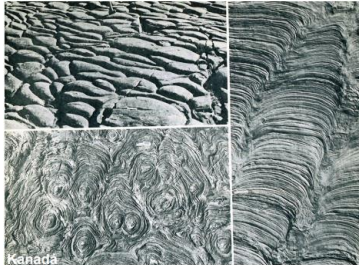


Australia mendebaldea



Bizkaia

Fazie urgondarrak



Kanada

Estromatolitoak



Bilbao

Arzeifeak

- Bioturbazioa: Izaki bizidunek sedimentu bigunetan eragindako alterazio biotikoak.
  - *Homogeneoa*: Laminazioa, kolore aldaketa, bioturbaio difuso bat... Normalean mota honetako bioturbazioa tamaina txikiko organismoek eramaten dute aurrera (bakterioek, onddoak, protistoak...).
  - *Heterogeneoa*: Substratuaren geometria aldatu egiten da, makrofaunaren eskutik ematen dena eta aktibitatearen traza modukoak kontserbatuz.
- Biohigadura: Izaki bizidunek substratu gogorrean eragindako alterazio biotikoak.

**Bioturbazio  
homogeneoa**



**Bioturbazio  
heterogeneoa**



**Biohigadura**





### **3. forma. espezieak eta sistematika**

#### **FOSILEN FORMA: PALEONTOLOGIAREN TRESNA**

Fosilaren forma paleontologian erabiltzen den tresnarik garrantzitsuena da, bertatik, hura sortu zuen izakiaren izaera, eta beharbada hark betetzen zituen aktibitateak, ondoriozta ditzazkegulako. Hauxe bera, gaur egun topa genitazkegun zenbait laginen morfologia azaltzen, desagertutako espezieen morfologiaren zergatia ulertzen eta izandako izakien afinitate ekologikoak ulertzen laguntzen digu ere.

Batik bat, hauexek dira formari garrantzi handia ematen dioten arrazoi paleontologikoak:

- Paleontologiaren sistematika betetzeko tresna ezinbestekoa da, espezieen identifikazio eta sailkapenerako (Taxonomia).
- Espezieen arteko erlazio filogenetikoak egiteko, denboran zeharrekoak.
- Espezie horretako indibiduen bizi funtzioen bat ulertzeko (Paleoekologia).
- Adaptazio/eboluzio joerak espezie baten barnean denboran zehar.
- Aztarna baten forma aldaketak prozesu tafonomikoetan zehar.

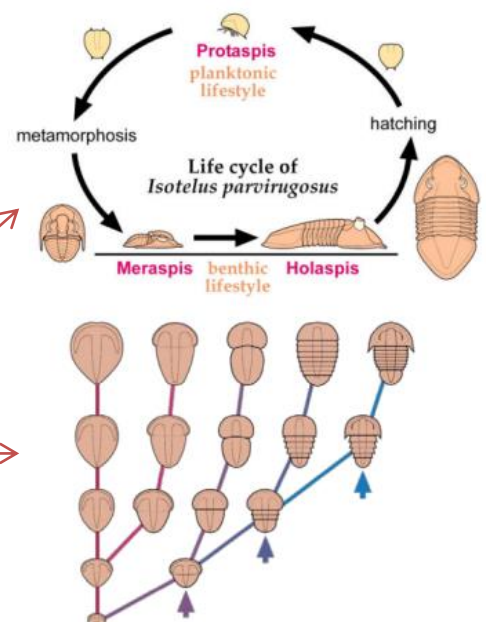
Dena den, aurkitutako fosil lagin baten azterketa paleontologiko-morfologikoa egiterakoan, kontuan izan beharreko bi gauza daude: hasteko, *faktore biologikoa* izan behar da kontuan, hau da, fosila sortu duen izakiaren morfologia oraindik bizirik zegoenean; eta bestetik, *faktore tafonomikoa*, prozesu tafonomikoek fosila bera moldatu ahal izan duten prozesuak.

1. *Ezaugarri primarioak*: Faktore biologikoen eskutik, forma organikoaren ortogenesisia (hazkuntza + garapena)-ren ondorio.
2. *Ezaugarri sekundarioak*: Faktore tafonomikoen eskutik, prozesu fosildiagenetikoak edota bioestratinomikoak.

#### **HAZKUNTZA ETA GARAPENA**

Hazkuntza eta garapen kontuetan, azterketa bat egiterakoan eta sistematika paleontologikoa aplikatu ahal izateko, kontuan izan beharreko bi alderti daude: bata ontogenia eta bestea filogenia.

- *Ontogenia*: Organismo baten bizi-garapena hartzen du baitan, enbrioia denetik heldutasunera heltzen den arte.
- *Filogenia*: Organismo talde baten garapen ebolutiboa deskribatzen du.



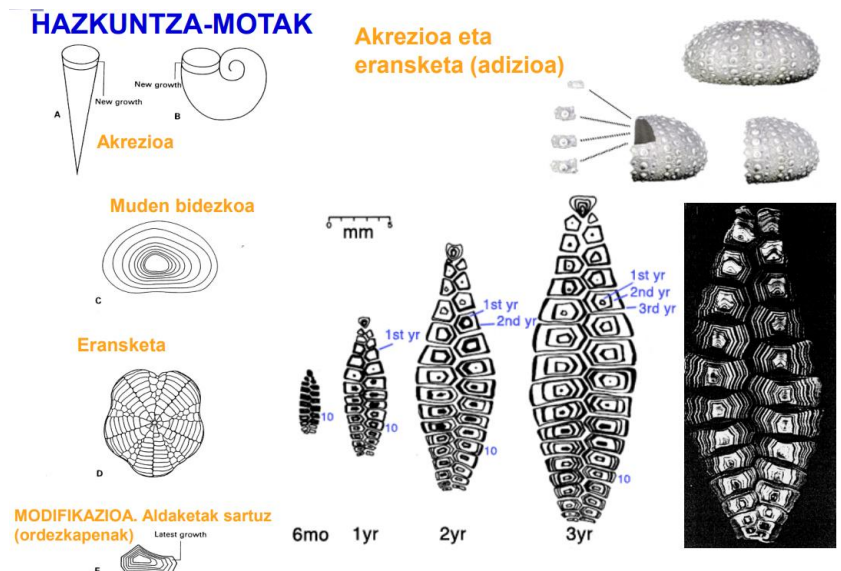
Aurreko bi alderdiak kontuan izanda, badago ere izaki bizidunaren forma baldintzatzen eta hura aldetzen duen *morfogenesi* deituriko prozesu jarraitu luze bat. Hiru barne faktorek hartzen dute esku prozesu honetan: faktore genetikoek, faktore fisiko-kimikoek eta faktore epigenetikoek.

- *Faktore genetikoak*: mutazioz bakarrik alda daitekeen "garapen programa" kontrolatzen du.
- *Faktore fisiko-kimikoak*: adibidez onrodunen hezurren hazkuntza tasa kontrolatzen dutenak.
- *Faktore epigenetikoak*: fenotipoa (ezaugarri fisikoa) kontrolatzen duten zeluletan edo haien inguruan ematen diren aldaketak kontrolatzen ditu.

Faktore denak kontuan izanda, izaki bizidun baten hazkuntza edo garapen ontogenetikoak bat batekoak edo gradualak izan daitezkeela esan dezakegu. Adibidez, exoeskeleto gogorra duten izakiek, haren hazkuntza aurrera eraman behar dute bizitzan zehar alde bigunari modatzeko.

Beste ezaugarri morfogenetikoetara moldatzen den hazkuntza 4 eratakoa izan daiteke: Akrezio hazkuntza, Adizio hazkuntza, Mudak edota aldaketa/modifikazioak.

- *Akrezio hazkuntza*: etengabe ematen den hazkuntza prozesua da, zeinetan aurretik dagoenari zatitxoak gehituz handitu egiten den; adibidez, amoniteek maskor karetsuari eraztun bat gehitzen zioten, alde bigunaren handipenari lagunduz maskorra handituz.
- *Adizio hazkuntza*: aurretik dagoen zatitari beste zati bat gehituz ematen den hazkuntza da hau.
- *Muda hazkuntza*: aurretik zegoen zatia alde batera utzita eta beste bat sortu edo eskuratzean ematen den hazkuntza. Zenbait itsas izakik (moluskoek), zuten oskola alde batera utzi eta beste batekin egiten dira.
- *Modifikazio hazkuntza*: Ordezkapenak edo aldaketa morfologikoak sartuz ematen den hazkuntza.



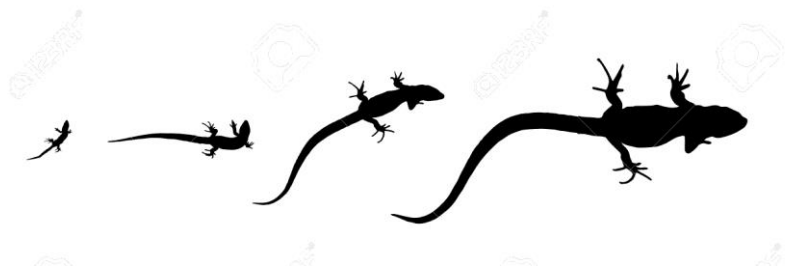
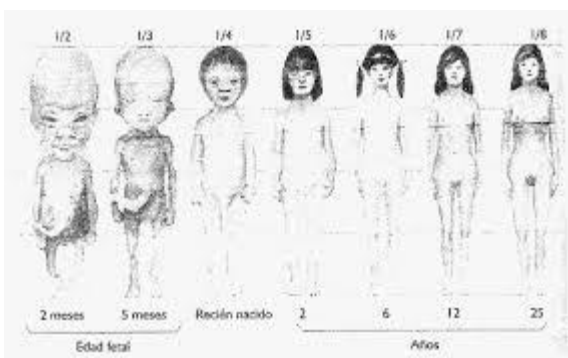


Bestetik, *aldakortasun intraespezifikoak* aurreko dena hartuta, espezie baten barneko ezagugarriak aztertzen eta deskribatzen aritzen da. Ezaugarri horen artean dimorfismo sexuala (har/eme arteko desberdintasun fisiologikoak), ugalketa era (sexuala edota asexuala), inguruko baldintzek eragindako egoeren ondorioak, elikadura eta gazte/helduen arteko desberdintasunak.

Oraintxe aipatutakoaren barruan ontogenesia (izakiaren bizi-garapena) sartzen a ere.

Hazkuntzak eragindako aldakortasun prozesuek eragin zuzena dute izakiaren kanpo morfologian, eta adibidez, izakia osatzen duten zatien konparaketa eginez proportzio aldaketak ikus daitezke. Beraz, proportzioei begiratuta bi hazkuntza mota bereiz daitezke, zeinak  $Y=b \cdot X^a$  formularekin erlazioa daitezke:

- *Hazkuntza isometrikoa*: jaiotze berria deneko tamainatik, heldua deneko tamainararte ez da forma aldaketarik eman, hazkuntzan zehar zati guztietan proportzionalki gertatu delako aldi beran. Kasu honetan  $a=1$  da.
- *Hazkuntza anisometrikoa*: honakoan, txikitik handirako hazkuntzan proportzio aldaketak ematen dira zatiei dagokienez, eta beraz forma moldatu egiten da denboran zehar. Formulari begiratuta, bi eratan ematen da (batzutan biak aldi berean zati dezberdinei eraginez):
  - Positiboa ( $a>1$ ): hemen, hasieran proportzionalki txikia zen zati bat gero eta handiagoa bihurtzen da (proportzionalki begiratuta) beste zatiekiko. Adibidez: gizakion hankak.
  - Negatiboa ( $a<1$ ): aldiz, hemen hasieran proportzionalki handia zen zati baten txikiagotze proportzionala ematen da. Adibidez: gizakion burua (garezurra).

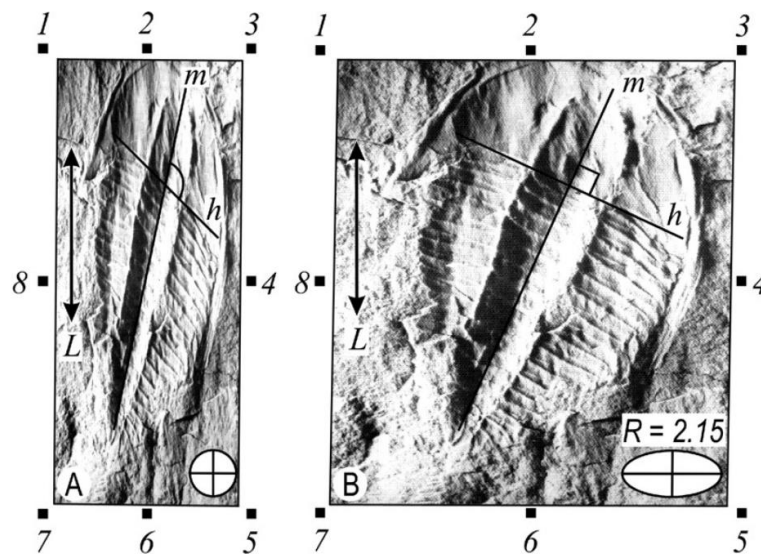


Zertarako erabiltzen da infromazio guzti hau paleontologian? Guzti honek garrantzi handia du paleontologoentzat, ontogenia ezagutzen, erloju indibidual bat eraikitzen (adin indibiduala), astrofisikako ikerketetan laguntzen eta adibidez egitura mineralizatuen analisi isotopikoak egiten laguntzen duelako hain zuzen ere.

## FORMAREN ALDERDI TAFNOMIKOAK

Hasieran aipatua izan den lez, bizirik zegoen bitartean izakiak zuen morfologiari aparte, baliteke prozesu tafonomikoek formaz aldatzea izakiak utzitakoa arrastoa, foli bihurtu eta guk topatuko duguna. Gainera, askotan horrela gertatzen da. Fosilizazioak biosferan existitzen ez diren formak sortu ditzake.

Faktore biestratinomikoek (zatiketa, higadura...) edota faktore fosildiagenetikoek (moldeak...) interferentzia zuzen daute geroago guk egingo ditugun interpretazioetan.



## MORFOLOGIA FUNTZIONALA

Aurkitutako fosilaren deskribapena egiterakoan eta haren sailkapenari ekiterakoan, kontuan izan behar dugu balitekela beste espezie baten atzekoa den morfologia izatea aurrean. Hau da, guztiz desberdinak diren bi espezieren morfologia, edo fosila bera, oso antzekoak izatea posible da. Horrerri *homoplasia* deritzogu; bizidun biren arteko antzekotasun morfologikoa filogenetikoki erlazionatuta ez dagoenean.

Homoplasia hainbat motatan eman daiteke:

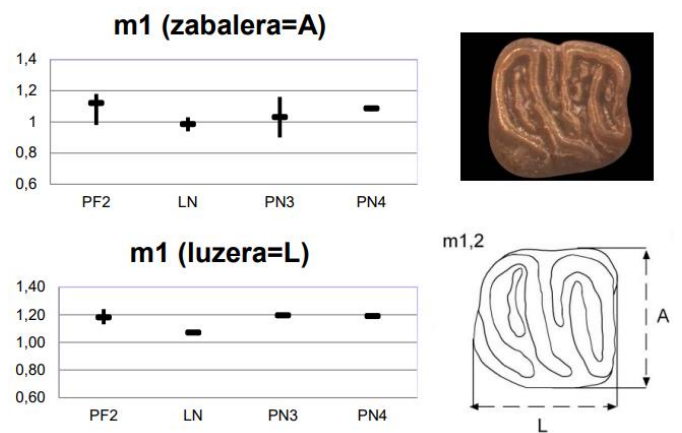
- *Konbergentzia*: Normalean bizimodu oso antzekoa duten izakien artean ematen den antzekotasuna da, bide desberdinetik eta denbora tarte desberdinean lortutakoa.
- *Paralelotasuna*: Inguruak sortutako baldintzen aurrean emandako erantzun atzekoek sortutakoa da hau, zeina bide desberdinetik baina denbora tarte berdinean lortzen den.
- *Lehengoratztea*: Ezaugarri bat iraganean zuen morfologiara bueltatzen denean ematen da. Galdu diren hondar-organoak kontserbatu egiten direlako antzeman daiteke; hau da, dagoeneko funtzionalki aktiboa ez den morfologiaren zati bat oraindik bertan (izakiaren gorputzean) geratzen denean kontserbatzen delako jakin dezakegu atzera pauso bat eman dela garapenean.

