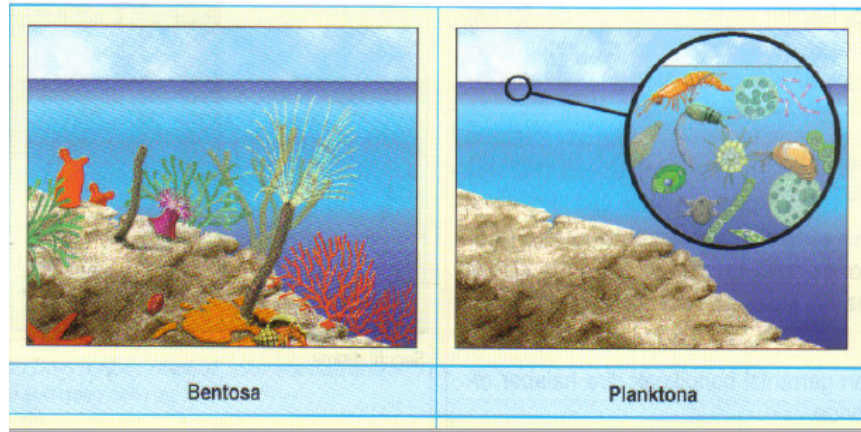


## 8.GAIA: UR- MIKROBIOLOGIA

### **UR SISTEMAK**

Ur sistemek planetaren gainazalaren 70%a dira eta bertan, ekoizpen primarioaren zonalde garrantzitsuenetarikoa aurkitzen da, zeina planetaren erdia baino gehiago okupatzen duen. Ur sistemak hiru zonalde ezberdinetan bereziten dira (nektonikoa ez da azalzten):



- ✓ Ingurune planktonikoa: Ur zutabeen bizi diren mikrobio-komunitateak lau dira
  - Organismo fotoautotrofoak: *Fitoplanktona*; alga eta prokarioto fotosintetikoak (zianobakterioak, bakterio fototrofo berdeak eta purpurak). Organismo hauek makroskopikoak edo mikroskopikoak izan daitezke. Hauen artean fotosintetizatzaile oxigeniko eta anoxigenikoak (bakterio gorri eta berdeak) egongo dira.
  - Prokarioto kimiotrofoak: *Bakterioplaktona*. Bakterio eta arkeo kimiorganotrofo eta kimiolitotrofoak. Bakterioplakton hitza oraindik erabiltzen da baina guk badakigu bertan prokariotoak eta arkeoak sartzen direla. Hauen artean kimiorganotrofoak eta kimiolitotrofoak aurkitzen dira.
  - Protozoak: *Zooplaktona*. Gehiena makroskopikoa da baina badago mikroskopikoa ere bai. Protozooak dira ugariak.
  - Birusak: Birus ugari daude Sistema ezberdinetan.
- ✓ Ingurune bentonikoa: Bentosa ur zutabea eta zorupe mineralaren arteko trantsizio gunea ( interfasea) da.
- Lurraren ekosistemarik garrantzitsuenetarikoa da, izan ere, planetako biomasaren 50% da.
- Ingurugiro fisikoki egonkorra da: Bertan ur nahasteak ez du ia eraginik eta argiaren eragina garrantzitsua izan daiteke. Hemen sakontasuna ez da hain handia eta beraz, baliteke zenbait mikroorganismo fototrofo egotea.
- Mikroorganismoen dentsitateak ingurugiro planktonikoan baino 5 orden altuagoak izan daitezke. Materia organikoa zein ez organikoa bertan metatzen da.
  - ✓ Bentosean bizi diren mikroorganismoak eta ur-zutabeak desberdinak dira
  - ✓ Sakoneraren arabera fototrofoak egon daitezke
- Mikrobio-aktibitate altua eta oxigenoaren agorpen azkarra: hemengo mikroorganismo gehienak anaerobioak izango dira, oxigenoa azkar amaitzen baita.
- Sakonean gradiente biogeokimikoak sortzen dira, mikrobio-komunitateen dibertsitate fisiologikoa determinatzen dutenak. Orokorrean ingurune bentoniko eta planktonikoko mikroorganismoak oso ezberdinak izango dira.