Batzuan aldaketa funtzional bat ematen da exaptazio bidez; behar biologiko batzuen aurrean ematen den aldaketa morfoloiko bat da hau, geroago, behin perfektionatuta dagoenean aldaketa hori, jatorrizkoa ez zen zerbaiterako (aldaketa emateko ez zen arrazoia) erabiltzen dena. Adibidez, pandek bostgarren atzamar bat dute, jatorriz ehizarako edota mugikortasunerako erabiltzen zena, eta aldiz, behin sortua, bambua hobeto ebatzeko erabiltzen dena.

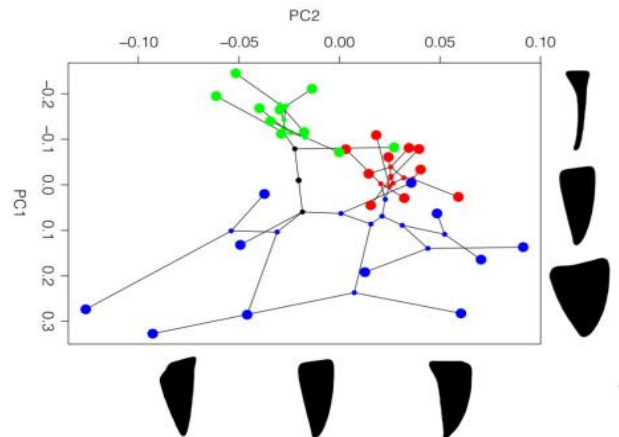
## MORFOMETRIA

Bizidunaren edota hauen zatien forma eta tamainaren analisia egitean datza. Jatorrizko indibiduo baten zati baten morfologiatik, aldagai diskretu edota jarraien bidez jasaten duen aldakortasunaren deskribapena. Morfometrian, datuak hainbat modutan batu daitezke:

1. *Analisi unibariantea*: metodo eta test estadistiko basikoen aplikazioa.



2. *Analisi multibariantea*: multidimentsioen murrizketa ahalik eta bariantza eta aldakortasun gehien kontserbatuz.



3. *Perfilak eta landmarks*: kontorno edo siluetaren analisia; kontornoa digitalizatu eta parametro gutxitara murriztu analisi multibariantea aplikatzeko.

## ESPEZIE PALEONTOLOGIKOA

Espezieen deskribapen eta sailkapena haien fosilen ingurukoak dira. Hau da, espezie biologikoa bizirik dagoenean aztertuta, eta espezie paleontologikoa haren fosila aztertzerakoan.

Beraz, espezie paleontologiko baten azterketa aurrera eramateko hurrengoak izan behar ditugu kontuan:

- Darwinen aurreko "espezie" kontzeptua alde batera utzi beharra dago, ez baitu indibiduo eta populazioen aldakortasuna kontuan hartzen.
- Espezieen arteko mugak ezartzako aurretik aipatutako analisi estatistikoak egin beharra dago; unibariantea edo multibariantea.
- Aztertutako lagina atera nahi dugun ondorioarako edo ikerketarako egokia dela zihurtatu beharra dago.
- Sistematikari ekiterakoan, espezie bereiztaileak ("splitters") eta espezie multzokatzaileak ("lumpers") bereiztu behar dira.

Gainera, baliteke hurrengo faktoreek eragina izatea gure ikerketan, sistematikakn batik bat:

- *Espezie isomorfoak*: zonalde berdinean bizi eta antzekotasun fisiologiko/morfologikoak dituzten, baina haien artean ugalkorrek ez diren izaki bizidunak dira.
- *Espezie polimorfoak*: espezie berdin baten barruan morfologia desberdinak ageri direnean.

## **BIOSISTEMATIKA**

Behin eta berriro aipatzen ari garen sistematika kontzeptuak ezagutzen ditugun izaki bizidunak espezie edo taldetan sailkatzeari egiten dio erreferentzia. Biosistematika, gaur egungo eta iraganeko izakiak sailkatzeko sistema.

Gaur egungo eta iraganeko entitate paleobiologikoak sailkatzeko erabiltzen den sistematika da, arau taxonomiko berdinak erabiliz. Taxonak sailkapen zoologikoaren eta botanikoaren hierarkizatutako taldekatzeak dira. Sistematikak *Linneoren nomenklatura binomiala* jarraitzen du, espezie baten izenak bi atal izanik: generikoa eta espezifikoa, hurrenez hurren. Linneoren sistematikak transferentzia genetikoan ditu oinarriak, eta Cuvierren ekarpenek bizidunen hierarkizazioa ekarri zuen. Dena den, azterketa egiterakoan sailkapenera begira, ez dago ezaugarrien seleziorik, hau da, ezaugarri guztiek dute balio bera.

Nazioarteko izendapen arau taxonomikoak daude ezarrita. Gainera, maila taxonomiko desberdinak bereizten dira:

- a) Erreinua
- b) Filuma
- c) Klasea
- d) Ordena
- e) Familia

- f) Tribua
- g) Generoa
- h) Espeziea
- i) Subespeziea

Paleontologia sistematikoa, espezie paleontologikoen izendapenaz arduratzen da, fosilen forma eta bestelako ezaugarrietan oinarrituta. Hortaz, edozein azterketa paleobiologiko burutu aurretik, prozesu tafonomikoak kontuan izatea komeni da.

Hemen agertzen da *parataxonomia*: osotasunean topatu ez diren edo haien egoera txarrak eraginda identifikazioa eragozten duten fosilak taxonomikoki sailkatzeko erabiltzen den irizpidea da.

# 4. Paleoekologia eta Paleobiogeografia

## PALEOEKOLOGIA

Iraganeko izaki bizardunak haien inguruarekin zuten harremanaren gorabeherak aztertzen dituen paleontologiaen adarra. Honetarako, azterketa paleoekologiko bat egin aurretik, tafonomia kontuan izatea komeni da, *demia/ademia* arazoak ekiditzeko.

Adar hau iraganeko adin jakin bateko ingurune ekologiko bat eraikitze helburuarekin lantzen da.

1. *Paleoautoekologia*: espezie baten afinitatea bakarrik erabiltzen denean berreraikitze ekologiko bat egiteko. Dieta, tenperatura, sakonera, argia eta gazitasuna moduko aldagaiak ditu kontuan. Honako espezie motak izan daitezke:
    - a. Eurioikoak/Estenoikoak: ekosistemak ezaugarri bereziak izan behar ditu espeziearen bizi irauterako edo espeziea moldatu egiten da (ia) edozein ekosistemara, hurrenez hurren.
    - b. Eurialinoak/Estenohalinoak: edozein gazitasun maila aldaketari modatzen da edo ez ditu gazitasun aldaketak jasaten, hurrenez hurren.
    - c. Euritermoak/Estenotermoak: tenperatura aldaketa handiak jasan ditzakena edo ez dituen tenperatura aldaketa handiak ondo jasaten, hurrenez hurren.
    - d. Eurifagika/Estenofagika: dieta zabala eta moldakorra duten espezieak edo oso dieta zehatza eta nahiko modagaitza duten espezieak, hurrenez hurren.
- Gainera, "r" eta "k" estrategiak jarraitzen dira paleoautoekologian:
- a. K estrategia: espezie erregulatuak dira oinarri; dentsitate poblazionala eta jaiotzeak orekatzen dituzten espezieak.
  - b. R estrategia: espezie oportunistak dira oinarri, jaiotze tasa handikoak.

	<i>r</i> estrategiadunak	<i>k</i> estrategiadunak
Jaiotza tasa	Ez da dentsitatearen menpekoa	Dentsitatearen menpekoa da
Heriotza tasa	Gorakorra (handiagotuz doana)	Konstantea edo txikituz doana
Populazioaren tamaina	Aldakorra	Konstantea
Garapena	Azkarra	Geldoa
Norbanakoaren ugalketa kopurua	Gutxi	Asko
Ugalketa bakoitzeko ondorengoak	Asko	Gutxi
Norbanakoaren tamaina	Txikia	Handia
Bizitza-luzera	Motza, askotan urtebete baino gutxiago	Luzea, urtebete baino gehiago
	Ekoizpena eta berritzea	Eraginkortasuna eta etekina



Izakiak bizi izan ziren paleoinguraren informazioa ematen diguten organismoak ere badira, *bioindikatzail*e deiturikoak. Bi motatakoak izan daitezke:

- a. Geokimikoak: tenperatura, hezetasun eta dietaren indikatzaile diren elementu trazarak edo isotopoak. Hortz, hezur edota maskorretan topa ditzazkegu.
- b. Morfologikoak: Paleodietak.

Paleoingurunea gaur egungo izakien eta iraganekoek utzitako fosilen arteko morfologia konparatuz lortzen da.

2. *Paleosinekologia*: paleokomunitateetan oinarritzen da azterketa egiteko, ta ekosistema osoa hartzen da kontuan. Hala ere, aipatuta izan den lez aurretik, kontuan izan beharra dago aurkitutako fosil laginek ez dutela iraganeko paleobiozenosia osatzen; hau da, balitekeela izaki gahiago bizi izana baina arrastorik ez uztearen ondorioz guretzako inexistenteak izatea.

Ekosistemen azterketak betetzeko, lehenik eta behin bi zatitan banatu egiten da:

- a. Ekosistema lehortarra
  - Zenogramak: komunitate bateko ugaztun espezieak tamainaren arabera banatzen ditu. Pisua lehen haginarekin kalkulatu da  $\ln X = a \ln Y + \ln b$  erabiliz. Hortaz, zenograma baten egituraketa motak paleoinguruaren informazioa emango digu, tamaina organismoen eta inguruaren arteko harremanarekin lotura duelako.
- b. Ekosistema itsastarra

## PALEOIKNOLOGIA ETA IKNOFAZIEAK

*Iknofosilak* parataxonomiaren bidez aztertu eta sailkatzen dituen paleontologiaren adarra dugu hau. *Iknofosilak*: bizidun baten aktibitate edota jarreraren informazioa ematen diguten arrasto-fosilak, zeinak biosedimentazio gisa ere aurki daitezke, bihohigadura edo bihoturbaziotan adibidez. Hauek dira iknofosil motak:

- *Plano horizontalekoak*: Oinatz fosilak edota iknita fosilak zein lorrategi osatzen dute taldea.
- *Plano bertikalekoak*: Habia/gordelekuak (indusketa) eta zulaketa (bihohigadura) moduan agertu daitezke.
- *Gorotz metakinak*: Pellet fekalak (kordel txikiak) edota koprolitoek (masa handiko metakin fekala) osatzen dute taldea.



Esan bezalaxe, iknofosilen sailkapenerako erabiltzen den sistematika parataxonomia da, eta zenbait sailkapen irizpide jarraitzen dira sistematika aplikatu aurretik:

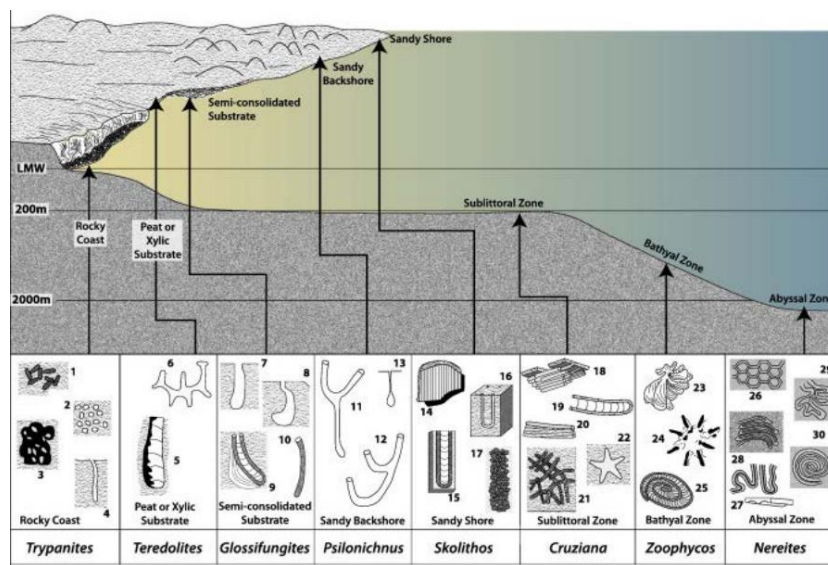
1. *Sailkapen toponimikoa*: sustratuak jasotako bioturbazio, biohigadura edo biometakinaren arabera.
2. *Sailkapen etologikoa*: portaeraren arabera.

Gainera, iknofosilen forma edota geometria aldakorrek dira faktore hauen arabera:

- a) Sedimentu pikorren tamaina.
- b) Ezaugarri fisiko eta bitikoen eraginagatik (ur kant., O<sub>2</sub> kant., ...).
- c) Behaketarako aukeratutako ebaketagaririk; aukeratutako aldearen arabera kontserbazio-maila desberdina izan dezakelako.
- d) Fosilizazio motaren arabera; fosil bera modu desberdinetan kontserbatuta.

Paleontologian, iknofosilek garrantzi handia dute hainbat arrazoigatik; paleoinguruaren informazioa ematen dute eta gainera iknofazie desberdinetan banatzen dira. Iknofazies esaten zaio sedimentu berean edo alboko sedimentuetan agertzen diren iknofosilen elkarketa bati. Hauek dira informazio adibideetako batzuk:

- Paleosakonera



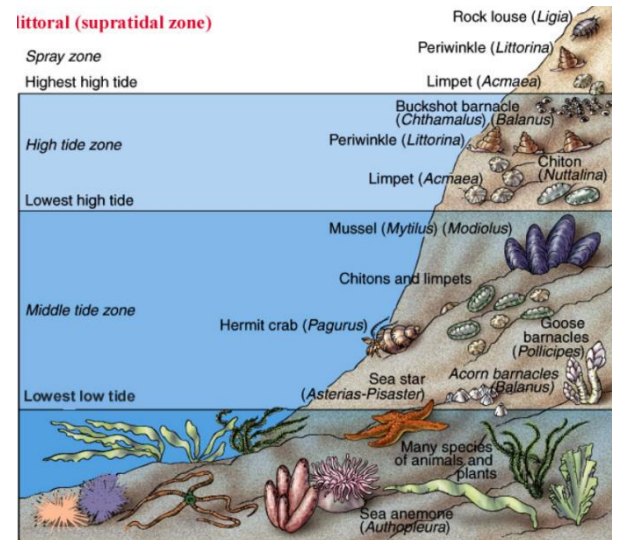
- Estratuen polaritatea (segida sedimentarioetan)
- Informazio paleontologikoa
- Informazio entologikoa

## PALEONTOLOGIA EBOLUTIBOA

Lurraren historian zehar gertatutako prozesu paleontologikoen azterketari ekiten dion paleontologiaren adarra. Bizidun talde desberdinen disparitate eta dibertsitate aldaketak behatzen ditu denbora geologikoan zehar.

## ESTRATIFIKAZIO EKOLOGIKOA

Gaur eguneko itsas inguruneetan, baldintza fisiko-kimikoen eta biologikoen arabera nitxo biologiko desberdinak aurki ditzakegu, ur masan bertikalki estratifikazio ekologiko bat topatuz.

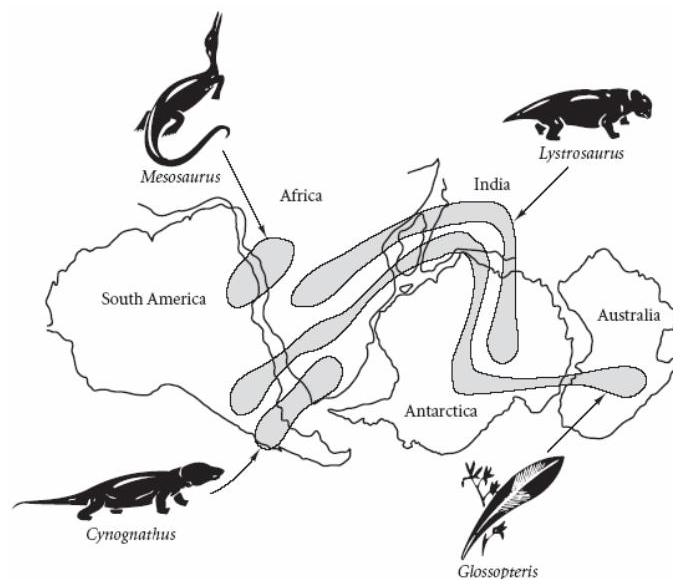


Lehorreko inguruneetan aldiz, lurrazaletik zuhaitz altuenetara dagoen faunaren banaketak osatzen du estratifikazio ekologikoa (adib. baso tropikal batean)



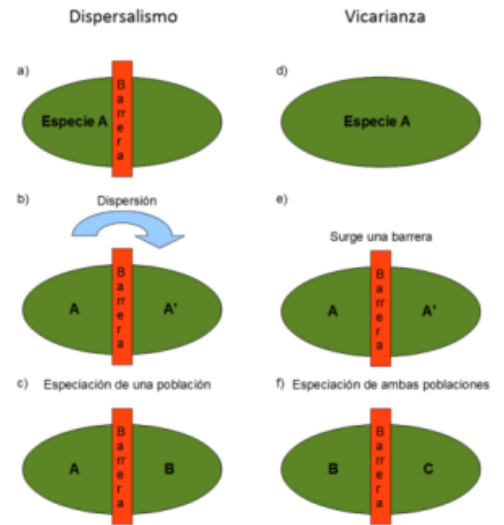
## PALEOBIOGEOGRAFIA

Iraganeko izaki bizidunen kokapen geografikoa aztertzen duen paleontologiaren adarra da; Alfred Wegenerrek *kontinenteen jitoaren teoriarako* erabilitako lau frogak geologikoetako bat izan zen hau (paleontologikoa), zenbait fosil berdinak kokapen interkontinentala frogatuz.