## 1. UR GEZAKO SISTEMAK: IBAIAK ETA LAKUAK

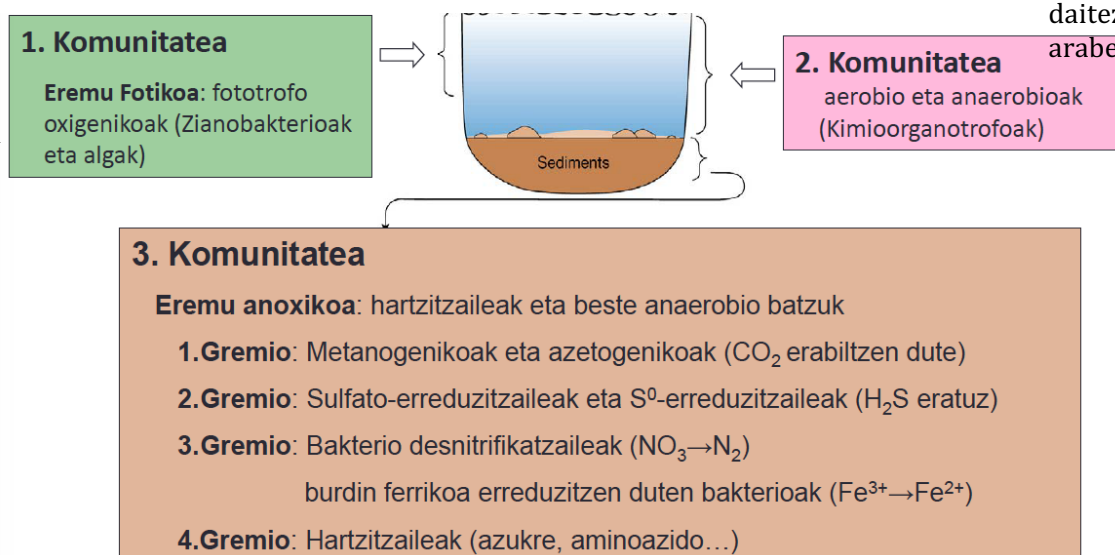
- Oso desberdinak dira elikagai eta baldintzei dagokiena.
- Fotosintesia eta arnasketaren arteko balantzeak kontrolatzen ditu oxigenoa eta karbonoaren zikloak. Azken finean oreka bat egon beharko da arnasketa eta fotosintesiaren artean eta balantze honek determinatuko du oxigenoaren kontzentrazioa.
- Mikrobio heterotrofoen aktibitatea ekoizle primarioen aktibitatearen menpekoa; fototrofo oxigenikoek oxigenoa eta materia organikoa sortzen dute batez ere gainazalean, bertan argia xurgatu eta anio karbonikoa finkatuko dute materia primarioa sortuz.
- Lakuen hondoa anoxikoa (prokarioto eta protista anaerobiko batzuk).
- Oxigenoaren agorpena materia organikoaren kantitatea eta ur-zutabearen nahasketaren arabera.

### ❖ LAKUAK

Hiru komunitate bereziten dira lakuetan:

Kimioorganotrofoak eskualde fotiko zein ez fotikoan ager daitezke. O<sub>2</sub>-aren araberakoa da hau.

Fotobakterio berdeak ere egon daitezke baina dentsitate baxuetan



3.komunitateko mikroorganismoen artean, zenbait erlazio metaboliko ager daitezke, eta batzuk sortuiko produktuak beste batzuek erabilitako errektiboak izango dira.

- 1. Gremioko mikroorganismos metanogenikoak eta azetogenikoak ARKEOAK izango dira, hauek baitira metabolismo mota hau duten mikroorganismo bakarrak.
- 2. Gremioa: Azken elektro hartzaile konposatu sufredun bat izango da. Haiek egiten dute arnasketa anaerobikoari esker sulfhidrikoa sortuko da.
- 3. Gremioa: hemen arnastzaile anaerobikoak sartzen dira. Batzuk nitrogenodun konposatuak erabiliko dituzte baina beste batzuk burdina erreduzituko dute. Nahiz eta substratu ezberdina erabili gremio berdinean klasifikatzen dira, izan ere erlazio metabolikoak ezartzen dituzten mikroorganismoak dira. Substratu berdina erabiltzen dute, baina azken elektro hartzailea ezberdina da.