Azterketa paleobiogeografikoak egiteko bi ikuspuntu bereiz ditzakegu:

1. *Dispertsio bidezko biogeografia*: dispertsio prozesu desberdinek eraginda sortu diren espezie berriak (jatorriz, espezieak okupatuko dituzten inguruneak banatuta zeuden).
2. *Biogeografia bikariantea*: jatorriz bateratuta zegoen zonalde batean gertatutako zatiketaren ondorioz espezie bikarianteen agerpena. Prozesu horietako bat plaken tektonikak eragindako kontinenteen banaketa izan daiteke adibidez.



Aurreko bi prozesuek eraginda *bioma* lehortar desberdinak sortzen dira globo osoan zehar, bai latitudinalki zein longitudinalki. Bestetik, paleobiogeografiari esker, informazio paleogeografikoa batu genezake, interpretatu eta gaur egungo izakien banaketa ulertu edo ondorioztatu. Adibidez, nautilusaren fosilen kokapena (iraganen bitzako izakien lekuan) eta gaur egungo nautilusen bizilekuak konparatuz ondorio paleobiogeografikoak lor genitzazke.

Gainera, bikariantza eta dispertsio geografiko prozesuek irletan eragin bitxi bat dute: banaketa jasan behar duten espezieen ekosistemari esker, izakiak txikiagotu (nano) edo handiagotu (erraldoi) egiten dira, inguruari moldatuz. Azken finean, harrapakaririk ez badago, tamaina handiago batek energia gastua bakarrik suposatzen du. Aldiz, besteengandik defendatzeko, tamaina handiago batek ehizan legundu dezake.

Bizidunen banaketa biogeografikoa eta biodibertsitatea, oro har, klimak, itsasmailak eta paleogeografiak kontrolatzen du. Hortaz, iraganeko izaki bizidunen banaketa fosil bidez interpretatu ahal izateko faktore hauek izan behar dira kontuan.

## **5. Biokronologia eta paleontologia estratigrafikoa**

### **BIOESTRATIGRAFIA/PALEONTOLOGIA ESTRATIGRAFIKOA**

- *Paleontologia estratigrafikoa*: Ezaugarri paleontologiketan oinarritutako sailkapen estratigrafikoari deritzo, eta paleontologia eta estratigrafiaren arteko lotura da.
- *Bioestratigrafia*: Geruzetan fosilek duten banaketaz eta haren zergatiaz arduratzen da, horren laguntzaz estratu-multzoa unitate bioestratigrafikoen bidez sailkatuz.
- *Biozona*: Eduki paleontologikoaren arabera deskribatutako arroka-multzoa. Biozonek biohorizonteak mugatzen dituzte.

### **BIOKRONOLOGIA**

Eduki paleontologikoaren bidez definitutako estratu-multzo horiek unitate biokronologikoen bidez datatu eta korrelazionatzeaz arduratzen den paleontologiaren adar aplikatua da. Gainera erregistro fosilean datazio erlatiboa (ordenamentu kronologikoa) aplikatzeko arauak ezartzen ditu.

- *Biokrona*: unitate biokronologiko bat da; fosil multzo bat erabiliz sortutako denbora tartea.

Datazio erlatibo hauetarako, hau da, biokronak eraikitzeke, erabiltzen diren fosilak hedapen denboral laburra eta geografiko zabala daukaten (zona-fosilak) eta fazie kontretuetan bakarrik agertzen diren fosilak (fazie-fosilak) dira.

- *Zona fosilak*: Bai hedapen denboral laburra dutenak, zein hedapen geografiko zabala dutenak dira, denbora tarte estuak zehazteko edota azaleramentu desberdinak korrelazionatzeko erabiltzen dira, hurrenez hurren. Honakoak dira zona fosil baten izan behar dituen ezaugarriak:
  - Eboluzio azkarra
  - Banaketa geografiko zabala
  - Banaketa denboral estua
  - Errez identifikatzeko karaktereak
  - Errez fosilizatzen diren zatiak
  - Azalerraten diren faziekiko independenteak izatea
- *Fazie fosilak*: bizona biotipiko estuei morfologikoki moldatua, eta banaketa geografiko estudunak. Inguru determinatu batetara bizitzeko egokitu diren izakien fosilei edota fazie konkretu bati lotuta agertzen direnei deritze.

Aurreko baldintzetan topatzen ditugun fosilek garrantzi handia dute, eta FOSIL GIDARI modura ezagutzen ditugu.

Fosil bakoitzak banaketa estratigrafiko propioa (tenporala) du, eta horien bidez biohorizonteak sortzen dira; biozona. Biohorizonte espezifikoren arteko tartea hartzen du:

- *Kualitatiboak:*
  - Lehen agerpena (LAB)
  - Azken agerpena (AAB)
  - Elkarte baten agerpen/desagerpenak
- *Kuantitatiboak:*
  - Aberastasun aldaketak
  - Aniztasun aldaketak
  - LAB eta AAB-een erregristro kantitateen aldaketak

Paleontologoentzat egokiena LAB eta AAB garaikideak edo isokronoak izatea litzateke, baina ez da ia gertatzen horrela; ezberdintasunak daude, bai izaki itsastar eta kontinental artean, zein bentoniko eta plantonikoen artean.

Biozona ezberdinak bereizten dira, beraien behe eta goi-mugak definitzeko erabiltzen diren irizpideen arabera. Irizpide horien artean erabilienak hauexek dira:

- a. Espezie-elkarketa
- b. Espezie konkretu baten edo batzuen joritasuna
- c. Taxon baten edo batzuen agerpena
- d. Taxon baten edo batzuen desagerpena
- e. Taxon baten edo batzuen hedapen denborala

Taxoien mota desberdinak daude ere:

- a. *Akrozona:* geruza bat edo multzo bat taxoi batengatik bereiztuta dagoenean, bertikalean denboralki eta horizontalean espazialki.
- b. *Akrozona konkurrentea:* Aurrekoan lez, geruza bat edo geruza multzo bat bereiztuta dagoenean denboralki bertikalean eta horizontalean espazialki; kasu honetan taxoi bat baingo gehiagoren erruz.
- c. *Tarte-zona:* biohorizonte bien artean kokatzen diren geruza edo geruza multzoak. Biozona hau bere beheko eta goiko mugetan kokatzen diren taxonengatik eta ez bere baitan aurki daitezkenengatik definitzen da.
- d. *Filozona:* Taxon baten lerro filetikokoan ematen diren aldaketa ebolutiboak erabiltzen dira biozonak definitzeko, zenbait espezieren desagerpen eta agerpenek markatua.
- e. *Zenozona:* indibiduo fosilen elkarte naturala daukaten geruzak. Geruza hauek fosil elkarteengatik definitzen dira.
- f. *Apogeo-zona:* honen mugak ez daude taxon desberdinen suntsipen edo agerpenarekin lotuta, baizik eta, bere ugaritasunengatik.

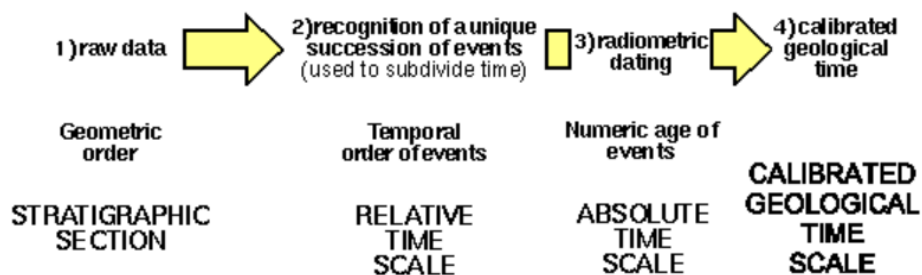


Bestetik, bioestratigrafian badaude zenbait puntu kontuan izan beharrekoak:

- Ornogabe fosil asko, hondo ozeanikoetan bizi zirenak gehien bat, oso fazie gutxitan agertzen dira, eta tenperatura eta gazitasunaren baldintzapean daudenez korrelazio lokaletarako dira erabilgarriak soil-soilik. Beste fosil batzuk oso balore estratigrafiko handia izanik, sedimentu konkretuei lotuta daudelako, zailtasun handiz aurkitzen eta erabiltzen dira.
- Fosil batzuek oso banaketa denboral zabala azaltzen dute, erritmo ebolutibo oso motela baitute. Hauek ez dira baliagarriak korrelazio zehatzak egiteko.
- Denboran zehar espezieek migra dezakete. Era honetan leku konkretu batean espeziearen desagertzea suntsipenagatik izan dela pentsa dezakegu. Gertaera honi *Lazaro efektua* deitzen zaio.
- Fosilak, birsedimentatuak, garraiatuak etab. egon daitezkeela. Honela, geruza sortu zen garaian suntsituta zeuden izakien aztarnak metatu daitezke. Gertaera honi *zombie efektua* deitzen zaio.
- Izaki desberdinak eta arbaso desberdinak dituztenak morfologia berdina izan dezakete konbergentzia ebolutiboagatik (*homoplasia*) eta ondoren espezie baten presentzia faltsua izan daiteke ikusten ari garena bere antzekoa izan daitekeelako. Gertaera honi *Elvis efektua* deitzen zaio.

## KORRELAZIO ETA KALIBRAZIO GEOKRONOLOGIKOA

Geruz isokronoen bidez egiten den azterketa denborala da, irizpide litologikoak, magnetoestratigrafikoak edota paleontologikoen bidez. Dena den, biozonen kokapena batzutan ez da oso egokia izaten, eta horietan kalibrazioak egin behar izaten dira. Adibidez, segida biokronoestratigrafikoak segida geokronologikoen bidez kalibratu behar dira datazio absolutuaren bidez.



## ESTRATOTIPOAK

Unitate edo muga estratigrafiko bat zehatz bat definitzen edo zehazten duen adostutako ebaki estratigrafikoa. International comission of stratigraphy-ko kideek ezartzen dituzte. Gehienak aldaketa paleontologikoetan oinarritzen dira.

Internazionalki ezarritako mugak dira, eta euskal herrian 3 onartu dira: 2 zumaian eta bat gorrondatxeko hondartzan.

## ZENBAIT FOSILEN ERABILGARRITASUN ESTRATIGRAFIKOA (GARAICA)

- *Aurrekanbriarra:*
  - Akritarkoak
- *Paleozoikoa:*
  - Akritarkoak
  - Trilobiteak
  - Graptoliteak
  - Nautiloideoak
  - Brankiopodoak
  - Amonoideoak
  - Konodontoak
  - Foraminifero bentonikoak
- *Mesozoikoa:*
  - Brankiopodoak
  - Konodontoak
  - Amonoideoak
  - Foraminifero bentonikoak
  - Belemnoidoak
  - Ostrakodoak
  - Oraminifero planktonikoak
  - Nanofosilak
  - Erradiolarioak
  - Ekinozooak
  - Bibalbioak
- *Zenozoikoa:*
  - Foraminifero bentonikoak
  - Foraminifero planktonikoak
  - Nanofosilak
  - Erradiolarioak
  - Ekinozooak
  - Bibalbioak
  - Gastropodoak
  - Mikrougastunak

## **6. Biziaren historiako gertaera nagusiak**

Historian zehar hainbat eta hainbat aldaketa izan dira Lur planetan geologiaren ikuspuntutik, haietako garrantzitsuenetako batzuk aipagarritasun paleontologiko handia izanik:

1. Ingurune primitiboaren eta biziaren sorrera lurlean
2. Aurrekanbriarreko erregistro fosila (estromatolitoak...)
3. Prokariotak eta ingurunearen aldaketa globalak
4. Eukarioten jatorria eta biodibertsitatearen ugaripea
5. Kanbriarreko eztanda biologikoa
6. Lehorreko ekosistemen garapena

Lehen puntuari dagokionez, hau da, bizitzaren sorrerari dagokionez hainbat eta hainbat hipotesi garatu izan dira historian zehar. Hauexek dira ezagunenak:

- *Kreazionismoa*: Jainkoak edo naturaren gainetik dagoen zerbaitek sortu zuen bizitza.
- *Panspermia*: Bizitza espaziotik heldu zen (adibidez asteroide batean).
- *Teoria kimiosintetikoa*: produktu inorganikotik produktu organikora, eta geroago zelula osoetara eboluzionatuz eman zen bizitza. Hainbat espazio proposatu dira prozesu honen gauzatzerako: lurrazala, lur azpian, itsasoaren hondoa eta espazioan.
- *Berezko sorrera*: Izakiak bakarrik, hau da, kanpo laguntzarik gabe sortu ziren putzu epel batean.

### **EBOLUZIO ZELULARRA**

Teoria honen arabera, lehen zelulak prokariotoak zirela uste da, eta garaiko izakiek nitrogenoa finkatzen zutela. Bestetik, fotosintesia gauzatu zezaketeen, uretatik H-a lortuz eta O<sub>2</sub>-a kanporatuz, atmosfera oxidatzaile bat sortuz.

Geroago izaki aerobioen sorrerarekin batera BIF esanguratsu bat eman zen. Hortaz aparte, zelula eukriotoen sorrera teoria autogenoaren edo endosinbiotikoaren bidez eman zela uste da.

- *Teoria autogenoa*: Mintz plasmaticoaren barruranzko inbaginazioek sortuko zituzten organuluak, geroago funtzionalki espezializatuz.
- *Teoria endosinbiotikoa*: Zelula prokariotoek bakterien berenganatze bidez, eta geroago horiei funtzio konkrituak emanez zelula eukariotoak sortu zirela uste da.



## LEHENENGO IZAKI BIZIDUNAK

Bizitzaren lehen aztarna paleontologikoak aktibitate biologikoaren seinale diren zenbait isotoporen ( $^{13}\text{C}$  eta  $^{12}\text{C}$ ) aurkikuntza da, eta ez fosil zuzenak. Duela 3800 Mu-ko arroketan Groenlandian topatutako aktibitate biologiko fotosintetikoak sortutako aztarna dugu hauxe.

Bestetik, Australian duela 3500 Mu-tako estromatolitoak aurkitu dira arroketan, zeinak alga zianofitoekin erlazionatutako egitura sedimentarioak diren.

Fortescue taldean eta Gunflit formazioan gaur eguneko oso antzekoak, baina 2800 eta 2000 Mu-koak (hurrenez hurren) diren arroketan aurkitutako zianofitoen egiturak aurkitu dira. Gunflit formazioan gaur egunekoak bestelakoak diren egiturak ere aurkitu dira.



**Silizifikatutako estromatolitoak**

## MIKROBIALITAK

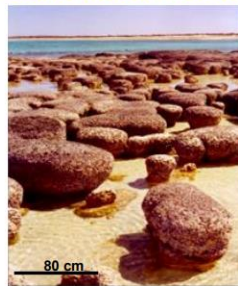
Sedimentu-ale eta mikrobioen interakzioz sortutako egitura organosedimentario edo bioeraikuntza karbonatatuak. Aurkezten duten egituraren arabera, mikrobialita mota desberdinak bereizten dira:

- *Estromatolitoak*: zutabeak eraikiz egitura laminarren bidez.
- *Onkolitoak*: forma subesferikoak sortuz egitura laminarren bidez.
- *Tronbolitoak*: Egitura laminar bakoak.

**Onkolitoak**



**Estromatolitoak**



**Tronbolitoak**



## EUKARIOTOEN SORRERA

Lehen izaki/zelula eukariotoak duela 2100 Mu-ko arroketan aurkitu dira. Garai hartako fitoplaktona osatzen zuten eta maskor organikoa zeukaten. Hauexek *Akritarko* bezala izan dira deituak eta ez dute ordezkaririk gaur egungo izakien artean.

## **METAZOOEN AGERPENA ERREGISTRO FOSILEAN**

Metazooen fosil zaharrenak duela 650 Mu-ko iknofosil batzuk dira, adin horretako arroketan aurkituak. Baliteke, zientzilari batzuek dioten lez, zaharrenak 1100 Mu-ko arroka batzuetan aurkitutakoak izatea, baina hauxe oraindik ez dago frogatuta.

Proteroziko amaieran, hau da, duela 600-550 Mu, glaziazio garaien ostean, lur globo osoan zehar nahiko ondo dibertsifikatutako lehen fauna agertu zen. Organismo arraro batzuek osatutako komunitateaz ari gara: *Ediacarako fauna*. Oro har, sedimentuan impresio moduan gordetako aztarna utzita iraun dute.

Gehienak disko edo hosto formako gorputz biguneko animaliek osatzen dute, nahiz eta hezurdura organikoak dituzten forma batzuk, baita ahulki mineralizatuak ere.

Australiako aztarnategian 12 genero desberdin aurkitu dira.

Namibian ere duela 550 Mu-ko arroketan metazoo kaltzifikatuak aurkitu dira.

## **KANBRIARREKO EZTANDA**

Paleozoikoaren hasieran kokatutako kanbriarrean eman zen organismo plurizelularren dibertsifikazioari egiten dio erreferentzia, eta duela 542 Mu abiarazitako prozesu "nahiko" azkarra (eskala geologikoari dagokionez) izan zen.

Eztanda honen lehen aztarna aipagarria hondo ozeanikoko substratu bigunean eragindako bioturbazioa litzateke. Aurretik zegoen Ediacarako faunako orgasimoek horizontalki sakonera txikian eragin ahal zuten bioturbazioa, eta hortaz, turbazio horren ezaugarriak aldatu (handitu) zirenez, organismo berrien agerpenarekin erlazionatu dute.

Bestetik, duela 535 Mu-tako arrasto fosil batzuen aurkikuntzak garaiko eztrandaren teoria indartu zuen. Arrasto fosil horiek eskeleto edota eskeleto zati txikiak dira, Ediacarako erregistro fosileko zati gogordun organismoak baino askoz dibertsifikatuago eta ugariagoak izanik.

## **LEHORRAREN KOLONIZAZIOA**

Duela 450 Mu-raino (goi ordobiziarra) bizitza makroskopiko guztia ur azpian zegoen lehorreratzeak zekartzan arazoak ekidituz. Hauexek dira batzuk:

- a) Barne anatomiaren eustea
- b) Ur eza
- c) Arnasketa arazoa
- d) Ugalketa arazoa

Lehen lehorreko konkistak seguruenik ur gezatik egin ziren, eta inoiz topatutako lehorreo bizi arrasto zaharrena duela 1200 Mu-takoa da, Arizonako paleokarts batean topatutako mikrofilamentuak, hain zuzen.

Lehen kolonizataileak landareak izan ziren, eta kolonizazioa Siluriarrean izanik. Honek animalien dibertsifikazioa erraztu zuen eta lurrazala bera sortzeko ezinbestekoa izan zen. Kolonizazio honen aurretik lurrazalak basamortuaren ezaugarriak zituen, baina alga berdeen ondorengoek, briofitoak eta landare baskularrak eman zituen. Landareei dagokionez esporen fosil zaharrenak Arabiako Behe-Ordoviziarrekoak dira. Hala ere, lehorreratzeak onurak eta desabantailak ekarri zituen hauentzako:

- *Desabantailak:*
  - Landareen arteko argi konpetentzia: gazteagoek ez zuten hazteko lekurik eta besteen itzalpeko zonaldea ez zen aproposa, beraz handiagoen gainean haztearen joera hartu zuten.
  - Argiak eragindako lehortzea: airepean, uretan gertatzen ez zen bezalaxe, eguzki argiaren erradiazio konstantepean bizi behar ziren.
  - Deshidratazioa: ura eskuratzeko arazoak.
  - Ugalketa arazoak: ugalketa sexuala uretan ezin betetzea eragiten zuen.
  - Zutik mantentzeko arazoa: gorpuek airepean uretan baino gehiago pisatzen dute.
  - Ezegonkortasun termikoa: tenperatura aldaketa bortitzagoak uretan baino.
- *Onurak:*
  - Argia: fotosintesia burutzeko argitik ahalik eta hurbilen kokatzeko joera.
  - Gatz mineralak: mineral euri uren ondorioz, lehorreko gatz mineralen kontzentrazioa itsasoan baino handiagoa izango da.
  - Ura: ur mailak erregulatzen zituzten iragazte prozesuen garapena.
  - Euskarria (azalera): grabitateari aurre egiteko euskarriarekin batera, argira heltzeko hostoen garapena eman zen, azalera handituz.

Animaliei dagokienez, lehorreratzen lehenak artropodoak izan ziren, ordoviziar-silurikoan: euripteridoak hain zuzen. Ur gezako eskorpioien modukoak zirela esan genezake, baina gaur egungo eskorpioiekin erlazionatu gabeak. Animalien fosilik zaharrenak Gales-ko Siluriareko ( $\pm 415$  miloi urte) arroketan aurkitutakoak dira. Hauek ere, onura eta desabantail batzuei aurre egin behar izan zieten lehorreratze prozesuan.

- *Desabantailak:*
  - Gorputzeko ur maila: deshidratazio prozesuari aurre egiteko arazoak sortu zitzaizkien.
  - Eustea: Arkimedesen printzipioak dioenez, airepean gorputzaren masa mantentzea zailagoa da, eta beraz, anatomia indartsuagoa eta berestrukturatu garatu behar izan zuten.



- Ezegonkortasun termikoa: kanpoko tenperatura aldaketei aurre egiteko *homeotermia* garatu behar izan zuten.
- Ugalketa: ugalketa interna eta externa garatu behar izan zuten.
- *Abantailak*:
  - Elikagaiak: lehorra ustiatu gabeko ingurua zenez elikagaiez beteta zegoen.
  - Atmosferako oxigeno mailak asko lagundu zuen.

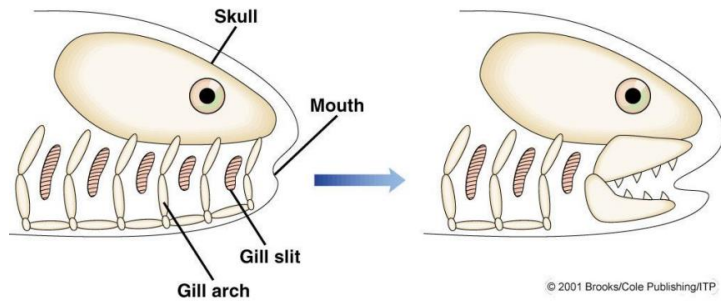
Devoniarren bukaerarako (360 miloi urte) zenbait lehor aldeko ekosistema gaur eguneko arkitektura erakusten zuten. Sortutako kriptogamo baskularren baso handiak laster izan ziren kolonizatuak intsektuengatik. Garai honetan putzu eta erreketan lehen tetrapodoak (anfibo Iktiostegoak eta antzekoak) bizi ziren.

## **ORNODUNEN EBOLUZIOA**

Metazooen artean, kordatuen taldea izan zen lehena lehortera heltzen eta hura kolonizatzen. Kordatuak talde ebolutibo zaharrenetariko eta (eboluzio adetik) arrakastatsuenetariko bat da, ia habitat guztiak konkistatu baitituzte haien egokitze ahalmen handiari esker. Ondorioz, talde honetako kideek askotariko egiturak eta morfologiak aurkezten dituzte, elkarrengandik oso desberdinak izatera helduz, nahiz eta guztietan ezaugarri komun batzuk aurki daitezkeen. Kordatuen multzoan arrainak, anfibioak, narrastiak, hegaztiak eta ugaztunak daude. Azken honen espezieen artean gurea, *Homo sapiens*, dago. Jatorria oso xumea izanik, kordatuek ornodunen egitura eta morfologiara eboluzionatu dute denboran zehar, bizi-baldintza ezberdinetara oso moldagarriak baitira. Kordaturik zaharrenetariko bat *Burgues Shale*ko aztarnategian aurkitu den *Pikaia* da. Honek forma bermiformea du eta notokorda antzeko hodia dauka.

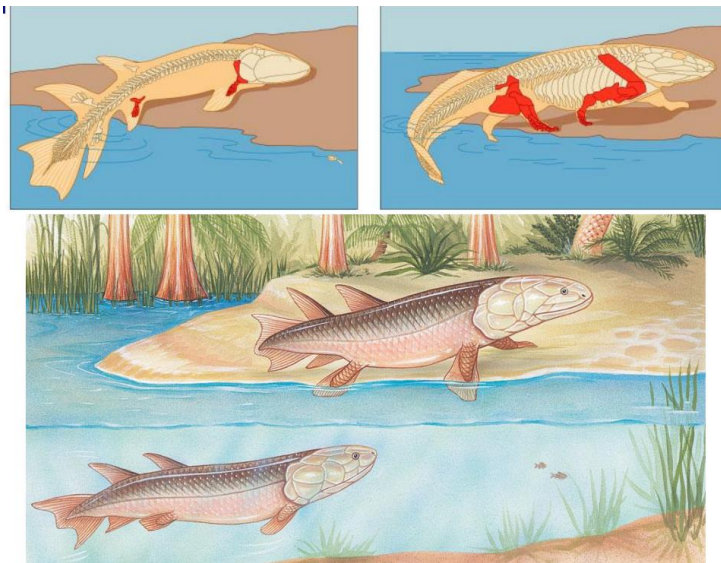
Lehen ondo garatutako ornodunak arrain txikiak izan ziren, baraila gabekoak (agnatoak) eta korazatuak (ostrakodermoak) zirelarik. Hauek Goi Kanbriarrean eta Behe Ordoviziarrean oso anitzak ziren.

Hurrengo urratsa *barailak* lortzea izan zen, eta hau agnatoen zakatz-arku baten aldakuntzarekin eman zen, gnatostomatuen taldea sortuz. Masail-hezuraren sorrera eta garapena eman zen, zeinak elikadura eta bestelakoak modatu zituen, eta zentzumen organoen garapena ere (hala nola, albo-lerroa). Era horretan, Devoniarrean lehen arrain barailadunak (plakodermoak) eta hegalean artean edota hegalean aurreko aldean arrantzak garatu zituzten arrain akantodioak agertu ziren.



Devoniarra arrainen garaia kontsideratzen da eta garai honetan oraindik ostrakodermoak zeuden eta akantodioen eta plakodermoak oso ugariak dira.

Beste aldetik, garai hartan agertu ziren arrain kondrikzioak (marrazoak, arraiak...) eta hezur-arrainak (gaur egun ugariak direnak). Hezur-arrainen talde baten hegal lobulatudunak (Sarkopterigioak) tetrapodoen aitzindariak izan ziren. Lehen tetrapodoak bizi urtarra zerematen, nahiz eta hankak garatuak izan. Urarekiko independentzia *amniotak* (narrastiak, hegaztiak, eta ugaztunak) lortu zuten. Beraien aztarnarik zaharrenak Karboniferoakoak dira eta beraien berezitasuna arrautzen garapena izan zen. Karboniferoaren bukaeran amniotak erradiazio ebolutiboa jasan zuten eta hainbat forma desberdin berriak agertu ziren.



Mesozoikoan zehar *narrastiak* izan ziren lurra menperatzen zuten ornodunak. Haien artean ezagunenak ondoko hauek dira: iktiosauruak, mosasauruak eta plesiosauruak inguru itsastarretan, dinosauruak lehor aldean eta pterosauruak airean. Narrasti hauek eta beste hainbat espezie mesozoikoaren bukaeran suntsitu ziren.

*Ugaztunak* Zenoziokoan ugariagoak egin ziren arren Goi Triasikoan sortutakoak dira. Ugaztunen jatorria narrasti mamiferodun amniotetan kokatzen da. Animalia hauek oso ugariak izan ziren Permikoan eta Triasikoan eta Mesozoikoaren erdialdean desagertu ziren. Kretazeoaren erdialdean sortu ziren gaur eguneko ugaztun talde nagusi biak,

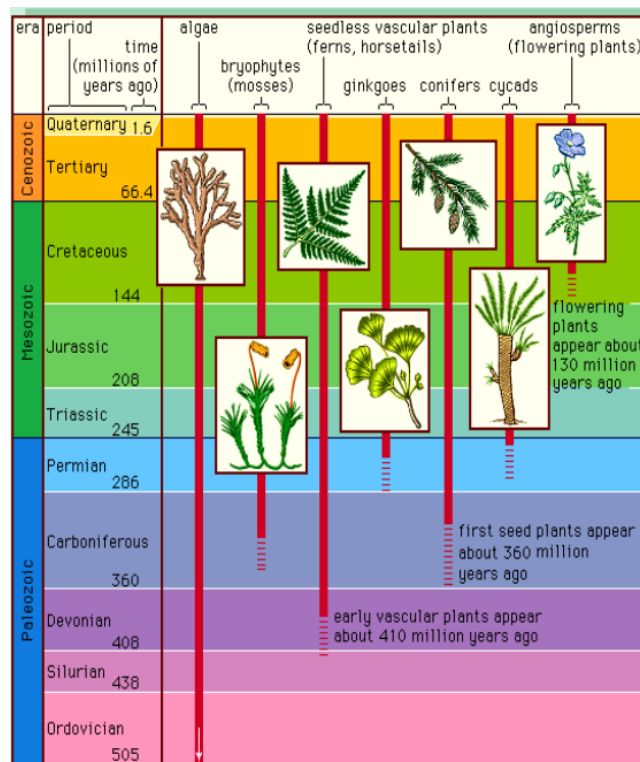
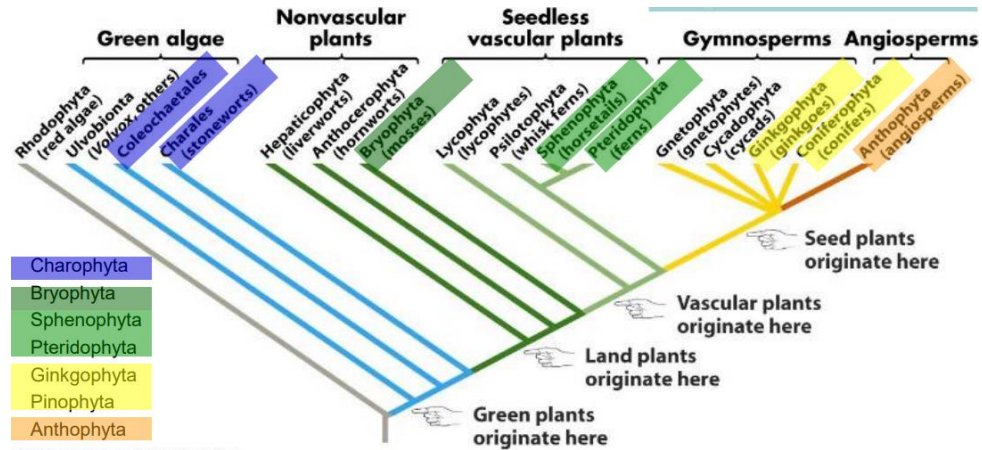
martsupialioak eta plazentarioak. Kretazeo bukaerako narrasti handien suntsipenak txoko ekologiko asko libre utzi zituzten eta hauek ugaztunengatik beteak izan ziren.