✓ Lakuen klasifikazioa:

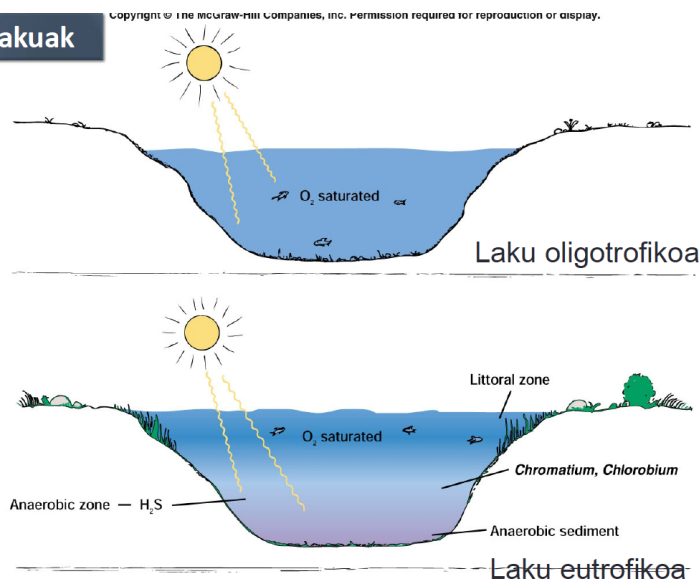
Elikagaien arabera (estatus trofikoak)

- Oligotrofikoa. Elikagaien kontzentrazioa eta ekoizpen primarioa baxuak dira.
- Eutrofikoa: Elikagaien kontzentrazioa eta ekoizpen primarioa altuak dira.
- Mesotrofikoa: elikagaine kontzentrazio ertaina.

Estratifikazioa

- Monomiktikoak (1 nahaste/urte)
- Dimiktikoak (2 nahaste/urte)
- Polimiktikoak (nahaste batzuk/urte)
- Meromiktikoak (estratifikazio iraunkorra)

## 1. Lakuak



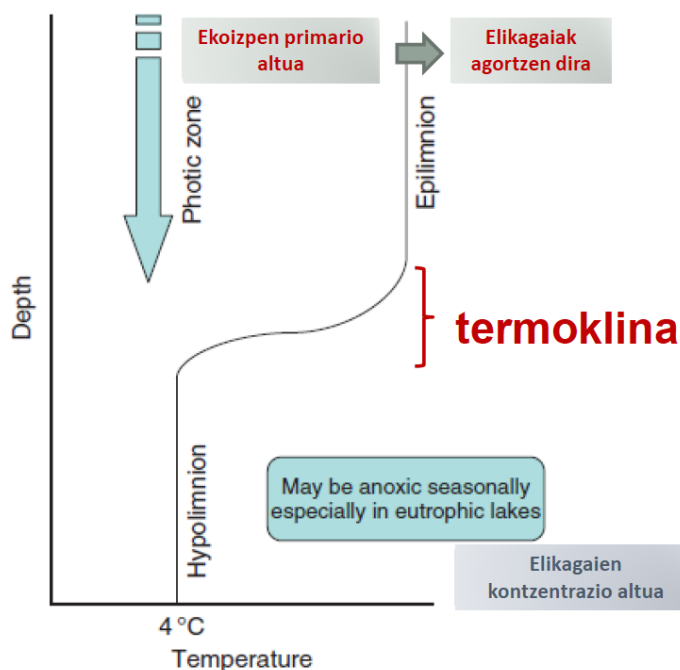
Oligotrofikoa: Elikagai gutxi daude. Mikroorganismoek kontsumitzen duten oxigenoa elikagaiak degradatzeko gutxi izango da eta beraz, oxigenoz saturatua egongo da eta hau sakabanaturik egongo da laku osotik.

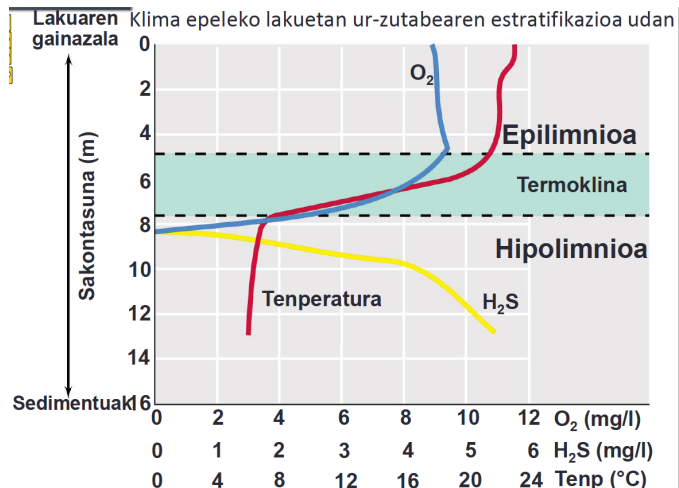
Eutrofikoa: elikagai kontzentrazioa oso altua; elikagai asko daudenez bakterio asko egongo dira eta hauek oxigeno asko kontsumituko dute. Gainazala oxigenoz saturaturik egongo da baina sakonera handitzen den heinean honen kontzentrazioa jeitsiko da edo agortu. bi gune edo nitxo ezberdin sortuko dira eta mikroorganismosak espazioan banatuko dira.

✓ Tenperatura

Lakuak estratifikatuak daude tenperaturaren arabera, izan ere termoklina fenomeno gertatzen da. Termoklina erdiko guneari egiten dio erreferentzia non tenperatura azkar aldatzen den. Bi geruza ezberdin banatuko ditu termoklinak: Epilimnion eta Hypolimnion.

- Epilimnion: Elikagai asko daude (ekoizpen primarioz lortuak) baina mikroorganismoen kantitatea oso altua denez azkar metabolizatzen dituzte elikagai horiek, hauek agortuz.
- Hypolimnion: elikagaien kontzentrazioa oso altua da, tenperatura baxuagoa da eta mikroorganismoak zailtasunak dituzten hemen hazteko.



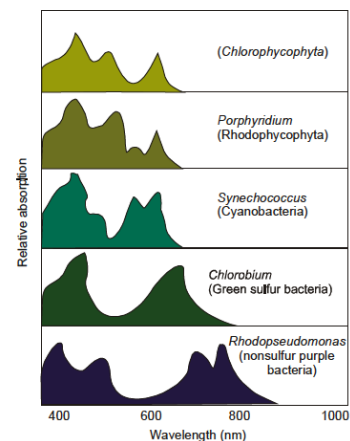
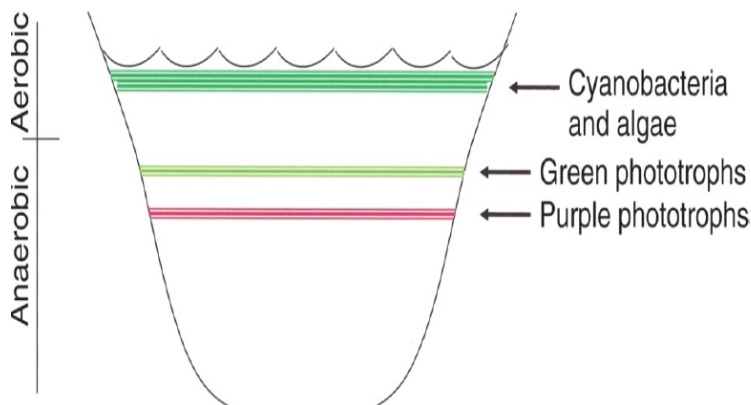


- Oxigenoa zutabearen zehar (goitik behera) desagertuz joango da;  
Epilimnioan: aerobioak  
Hypolimnioan: anaerobioak
- Hipolimnioan, oxigenorik ez denez sulfatoen erredukzioa ematen da anaerobiosian. Baldintza hauetan eta argia egotekotan, bakterio fototrofo gorri berde sulfuroak agertuko dira.
- Temperatura hipolimnioan epilimnioan baino askoz baxuagoa da. Uraren dentsitatea ezberdina da eskualde hotz eta beroetan horregatik sortzen da termoklina.

#### ✓ Lakuetakoko ekoizle primarioak

Ekoizle primarioak estratifikaturik daude lakuko zutabe bertikalean zehar. Sakonera ezberdinetan argia uhin luzera ezberdinetan erradiatzen du.

- Xurgapen uhin luzera altuetakoak sakonagoak dira.
- H<sub>2</sub>S beharkizuna. Honen kontzentrazioa handiagoa da hondoan.