## **7. Paleontologia sistematikoa**

### **EUKARYOTA DOMEINUA: PLANTAE ERREINUA**

- Alga berdeak
  - *Karofitak*:
    - Goi Siluriarretik-gaur egunera
    - Gehienetan ur kontinental gezetakoak, nahiz eta arraroa izan, ur oso gazietan ere aurkitu daitezke
    - Erabilgarritasun biostratigrafikoa eta paleoekologikoa
- Landare lurtar ez baskularrak
  - *Goroldioa*:
    - Karboniferotik-gaur egunera
    - Espora bidezko ugalketa
    - Bi atal: esporofitoa eta gametofitoa
    - Erregistro forilean oso urriak
- Hazi gabeko landare lurtar baskularrak
  - *Iratzeak*
    - Devoniarretik-gaur egunera
    - Fronde hostodunak (erregistratutako lehenak)
      - Ardatz zentral bat
    - Espora bidezko ugalketa
  - *Azeri buztanak*
    - Devoniarretik-gaur egunera
    - Zurtoin ildaskatua
    - Espora bidezko ugalketa
- Hazidun landare baskularrak
  - *Ginkoa (gimnospermoa)*
    - Permiarretik-gaur egunera
    - Fanerogamo gimnospermoak → hazidunak bain lore gabekoak
    - Hosto laminarrak
    - Polen bidezko ugalketa
  - *Koniferoak (gimnospermoa)*
    - Permiarretik-gaur egunera
    - Fanerogamo gimnospermoak → hazidunak bain lore gabekoak
    - Orratz formako hostoak
    - Enbor sendo oso garatua
    - Polen bidezko ugalketa
      - Pinaburu moduko ugaltze gorputzak
  - *Angiospermoak*
    - Kretazeotik-gaur egunera

- Fanerogamo angiospermoak → hazidunak eta loredunak
- Polen bidezko ugalketa
- Erabilgarritasun bioestratigrafiko eta paleoekologikoa



## PROKARYOTA DOMEINUA: MONERA ERREINUA

- Zianofitoak: Zianobakterio ere deritze
  - Aurre kanbriarretik gaur egunera
  - Autotrofoak
  - Ingurune urtarra
  - Lehorraren konkistan oso garrantzitsuak izan ziren

- BIF-a sortzen dute
- Erregistro fosilean xafla eran topa daitezke
- *Estromatolitoak*: Taulakarak
- *Onkolitoak*: Nodulu zentrukideak

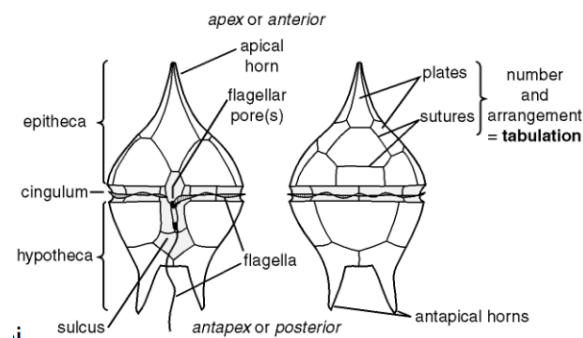
## EUKARYOTA DOMEINUA: PROTISTA ERREINUA

- Protofitoak:
  - Afinitate begetala duten zelula eukariotoz osatuak daude. Talde polifiletikoa da.
  - Autotrofoak ➔ Fotosintetikoak
  - Zelulabakar zein zelulanitzak
  - Ingurune urtarrekoak
  - Aurrekanbriarretik gaur egunerarte
- *Rodofitoak (alga gorriak)*
  - Kaltzifikazioa bideratzeko ahalmena
  - Jurasikotik gaur egunerarte
  - Itsastarrak eta latitude tropikalekoak
  - Ur bareetan forma adarkatua; ur bortitzagoetan puxika tankerakoa edo planarra
    - Rodolito izeneko egiturak sor ditzazkete



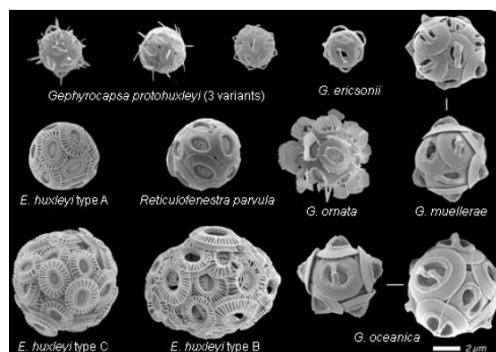
- *Dinoflagelatuak*
  - *Akritarkoak*
    - Aurrekanbriarreko bioestratigrafian
  - *Zooxantelak*
    - Koralarekin sinbiosian ➔ zona fotikoa
  - Alga zelulabakarrak
  - Ingurune itsastarra
    - Fitoplanktonaren garrantzizko osagaia dira, ugariak dira upwelling eremuetan
    - Bloom-ak sortzen dituzte: marea urdinak (luminizenteak) eta gorriak (toxikoak)
  - Erabilera bioestratigrafikoa

- Teka zelulosazko plakez osatua
  - Epiteka (goiko plaka multzoa) eta hipoteka (beheko plaka multzoa)
  - Zingulu izeneko ildo ekuatorialak banatzen ditu bi aldeak
  - Hipokonoan sulkus izeneko beste ildo bat dago, zinguluarekiko perpendikularra
  - Ildoeta flagelo bakarra
  - Espezie batzuek kisteak sortzen dituzte tekaren barnean
  - Kiste horiei esker → erregistro fosila dinoflagelatueta
- Aurrekanbriarretik gaur egunera



○ *Kokolitoforidoak*

- Nanofosil karetsua
- Erabilera bioestratigrafiko eta paleoekologikoa
- Flageloak eta haptotema
- Kokolito izeneko plakez babestua
  - Plaka multzoa: kokosfera
- Kokolitoak karbonatoaren konpentsazio mailaren azpitik disolbatu daitezke
- Ekoizpen handiko eremuetan itsas fitoplanktonaren osagai
  - Ur argitsu gazi eta epeletan
  - Latitude baxuetan
  - Bloom → marea zuriak
- Goi triasikotik gaur egunera



- *Diatomeoak*

- Silizezko eskeletoa (frustula)
- Edozein ingurune urtarrean
- Bata bestearen barruan kokatutako bi kusu
  - Hipoteka (txikia)
  - Epiteka (handia)
- Simetriaren arabera sailkatuta
  - Zentralak: kusu biribil edo poligonalak → simetria erradiala
  - Pennalak: kusu eliptiko luzeak, poroak ilaretan → alde biko simetria
- Kretazeotik gaur egunerarte
- Erabilerabioestratigrafikoa, paleoekologikoa eta abrasiboa (industrian)

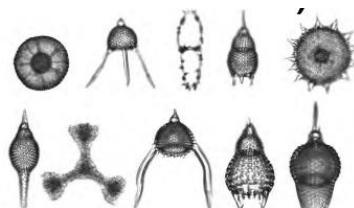


- Protozooak:

- Animalia afinitatea duten zelula eukariotoz osatuak daude
- Heterotrofoak eta zelulabakarrak
- Ingrune urtarrekoak (itsastar edota kontinental)
- Aurrekanbriarretik gaur egunerarte

- *Erradiolarioak*

- Silizezko eskeletoa
- Itastar planktonikoak (plataforma ingurukoak)
- Simetriaren arabera:
  - Espumelaridoak: simetria erradiala
  - Naselaridoak: simetria axiala
- Erabilerabioestratigrafikoa, paleoekologikoa edota industrial (abrasio moduan)
- Kanbriarretik gaur egunerarte





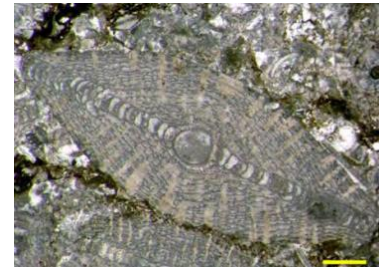
- *Foraminiferoak*

- Seudopododun protista zelulabakarrak
- Bentonikoak (Paleozoikotik gaur egunerarte)
  - Lagineko aglutinakor guztiak bentonikoak
  - Unilokularrak edo multilokular seriatuak
    1. Espiralatuek seriatuek bain ornamentazio gutxiago
    2. Espiralatuek bentonikoetan baino zilbor txikiagoa
  - Orokorrean planktonikoak baino handiagoak dira
  - Ganbara angulotsuak
  - *Rotaliina*

- Pareta kaltzitiko hialino ez porotsua
- Maskorrak itxura lantikular ez ganbila
- Triaskotik gaur egunerarte

1. *Orbitoididoak*

- i. Hazkunde orbitstegoa
- ii. Alde ekuatorial markatua
- iii. Goi kretazeokoak



2. *Nummulitidoak*

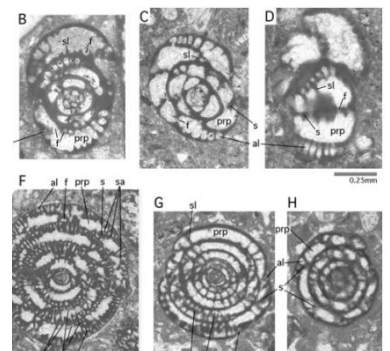
- i. Hazkunde planispirala (eboluto edo inbolutoa)
- ii. Plataforman bizi dira
- iii. Paleogenotik gaur egunerarte



- *Miliolina*

1. *Albeolinidoak*

- i. Pareta kaltzitiko portzelanakara
- ii. Hazkunde agatistego eta planispirala
- iii. Maskorrak itxura esferiko, lentikular edo fusiformea
- iv. Goi kretazeotik paleogenorarte

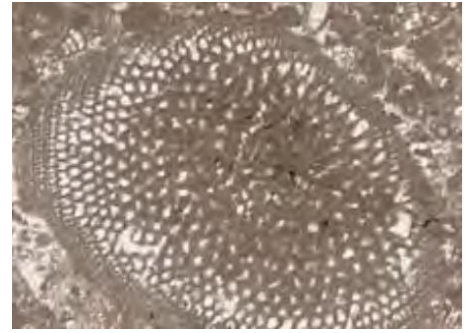


2. *Fusulinidoak*

- i. Pareta kaltzitiko mikroganularra
- ii. Hazkunde multiokular planispirala
- iii. Maskorrak itxura fusiforma
- iv. Siluriarretik permiarerarte

### 3. Orbitolinidoak

- i. Pareta aglutinakorra
- ii. Hazkunde multiokular uniseriatua
- iii. Maskorak itxura ahur ganbila
- iv. Jurasikotik paleogenorarte

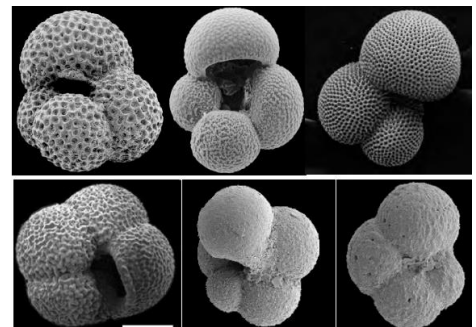


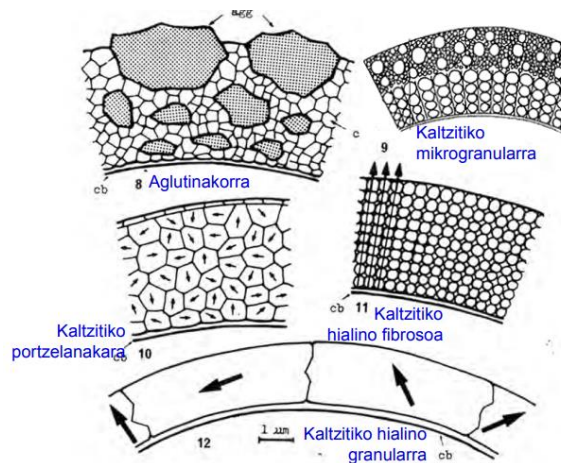
- Planktonikoak (Jurasikotik gaur egunerarte)
  - Aglutinakorrik ez. Pareta kaltzitiko hialinoa, edo aragonitikoa
  - Multilokularrak bakarrik; ez dago uniseriaturik
    - Biseriatu edo multiseriatuek ornamentazio gutxiago
    - Espiralatuek bentonikoetan baino zilbor handiagoa
  - Orokorrean bentonikoak baino txikiagoak
  - Ganbara globularrak (ez beti)
  - *Globigerinina*
    - Foraminifero planktoniko azpikorde bakarra
    - Pareta kaltzitiko hialinoa
    - Globo itxurako ganbarak
    - Jurasikotik gaur egunerarte

- 1mm eta 10cm artekoak
- Ugalketa sexuala zein asexuala urteko ilabete edo ilabete erdiko zikloetan.

- Dimorfismo ontogenikoa
- Gorputz protoplasmatikoa maskor batez babestuta: jatorri organikoa, baina mineralizatuta eta inguruneko partikulez osatua.

- Paretaren konposizioa:
  - Pareta aglutinakorra
  - Pareta kaltzitikoa
    - Mikrogranularra
    - Portzelanakorra
    - Hialinoa: fibroso edo granularra
  - Aragonitikoa
  - Silizezkoa

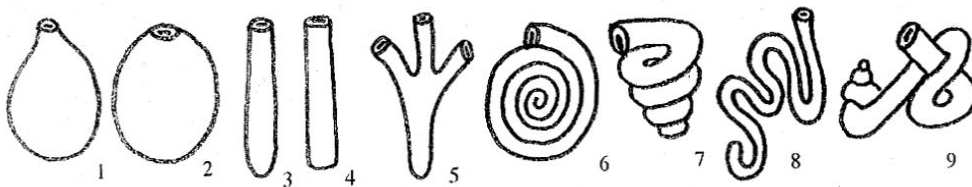




- Maskor porotsua eta barnean ganbarak sortzen ditu; ganbaran foramen zuloaren bidez konektatuta
- Morfologiarekiko sailkapena:

➤ Unilokularrak (ganbara bakarra)

- Oboidea
- Esferikoa
- Tubular zilindrikoa (irekidura bakarra)
- Tubular zilindrikoa (bi irekidura)
- Adarkatua
- Planispirala
- Trokospirala
- Irregularra
- Estrepstospirala



➤ Multilokularrak

- a. Planispiralak
  - Inbolutoak
  - Ebolutoak
- b. Trokospiralak
- c. Seriatuak
  - Monoseriatuak
  - Biseriatuak
  - Triseriatuak
  - Mixtoak
- d. Agatistegoa (miolinidoak)

- e. Ziklostegoa (anular diskoidala)
- f. Orbitostegoa (anular konplexua)
- Foraminiferoek erabilera biostratigrafikoa, paleoekologikoa, inguruaren azterketan eta industriala (erregai fosilak).

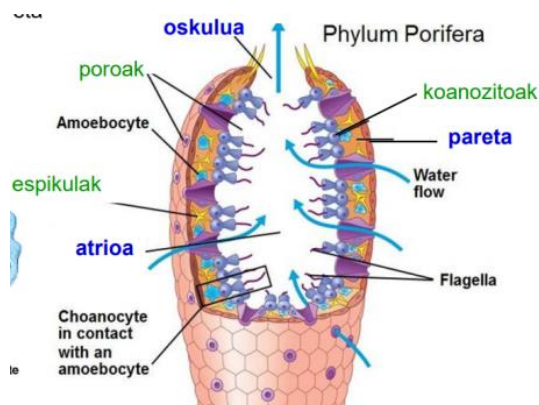
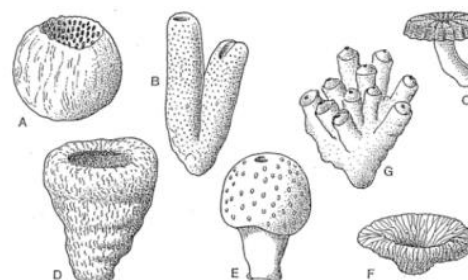
## EUKARYOTA DOMEINUA: ANIMALIA ERREINUA

- Porfiera filuma:

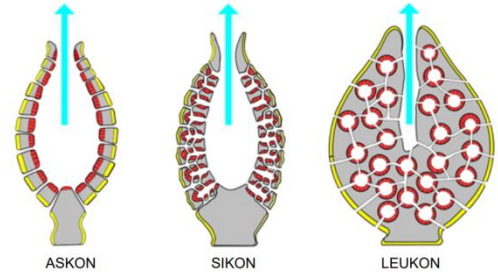
- Gorputza poroz beteta dutelako jasotzen dute izena
- Metazoo talderik sinpleena; ia protozoo kolonial bezala kontsideratu daitezke
- Asimetrikoak
- Uratarrak (Itsastar zein ur geza)
- Organismo bentoniko sezilak, fase larbarioan mugikorrak → hedapen geografiko handia
- Kanbriarretik gaur egunera

- Belakiak:

- Kanpo morfologia:
  - Inguruko energiak kanpo morfologia baldintzatu
    - a. Energia txikia: luze eta altu
    - b. Energia handia: txiki eta sendo
  - Individual zein kolonial
- Barne morfologia:
  - Oskuluak, atrioak eta paretak oinarrizko morfologia → zaku itxura
  - Zelula espezializatuak:
    - a. Pinakozitoak: paretak
    - b. Esklerozitoak: espikulu jariatu
    - c. Porozitoak: uzkingarriak
    - d. Koanozitoak
  - Barne antolaeraren arabera hiru mota berizten dira:
    1. Askon