- Zianobakterioak eta algak: Tenperatura altuek eta argiaren presentziari esker mikroorganismo hauek oxigeno kantitate handiak sortuko dituzte. Uhin luzera baxuko argia xurgatuko dute.
- Bakterio fototrofo berdeak: hauei oxigenoa ez zaie interesatzen. Xurgaturiko uhin luzera altua izango da. Adb; *Phlorobium*.
- Bakterio fototrofo gorriak: Ez dute oxigenorik sortuko ura ez baita azken elektroio hartzailea. Uhin luzera altuko argia xurgatuko dute.

Bakterio fototrofo anoxigenikoek (gorriek eta berdeek) ez dute oxigenorik sortzen baizik eta H<sub>2</sub>S.

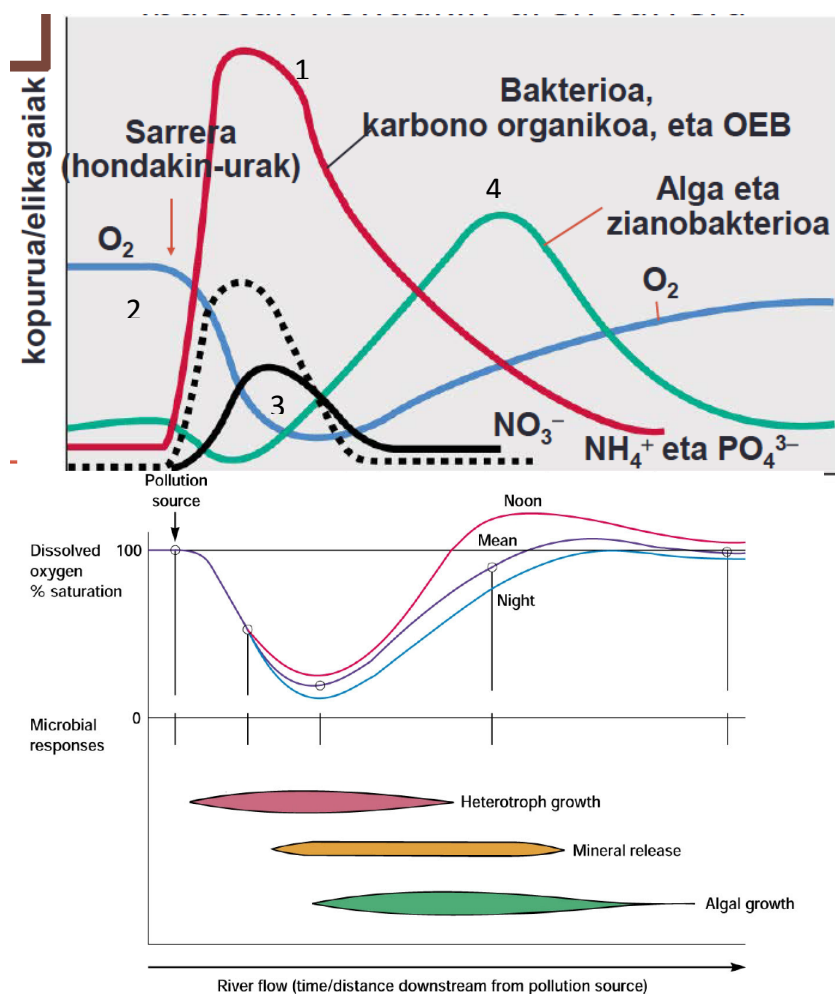


## ❖ IBAIAK

- Uraren mugimendua norabide bakarrekoa da.
- Uraren nahasketak estratifikazioa ekiditen du eta aireztapena faboratzen du, gune anaerobikoak topatzea zailagoa da.
- Ondoko ingurugiro lehortarrarekiko interkonexioa: mikroorganismo aloktonoen sarrera, elikagaiak partikulak... Elikagai batzuk lurretik etorriko dira, bertan dauden mikroorganismoekin.
- Industria eta giza-inpaktu indartsua: industria eta hiri kutsatzaileak
- Mikrobio-habitat bentiko oso garrantzitsua.
- Oxigenorik eza noiz?
  - ✓ Hondain-uren material organikoagatik.
  - ✓ Industria eta nekazaritza kutsaduragatik.
- Oxigenoaren Eskari Biologikoa (DBO) (OEB).
  - ✓ Uretako oxigenoa kontsumitzeko mikrobio-gaitasuna.