- 2. Sikon
- 3. Leukon

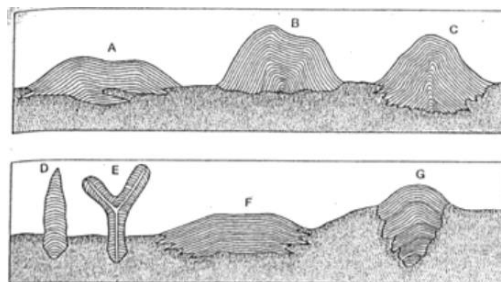


- Maskorrik izan ez arren eskeleto mineralizatua izan dezakete → silize edo kaltzitazko espikulak
- Batzuek entobia biohigadura eragiten dute



○ *Estromatoporidoak:*

- Eskeleto karetsua jariatzen
- Forma inkrustatuak edota adarkatuak
- Barne antolaera → xafalak eta zutabeak
- Kanpo antolaera → mameloiak eta astorizak
- Itasoko urk ez oso sakon eta apeletan
- Kanbriarretik kretazeorarte

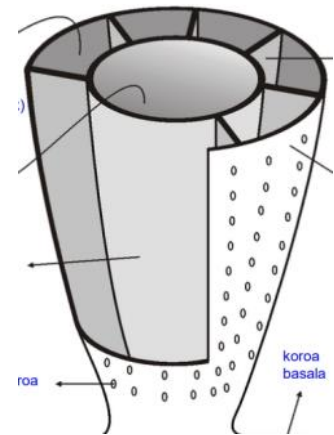


○ *Arkeoziatok:*

- Izenak antzinako kopa deritzo
- Kaltzio karbonatozko eskeletoa
- Tamaina ohikoa: 2cm diametro eta 8cm altu
- Forma kolonialak zein bakartiak
- Organismo bentoniko sezilak
- Plataformako ur ez sakoneko zonalde epeletan
- Morfologia:



- Eskuetoa edo kaliza bata bestearen barnean sartutako kono pare batez osatua dago, barne eta kanpo paretak osatuz
- Septo erradialek barne eta kanpo paretak elkartzen dituzte
- Barneko zein kanpoko paretak poroak ditu
- Inguruko energiaren eragina morfologian:



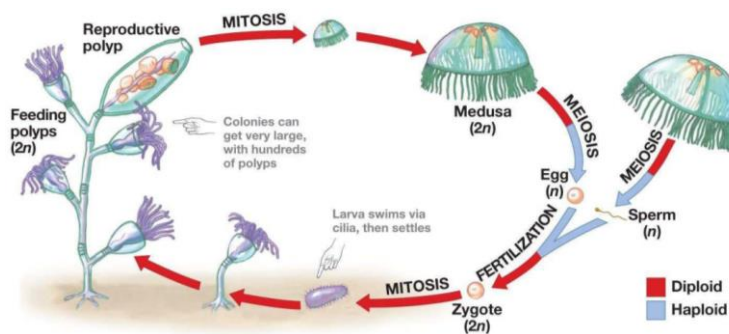
- Energia handia: biribila, pareta zabal eta poro txikiak
- Energia txikia: forma liraina

- Kanbriarrekoak

• Cnidaria filuma:

○ *Knidaridoak:*

- Talde honetakoek zelula erresumingarriak dituzte (pozoidunak) → knidozito
- Koralak, marmokak, anemonak etab.
- Benetako ehunak dituzten metazooak
  - Diploblastikoak: mesogelaz bereizitako bi zelula geruza
- Ugalketa sexuala eta asexuala
- Fase larbario mugikorra eta planktonikoa



- Forma bakartiak edota kolonialak
- Urtarrak (gehienak itsastarrak)
- Aurrekanbriarretik gaur egunerarte
- *Cubozoa klasea*



- **Ezifozoak**

- Mesogela beste knidaridoek baino garatuago
- Itsastarrak soilik
- *Konularidoak*

- Maskor koniko laminatua

- Kanbriarretik triasikoarte

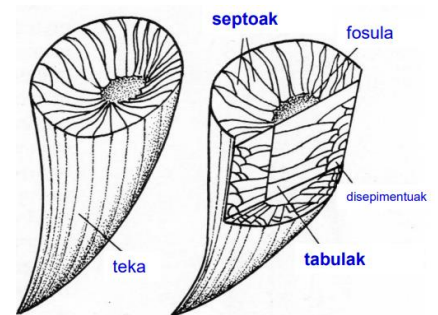
- **Hidrozoak**

- Ur gazi zein gezakoak
- Mesogelan ez dute inolako zelula osagarririk
- Kolonialak zein indibidualak
- Kanbriarretik gaur egunerarte



- **Antozooak**

- Karbonato kaltzikozko eskeletoa jariatu dezakete
- Kolonialak eta indibidualak
- Aurrekanbriarretik gaur egunerarte
- Itsastarrak, bentonikoak eta sezilak
  - Ez dute marmoka faserik → fase nektonikorik ez
  - Pilopo fasea → fase panktonikoa



- *Octocorallia* (zortzi garro dituzte)

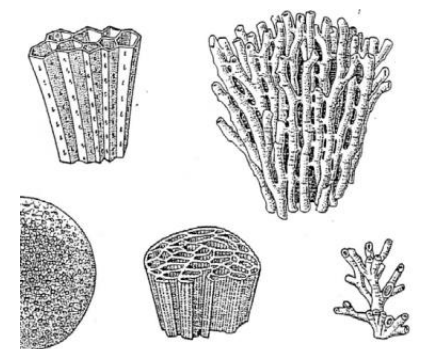
- Korral bigunak, gorgoniak, itsas lumak eta korral urdinak
- Gehienak kolonialak

- *Hexacorallia*

- Itasoko anemonak eta benetako anemonak
- Kolonial zein indibidualak

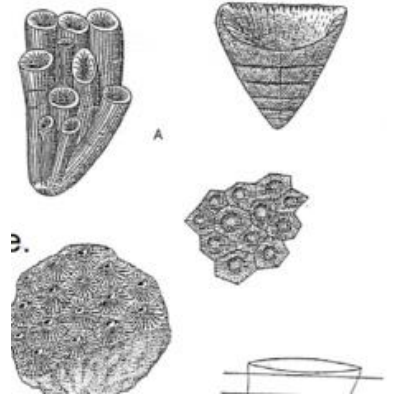
- 1. *Tabulata*

- Kolonietatik soilik bizi
- Septurik ez
- Korralito txikiak baina kolonia handiak
- Ordoviziarretik permiarrearte



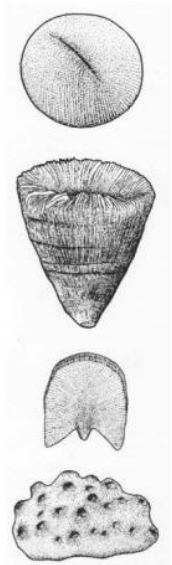
## 2. Rugosa

- i. Korral zimurtsu kolonial edo indibidualak
- ii. Ontogenian zehar septuak hazten dira: septo nagusiak lauko serietan, eta sekundarioak haien artean txertatu
- iii. Paleozoikoko bioestratigrafian eta paleoekologian erabilera
- iv. Ordoviziarretik permiarrearte



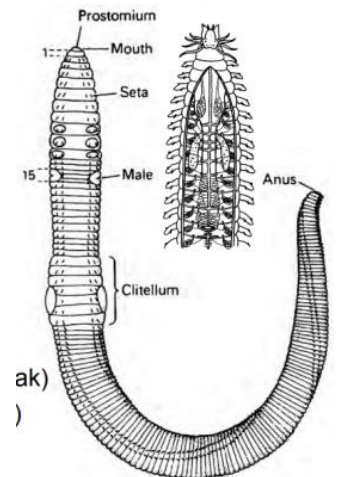
## 3. Scleractina

- i. Kolonialak edo indibidualak
- ii. Ontogenian zehar septuak seiko serietan antolatzen
- iii. Erabilera paleoekologikoa eta bioestratigrafikoa



## • Annelida filuma:

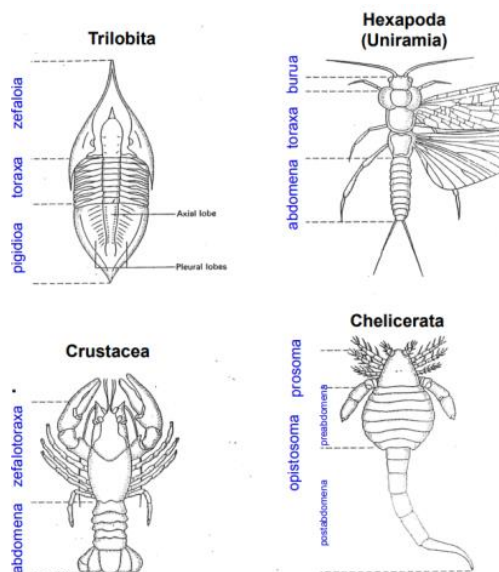
- Gorputza hiru lobulu/segmentutan dute banatuta:
  - Lobulu zefalikoa, protostoma → burua
  - Soma → gorputza
  - Pigidioa → uzkia
    - a. Burua eta uzkiaren banaketa koplexutasunaren adierazle
- Ketoak eraztunen alde banatan egon daitezkeen egiturak
  - *Oligogetoak* → keto gutxi → lurtarrak
    - a. Erregistro fosilean oso urriak (moldetan askojota)
  - *Poligogetoak* → keto asko → urtarrak
    - a. Erregistro fosilean ugariak (serpulido tutuak)
    - b. Ahoan egitura kaltzifikatuak
- Bioturbazioa eragiten dute
- Aurrekanbriarretik gaur egunerarte





- Arthropoda filuma:

- Gorputza segmentatuta eta hanka artikulatuak
- Urtarrak zein lehorrekoak
- Gaur eguneko espezierik zabalena da
- Apendizedunak:
  - Unirramioak → lokomozioa dute
  - Birrarioak → lokomozioa eta arnasketa dute
- Aurrekanbriarretik gaur egunerarte
- Gorputza hiru zatitan:
  - Burua
  - Toraxa
  - Abdomena
- Aldebiko simetria
- Ugalketa sexuala
  - Dimorfismo sexuala
  - Metamorfosia
- Muda bidezko kitinazko exoeskeletoaren hazkuntza
  - Karbonatozko exoeskeletoa izanez gero → fosilizazioa

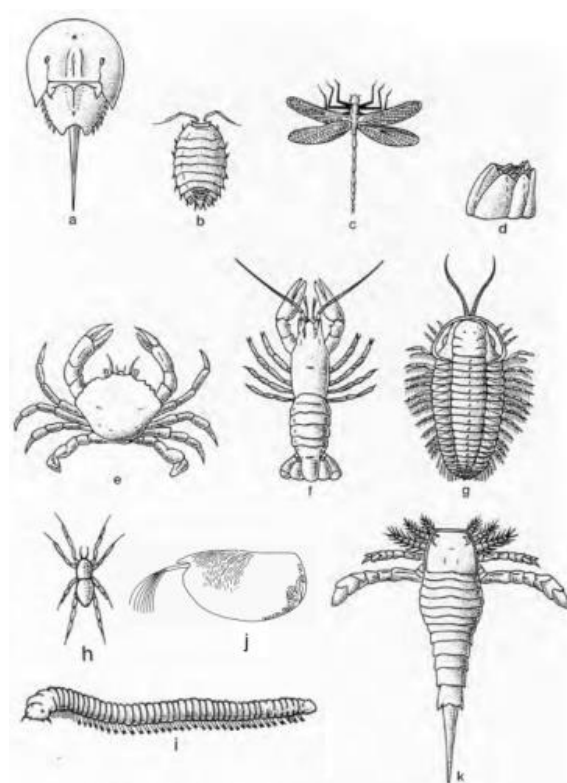


- *Uniramiak:*

- *Miriapodoak (i)*
- *Hexapodoak (c)*

- *Cheliceratak:*

- Ez dute antenarik
- Kelizeroak eta pelipalpoak
- *Euripteridoak (k)*
  - Itsas eskorpioiak
  - Ordobiziarretik permiarrearte
- *Xifosuroak (a)*
  - Lapiko karramarroak
  - Kanbriarretik gaur egunerarte
- *Araknidoak (h)*



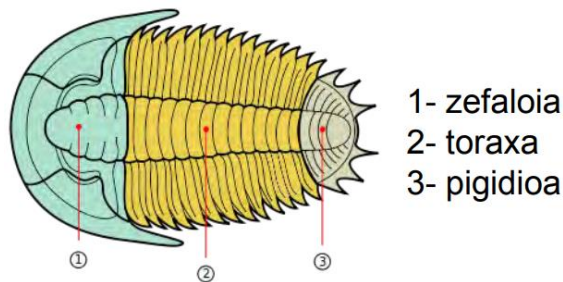
- Armiarmak, kaparrak, akaroak eta eskorpioiak
- Devoniarretik gaur egunerarte

○ *Crustacea*:

- Kanbriarretik gaur egunerarte
- *Malakostratuak (b, e eta f)*
  - Karramarroak, otarrainak eta kukurutzak (" bitxo bola")
- *Zirripedoak (d)*
  - Balanidoak eta lanpernak (perzebeak)
  - Inkrustakorrak
- *Ostrakodoak (j)*
  - Erabilera paleoekologikoa

○ *Trilobitak (g)*:

- Izenak "hiru lobulu" esan nahi du
- Kanbriarretik permiarerarte
- Morfologia:



■ *Trilobita azpimunita*

**I – zefaloia**

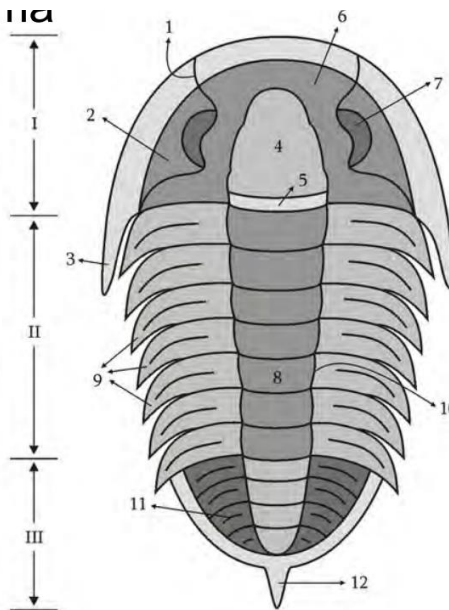
- 1- joskura lerroak
- 2- librigena
- 3- arantza/angelu genala
- 4- glabela
- 5- eraztun okzipitala
- 6- fixigena
- 7- begia

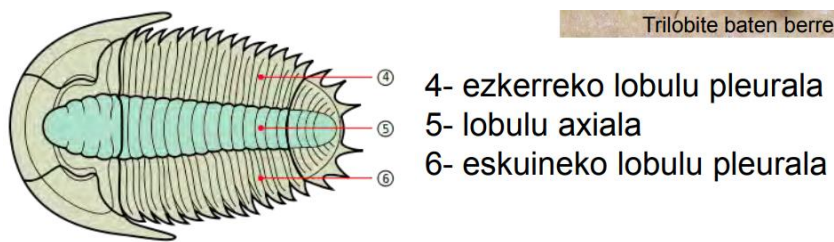
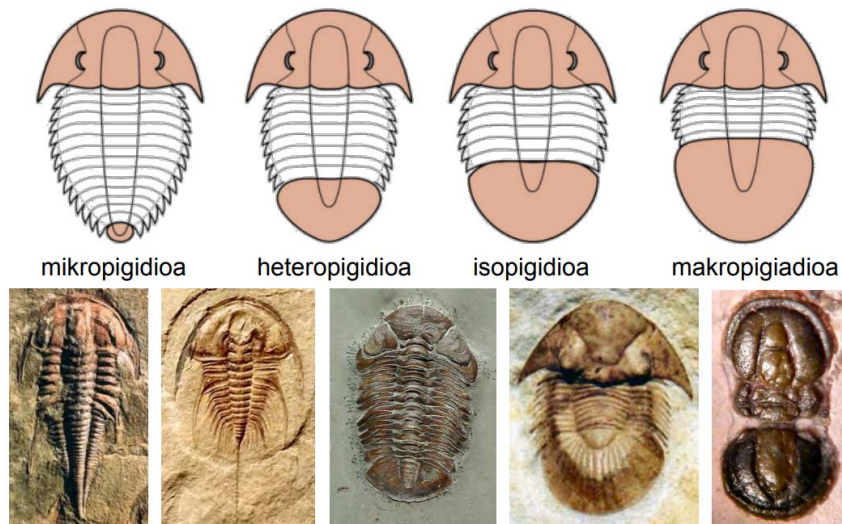
**II – toraxa**