✓ Ibaietako hondakin-uren sarrera (GARRANTZITSUA)

Ibai isurketa baten ondorioz zenbait aldaketa eman daitezke mikroorganismoen habitatean.



Ondorioak:

1. Isurketaren ondorioz, materia organiko handia sartzen da ibaira. Bakterio kimiorganotrofoen emendioa emango da, elikagai ugari baitaude. Baina, materia organiko hau degradatzeko, oxigeno guztia edo kantitate asko erabiliko dute, OEB-a indusituz eta eta egoera ia anoxikoa indusituz.

2. Materia organikoa degradatzeko bakterio kimiorganotrofoek oxigeno asko erabiltzen dute. Baliteke (isurketa motaren arabera) isurketak argitasuna eta lakuaren opazitatea murrizte eta beraz mikroorganismo fotosintetiko eta algen fotosintesi gaitasuna inhibitzea, oxigenoa sortzeko ezintasuna indusituz.

3. Bakterio kimiorganotrofoen produktu diren konposatu ez organikoen emendio bat emango da, amterio organikoaren lisiz sorturikoak. Hauek fotoautotrofoengatik erabiliak izango (anio karbonikoa gehien bat) dira hainbeste egonik, alga eta

zianobakterien kopurua asko handituko da, berriro ibaiko oxigenoaren kontzentrazioa emendatuz.

4. Alga eta zianobakterioek kimiorganotrofoek sorturiko produktu inorganikoez

baliatuko dira fotosintesia egiteko. Algen *Bloom*-a emango da.

Prozesu hau eutrofizazio prozesua da. Mota ezberdinetakoak izan daitezke eta isurketa motaren arabera patroia ezberdinak sortzen dira (grafika ezberdinak), mikroorganismoek ezberdin erantzuten dutelako.

#### Eutrofizazioaren efektua (beste adibide bat)



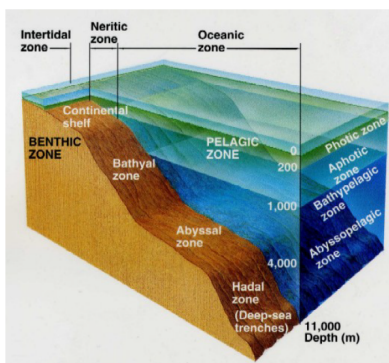
Bakterio heterotrofoen dentsitatearen igoera. Hauek hazterakoan elikagai ez organikoak askatuko dituzte. Hauek alga eta zianobakterioez erabiliak izango dira materia organikoa sortzeko. Materia organiko asko egongo da eta bakterioa kimiorganotrofoen dentsitate handituko da, oxigenoa kontsumituz. Oxigenoa ez dagoenez, arrainak hil egiten dira.

Isurketaren araberrako eta bakterio motaren arabera izango da. Isurketa toxikoa bada: zenbat bakterio dira kultibagarriak, kultibatzen direnen proportzioa jeisten bada, toxikoa izango da bakterioentzako. Materia organikoen isurketa ez toxikoa ematen bada, mikroskopikoz egindako kontaketa emendatuko da eta kultibagarritasunaren proportzioa ere handituko da.

## **2. UR GAZIKO SISTEMAK: ITSASOAK ETA OZEANOAK**

Itsasoak dira ekosistemarik mportanteenak. Itsaso eta ozeanoetan dauden izaki bizidun ugariak eta importanteenak mikroorganismoak dira (Bakterioak eta Arkeoak). Itsasoko prokarioetan pisua lurreko biziaren errepresentate moduan hartu daiteke. Hauxe kalkulatzeko 240.000 milioi elefanteen pisuaren parekoa dela estimatzen da. Benetan garrantzitsua dena. Itsasoan bizidun mikroskopikoak dira. Morfolojiari dagokionez, itxura ezberdineko mikroorganismoak aurkituko genituzke bertan.