- 8- errakisak
- 9- pleurak
- 10- ildo dortsala

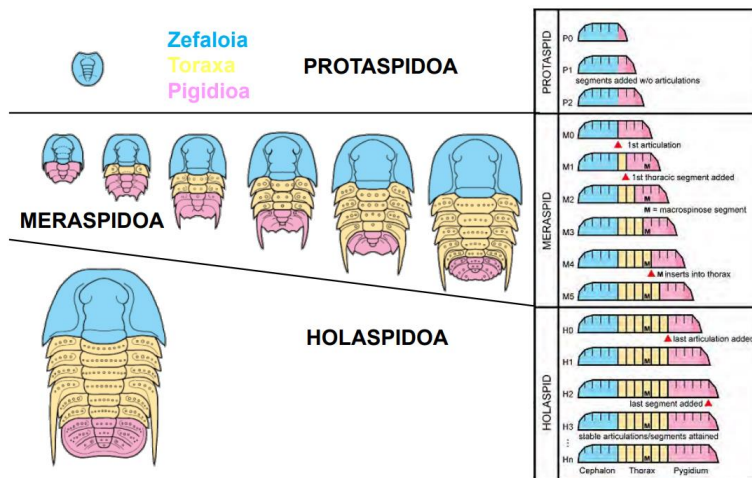
**III – pigidioa**

- 11- ornamentazioa
- 12- isats arantza





- Hazkuntza ontogenikoari dagokionez:



- Erabilera etologiko, bioestratigrafikoak eta paleobiologikoak

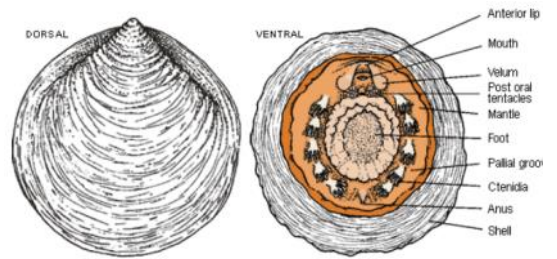
- Mollusca filuma:

- Oin gihartsua izan dezakete
- Kitinazko aparatua ahoan → erradula
  - Bibalioek eta eskafopodoek ez
- 0,5mm-tik 20m-rako tamaina tartea har dezakete
- Urtarrak zein lehorrekoak

- Kanpo edo barne maskor karetsua
  - Gastropodo batzuek ez
- Kanbriarretik gaur egunerarte

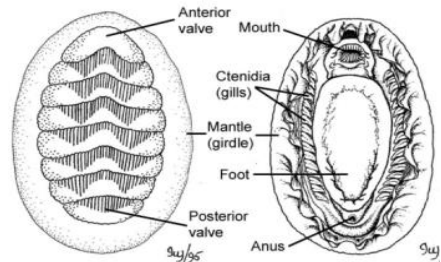
○ *Monoplacophora klasea*

- Maskor koniko bakarra
- Kanbriarretik gaur egunerarte



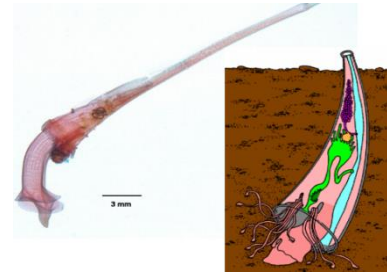
○ *Polyplacophora klasea*

- Artikulaziodun plaka teilakatuak ( $\pm 8$ )
- Itastarrak (kostalde)
- Kanbriarretik gaur egunerarte



○ *Scaphopoda klasea*

- Plataforma aldeko itsastarrak
- Pala itxura
- Ordobiziarretik gaur egunerarte



○ *Gastropoda klasea*

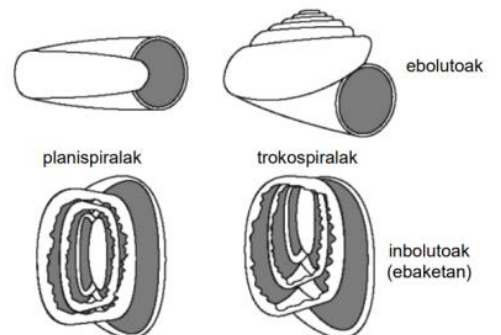
- Urtarrak zein lehorrekoak
- Pieza bakarreko maskor karetsua izan dezakete (zatiketarik gabekoa) Irekiduran ➔ Operkulua
  - Guztiak ez dira karetsuak
  - Espezieren batek burdin sulfuroko geruza ekoiztu
- Maskorraren morfologiaren arabera bi mota bereizten dira:

➢ Planispiralak:

- Plano batean zehar garatzen da maskorraren hazkuntza

➢ Trokospiralak:

- Hazkuntza 3 dimentsioetan espiralki garatzen da; hauen barne moldearen kontserbazioa ohikoa da



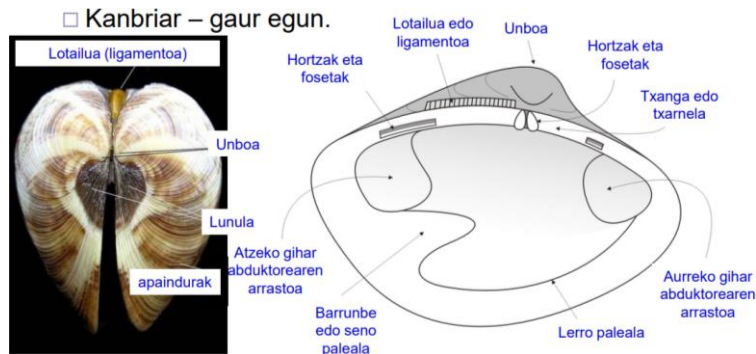
- Kanbriarretik gaur egunerarte

○ *Bivalvia klasea*

- Filtratzaileak direnez ez dute erradularik (ahoko aparatua)



- Lurreko animaliarik zaharrena (adina) bivalbio bat zen, 507 urtetakoa
- Kanbriarretik gaur egunerarte



- *Hippuritoida ordena*
  - *Errudistak*
    - Jurasikotik kretazeorarte

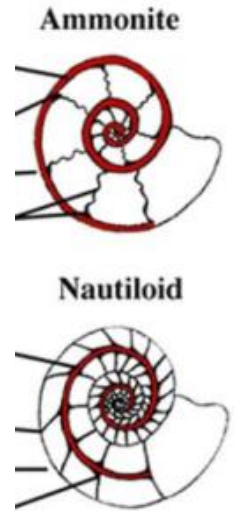
○ *Cephalopoda klasea*

- Itsastar nektonikoak
- Erradula eta mokodunak
- Garroetan bentosak eta kakoak
- Tabikatutako eskeletu karetsua izan dezakete
- Kanbriarretik gaur egunerarte
- *Orthoceratoidea*:
  - Maskor ortokontoak, apaindura gabe eta joscura lerro sinpleekin
  - Sifoia paretaren erdian barrurantz orientaturik
  - Ordoviziarretik permiarrearte

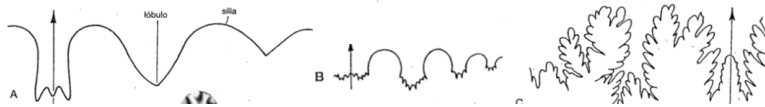


- *Coleoidea*:
  - Barne maskorra izan dezakete
  - Hauetako erregistro fosileko ezagunena ➔ *belemnitidak*
    - *Belemnitidak*: Devoniarretik kretazeorarte
  - Kanbriarretik gaur egunerarte
- *Nautiloidea*:
  - Ornamentazio gabekoak, joscura lerro sinpleak eta sifoia paretaren erdialdean eta barrurantz orientatua. Paretak bizi ganbararekiko ahurrak
  - Kanbriarretik gaur egunerarte

- *Ammonoidea*:
  - Ornamentazioa izan dezakete, joscura lerro konplexuak eta sifoiak alde bentranean edo dortsalean
  - Joscura lerroetan 3 mota:
    1. Goniatite
    2. Ammonite
    3. Zeriaticite



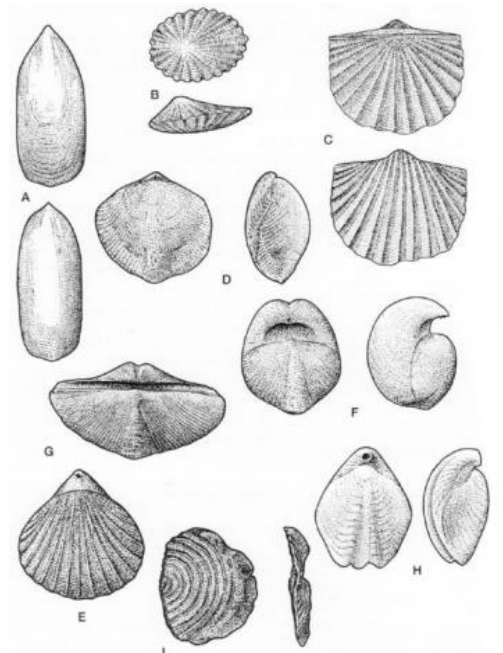
□ Joscura lerroak: goniaticite (A), zeriaticite (B) eta ammonite (C).



- Devoniarretik kretazeorarte

- Branchiopoda filuma

- Kuskuetako batean duten pedunkuluaren bidez sustratuari lotuta → bentonikoak
- Kuskua bat beste baino handiagoa
- Barne morfologiari dagokionez:
  - Lofoforoa: Arnasketa eta ehizaz arduratzen den aparatua
  - Brakidioa: lofoforoaren euskarri karetsua (denek ez dute)
- Saillkapenari dagokionez:
  - *Inarticulata*
    - Linguilidoak (a)
    - Akrotretidoak (b)
  - Artikulata
    - Ortidoak (c)
    - Pentameridoak (d)
    - Rinkonelidoak (e)
    - Atripidoak (f)
    - Espiriferidoak (g)
    - Terebratulidoak (h)
    - Estrofomenidoak (i)
- Kanbriarretik gaur egunerarte



- Bryozoa filuma:

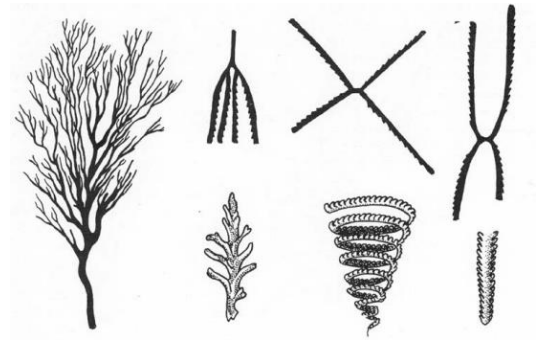
- Goroldio animaliak
- Urtarrak eta sezilak
- Zooide bakarra → 1mm

- Zoarioak (koloniak) < 1m
- Lofoforoa: garro multzoa
- Atal bigunak eta eskeleto karetsuak dituzte
- Goi kanbriarretik gaur egunerarte



- Hemichordata filuma:

- Ez dute benetako notokordatarik baina chordata filumeko izakiekin erlazionatzen dira
- Erregistro fosilean → *Graptolithina* klasea
  - *Graptoliteak:*
    - Kanbriarretik karboniferorarte

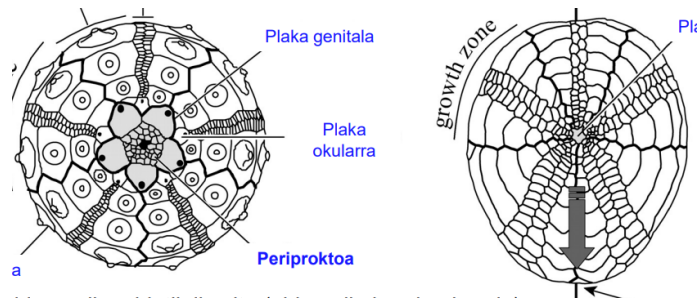


- Echinodermata filuma:

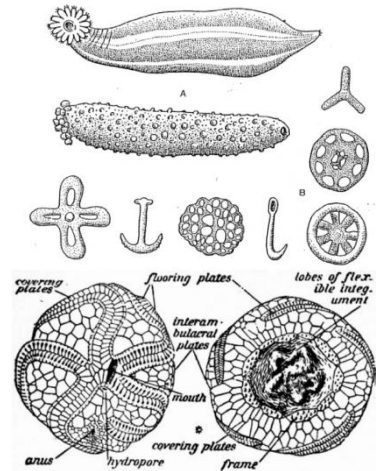
- Itastar bentonikoak, bai sezil zein mugikorak
- Sistema anbulakralarraren bidez arnasketaz, elikaduraz eta lokomozioaz arduratzen dira
- Eskeletoa kaltzitazko monokristalez osatua dute
  - Sistema pentamero erradiala
- Kanbriarretik gaur egunerarte

- *Echinozoa*

- *Echinoidea* klasea (Itsas trikuak)
  - Plaka madreporikoa eta sistema abulakrala
  - Peristoma → ahoa
  - Periproktoa → uzkia
  - Ordobiziarretik gaur egunerarte
  - Morfologia:
    1. Erregularrak
      - Simetria parametro erradiala
      - Periproktoa erdialdean
      - Ordobiziarretik gaur egunerarte
    2. Irregularrak
      - Simetria pentameroa → bilateral gainjarrita
      - Periproktoa ez dago disko apikalean
      - Jurasikotik gaur egunerarte



- *Holothuroidea klasea* (Itsas pepinoak)
  - Gorputza plakez babestuta edo esklerito gorpuzkiz
  - Ordoviziarretik gaur egunerarte
- *Edrioasteroidea klasea*
  - Ondo beriztutako bost anbulakro
  - Ahoa alde apikalean (goian)
  - Uzkie albo aldean



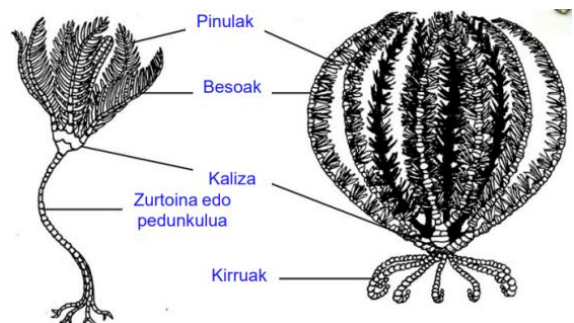
○ *Asterozoa*

- *Asteroidea eta ophiuroidea klasea* (Itsas izarrak)
  - Peristoma behekaldean
  - Periproktoa goikaldean
  - Ordobiziarretik gaur egunerarte



○ *Crinozoa*

- *Crinoidea klasea* (Itsas liriokoak)
  - Peristoma goikaldean
  - Zurtoina edo pedunkulua giltzarteekin
  - Bentonikoak; sezilak zein mugikorak

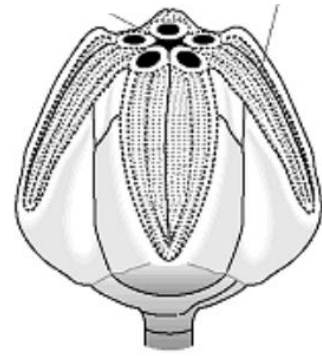




- *Blastozoa*

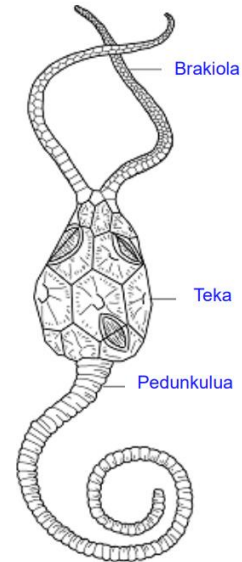
- *Blastoide klasea*

- Peristoma eta periproktoa goikaldean
- Siluriarretik permiarrrarte



- *Cystoidea klasea*

- Pedunkulua bai edo ez
- Bi brakiola baino gehiago beharbada
- Kanbriarretik devoniarrrarte

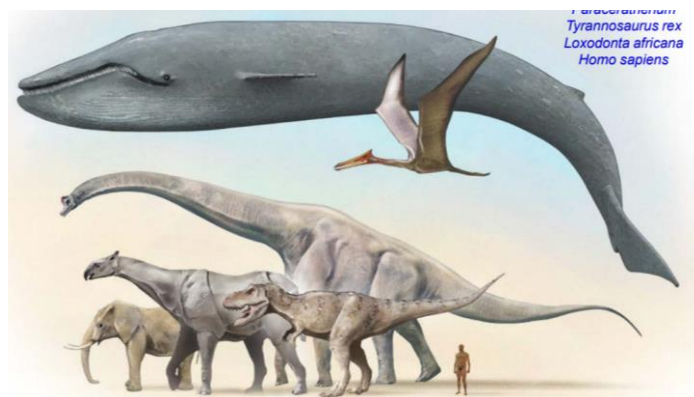


- Chordata filuma:

- Filum honetako espezieek duten ezaugarri amankomuna → notokordata
- Kanbriarretik gaur egunerarte

- *Vertebrata*

- Ornodunek osatzen dute talde hau



- *Konodontoak*

- Fosfato kaltzikoa
- Ez daude sailkapen taxonomiko zehatz batean kokatuta
- Aparatu konodontala dute

- CAI (Conodon Alteration Index) indizea 3 baino gehiago bada, ez da hidrokarburorik aurkituko azterketa egiten hari den inguruan
- Gaur egungo lanprien oso antzekoak



## **8. Paleozoikoko fauna itsastarra**

Kanbriarra hasi aurretik, duela 650 m.u. gutxi gorabehera, aurretik zegoen ediacarako fauna suntsitu egin zen eta estromatolitoetako zianobakterioak zein akritarkoak kaltetuak izan ziren.

Kanbriarraren hasieran eman zen eztaandaren eskutik fauna ebolutibo berria agertu zen: brankiopodoak, bibalbioak, trilobiteak... Dena den, goiz zein behe kanbriarrean ere suntsipenak eman ziren. Goi kanbriarrekoan *Arkeoziatok* ddesagertu ziren adibidez.

Paleozoikoko fauna itsastarra:

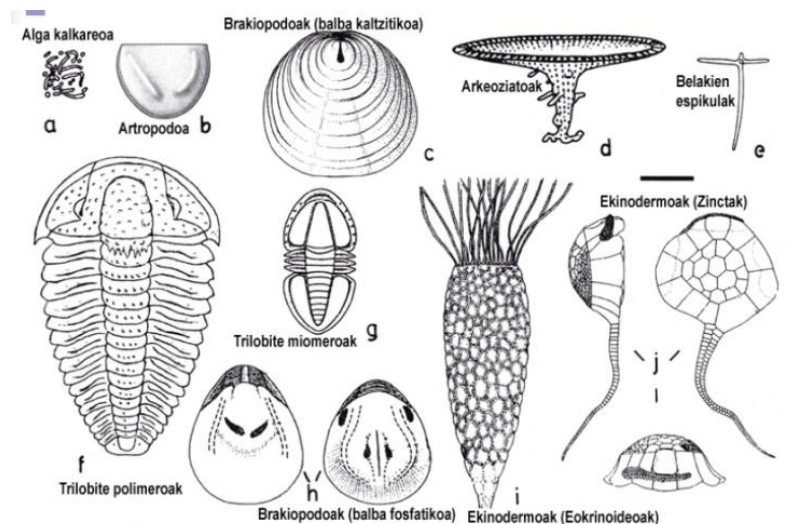
- Estromatoporidoak
- Korral tabulatu zein zimurtsuak
- Briozooak
- Lehen ornodunak
- Brankiopodo artikulatuak
- Zefalopodoak
- Graptoliteak
- Ekinodermatu pedunkulatuak

### **PALEOZOIKOKO GERTAERA NAGUSIAK: ordoviziarretik permiarrera**

Ordoviziarreko ornodunen erradioazioaren ondorioz ppaleozoikoko fauna itsastarra finkatzen hasi zen.

Bestetik, aurretik zegoen kanbriarreko fauna itsastarrarekin konparatuz, hedapen eta konplexutasun handiagoa dago, biotipo eta estrategia trofiko gehiago agertzen baitdira. Hemen, nahiz eta fauna makroskopiko nektonikoa ugarituko den (graptolite, zefalopodoak, arrainak...), oraindik ugariena fauna planktonikokoak zein bentonikokoak dira (brankiopodo, belaki...). Gainera, sedimentuen biotubazioa txikia izaten jarraitzen du.

Arrezife bioeraikitzaileen artean briozooak, estromatoporidoak eta kolar zimurtsu zein tabulatuak daude.



Arrainak ordoviziar eta siluriarraren artean sortutako lehen ornodunetarikoak izan ziren. Hauxe 5 kasetan banatzen da:

1. *Agnatoak*: Barailarik gabeko arrainak
2. *Gnatostomatuak*: Barailadun arrainak
  - a. Kondriktioak: marrazoak, arraiak eta kimerak; arrain gnatostomatuen artean primitiboak.
  - b. Akantodioak
  - c. Plakodermoak
  - d. Osteiktioak: Tetrapodoen aintzindariak

## **9. Meozoikoko eta zenozoikoko fauna itzartarra**

Hauexek dira talde nagusiak:

1. Porfieroak
2. Briozooak
3. Bibalbioak
4. Gastropodoak
5. Krustazeo malakostrazeoak
6. Ekinodermatu ekinoideoak
7. Koral eskleraktinidoak
8. Anelidoak
9. Arrain kondriktioak
10. Arrain osteiktioak
11. Ornodun lehortar batzuk

Garai hauetan bioturbazioa ugartu, harrapakari-harrapakin erlazioa koplexuagotu eta detritu-jaleak nagusi dira. Bestetik, ur azaleko komunitate ordezkapena ematen da.

# 10. Paleontologia ebolutiboa

## ERREGISTRO FOSILAREN GARRANTSIA

- Iraganeko bizidunak nolakoak ziren jakiteaz gain, denboran zehar emandako eboluzio zein suntsipen prozesuak jarraitzeko aukera.
- Prozesu ebolutiboak denbora-tarte luzean aztertzea ahalbideratzen du.
- Errepikatzen diren modelu ebolutiboen berri eman.

## MIKROEBOLUZIOA ETA MAKROEBOLUZIOA

- *Mikroeboluzioak* espezie jakin baten parte diren intibiduen arteko desberdintasunak aztertzen ditu. Mutazio, deria genetiko edota errekonbinazio genetikoaren bidez emandako aldakortasun istraespezifikoa aztertzen ditu. Biologia ebolutiboaren bidez aztertzen da, maiztasun genetikoaren eta fenotipoaren agerpenaren arteko erlazioak ikertuz.
- *Makroeboluzioak* aldaketa ebolutiboak maila espezifiko (espezie berrien sorrera) edota supraespezifikoetan (genero, familia...) aztertzen ditu. Holako bat emateko mikroeboluzioaren garapen luze bat eman behar da; ez da bat-batean ematen den gauza bat.

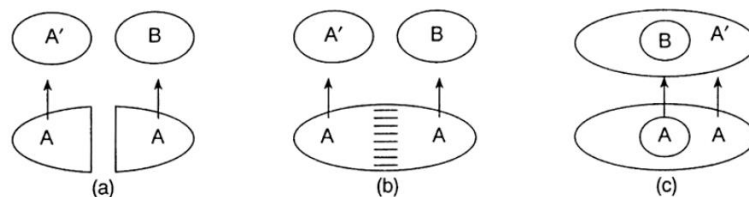
Hauxe paleontologian dagoen erreminta garrantzitsuebaren bide soilik azter daiteke: erregistro fosila.

Aurreko bi prozesuen ondorioz espeziazio deritzon prozesu bat agertzen da. Honakoan, gene multzo berdina duten eta ondorengoak ematen dituzten indibiduo multzo desberdinak sortzen dira → espezieak.

Hiru espeziazio mota ageri dira:

1. *Alopatrikoa* (a): espezie baten bereizketa/banaketa geografikoa bidez ematen da, bi espezie desberdin ostuz.
2. *Peripatrikoa* (b): Inguru geografiko berdineko muturreko bi ekosistema desberdinetan aprobetxatzean ematen diren emaitzako bi espezie.
3. *Sinpatrikoa* (c): Ekosistema barneko bi nitxo ekologiko desberdinetan garatzearen emaitzako bi espezie desberdin.

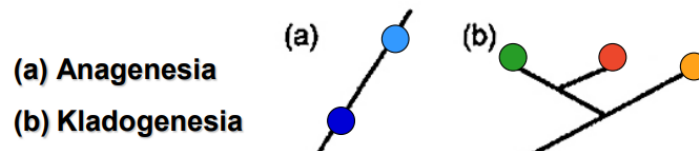
**Espeziazio-motak: alopatrikoa (a), peripatrikoa (b), eta sinpatrikoa (c)**



Gainera, paleontologian, espeziazio bidez ematen den bereizketa prozesuen garapenerako bi teoria dira nagusi:

1. *Anagenesia*: Bereizketa liniala, zeinetan ondorengoak arbasoa ordezkatzen duen.
2. *Kladogenesisia*: Arbasoa den espezieetik ondorengo bi (edo gehiago) agertzen dira linea filetikoa erren adarkapena emanez.

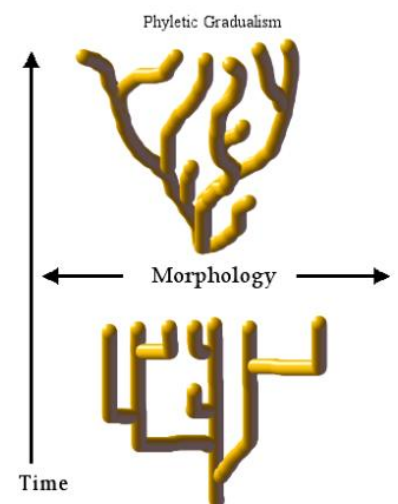
Bi prozesu hauek, espeziazioaren iraupena, espeziearen iraupena eta maiztasunaren bidez beritzen dira.



### EREDU EBOLUTIBOAK

- *Gradualismo filetikoa*: Populazioen aldaketa gradual eta jarria
- *Oreka taiduna*: Aldaketa ebolutiboak bat batean ematen dira estasi aldien artean.

Erregistro fosilean egindako azerketen arabera, nahiz eta eredu ebolutibo desberdinak behatu diren, ohikoena oreka taiduna da.



### ONTOGENIA ETA FILOGENIA

- *Ontogenia*: Organismo baten garapena deskribatzen du, embrioitik hasita organismoaren heldutasuneraino.
- *Filogenia*: Organismo talde baten garapen ebolutiboaren historia deskribatzen du.
- *Heterokronia*: Lerro ebolutibo bereko espezie ezberdin biren artean garapena denbora eta erritmo desberdinean ematea.

### TENDENTZIA EBOLUTIBOA

Lerro ebolutibo jakinean denbora geologikoan zehar norabide jakinean emandako aldaketa morfologikoa/k.

### BIZITZAREN HISTORIAKO GERTAKARI NAGUSIAK

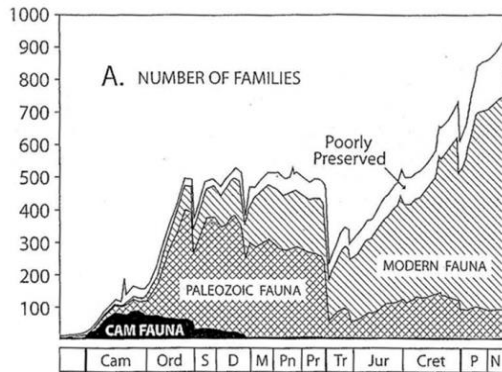
1. Bizitzaren sorrera
2. Eukariotoen eta ugalketa sexualaren agerpena
3. Bizidun multizelula makroskopikoen agerpena

4. Eskeletuaren agerpena
5. Predazioaren agerpena
6. Arrezife biologikoak
7. Lehorraldeko konkista
8. Zuhaitz eta basoen agerpena
9. Fauna hegalarrien agerpena (inguru aeroaren konkista)
10. Ezagutza zein kontzientziaren agerpena

## **10. Dibertsifikazio eta suntsipenak**

### **BIODIBERTSITATEA**

Biodibertsitate terminoak, lurrean edo lurreko erreuren batean dauden garai zehatz bateko organismo taxoi kopuruari egiten dio erreferentzia. Fanerozikoko



biodibertsitateari buruzko lehen lanak J. Phillips eta A. d'Orbigny-k burutu zituzten.

Gainera, egindako ereduetan honako patroia jarraitzen duten adierazpen grafikoak ageri dira: Hazkuntza garai bat punta formako gorabeherekin eta alboko hazkuntza garaiarekin bereizten duen biodibertsitate jeitsiera handi bat (suntsipen masibo bat litzakeena). Hauxe landare, fauna itsastar zein

lehortarrean egindako azterketetako adierazpenetan ageri da. Laburbilduz:

1. Dibertsitate gutxiko hasierako aldia
2. Erradiazio azkarra + estabilitate aldia
3. Murrizketa dibertsitate jeitsiera azkarra eta bortitza

Dibertsifikazio-tasa altua eta azkarra eman zen Ordibiziar eta K/T edo K/Pg muga ostean (erradiazio prozesuak). Gainera, kanbriar osteko fauna modernoaren biodibertsitate handitzen joan da fanerozoikoan zehar, zeina aldatuz doa suntsipen masiboen bitartez.

Dena den, biodibertsitatea aztertzeke zeinbait arazoekin egin genezake topo:

- Laginketan ematen diren arazo taxonomikoak
- Oraindik datu base palontologikoa egokia ez dela
- Talde internazionalen elkarlan egin beharra

### **SUNTIPENAK ETA HAIEN ERABILERA**

Zenbait azterketa paleobiologiko egin ostean, eta biodibertsitate datuak batu eta interpretatuz zenbait ondorio atera ahal izan dira:

- Bizitzaren historian zehar sortutako espezie gehienak desagertuta daude gaur egun.
- Espezie baten suntsipenak eta beste baten agerpenak bi arroken arteko korrelazio estratigrafikoak egitea ahalbidetzen du.
- Gertaera biotikoen zergatia aztertu behar den bezalaxe, suntsipen masiboen ikerkuntza ezinbestekoa da eboluzioa interpretatzeko



- Iraganeko suntsipen gertaera nagusiak eta hauen balizko zergatiak aztertzea onuragarria izan daiteke ere egungo biodibertsitatearen krisia interpretatzeko orduan eta horren aurreko erabakiak hartzeko orduan.

Bestetik, suntsipen motei dagokienez bi mota ageri dira: *sasi suntsipena*, zeinak maila taxonomiko txikian aztertzen den, adibidez, ingurune aldakorra, espezieen arteko leia edo izurriteak izanik aragile nagusiak; eta suntsipen terminala, zeina azkarra, globala eta elkarrekin erlazionaturk ez dauden bizidun ugari pairatzen duten, biomasa ugari desagertaraziz. Saillkapen eran:

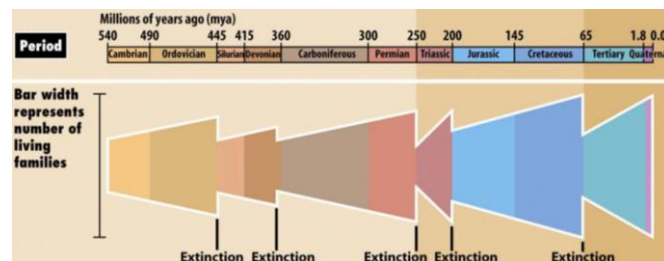
- Sasi suntsipena:
  - Eredu ebolutibo anagenetikoa jarraituta
  - Eredu ebolutibo kladogenetikoa jarraituta
- Suntsipen terminala:
  - Masa suntsipen graduala
  - Masa suntsipen mailakatua
  - Masa suntsipen katastrofikoak

Biodibertsitate azterketetan gertatzen den lez, suntsipenen azterketetan era zenbait arazo ageri dira:

- Erregistro sedimentarioko etenguneak
- Suntsipen batek gradualagoa dirudi zenbat eta maila taxonomiko altuagoa kontsideratu (alderdi taxonomikoak)
- Taxoien banaketa bioestratigrafikoari buruzko zehazgabetasuna eta datu falta (alderdi kronologikoa)

Historia geologikoan 5 estintzio masibo nagusi eman dira:

1. Ordoviziar – Siluriar tartean (445 m.u.)
2. Devoniar – Karbonifero tartean (360 m.u.)
3. Permiar – Triasiko tartean (250 m.u.)
4. Triasiko – Jurasiko tartean (200 m.u.)
5. Kretazeo – Paleogeno tartean (65 m.u.)



Suntsipenen zergatia endogenoa (itsas maila aldaketak, aldaketa paleoklimatikoak, plaken tektonika, bulkanismoa...) edo exogenoa (gorputz extralurtarren kolpaketa, eguzki erupzioak...).