✓ Ezaugarriak



Itsasoa sakontasunaren arabera estratifikaturik dago:

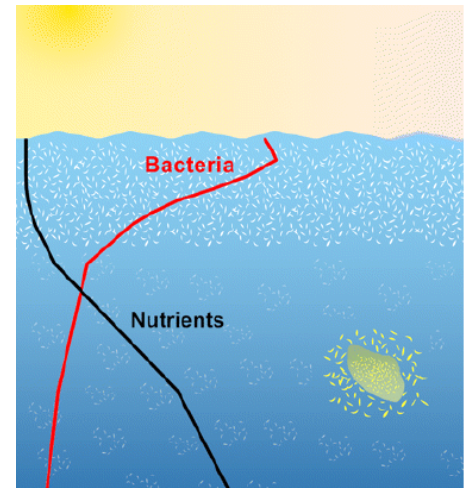
Epipelagikoa: 0-200 metro bitartean.

Mesopelagikoa: 200-1000 metro bitartean.

Batipelagikoa: 1000-aurrera.

Zonalde bakoitzean egongo diren mikroorganismoak ezberdinak izango dira, baldintzak direlako.

- Ibaiak VS Itsasoak
- Elikagai gutxiago dago ur gezekin konparatuz (batez ere nitrogeno eta fosforoa).
- Organismo oligotrofoak bertan biziko dira;
  - ✓ Txikiak
  - ✓ Afinitate altuko garraio-sistemak
- Temperatura baxuagoa da itsasoan.
- Itsasoa ez da hain aldakorra urtean zehar.
- Mikroorganismoen kopurua baxuagoa da ( $10^6$ - $10^7$  zelula/mL); dentsitateari dagokionez, hala ere, biomasa askoz handiagoa da baina ur kantitatea hain da handia ezen dentsitatearen balioa asko murrizten den.

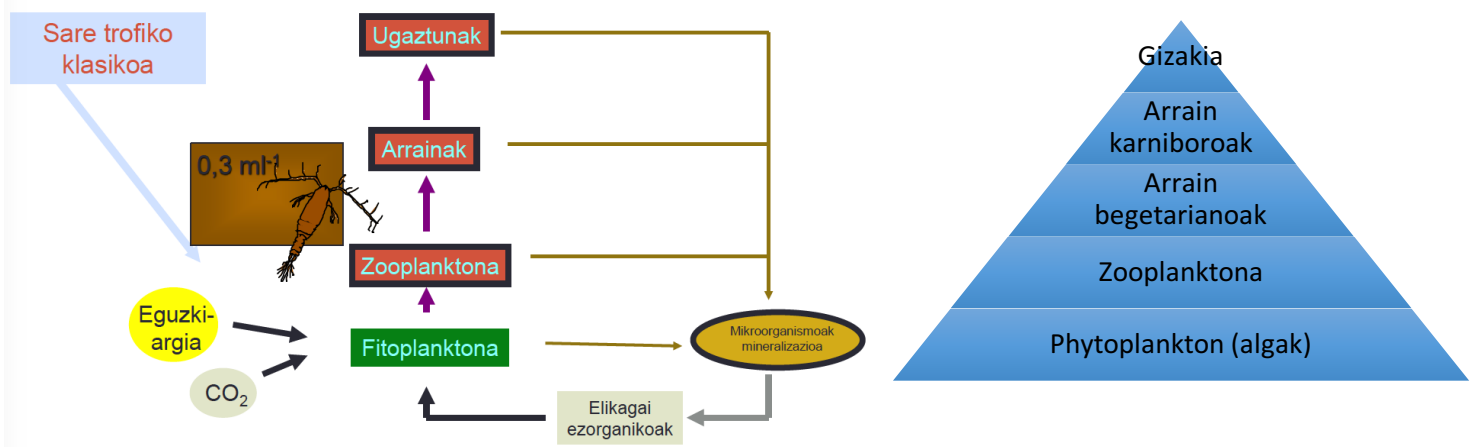


Gainzalean bakterioen dentsitatea askoz handiagoa izango da baina badakigu itsaso osoan bakterioen kontzentrazioa jeitsiko dela. Hortaz, nonahi aurkitu daitezke.

- ✓ Itsasoko elika-katea

*Antzineko elikadura sare eta piramide ozenaikoak:*

## Mikroorganismoen garrantzia aintzinean?



Non daude mikroorganismoak? Gaur egun badakigu itsasoko kate trofiko konplexuagoa dela eta mikroorganismoen rola oso garrantzitsua dela.

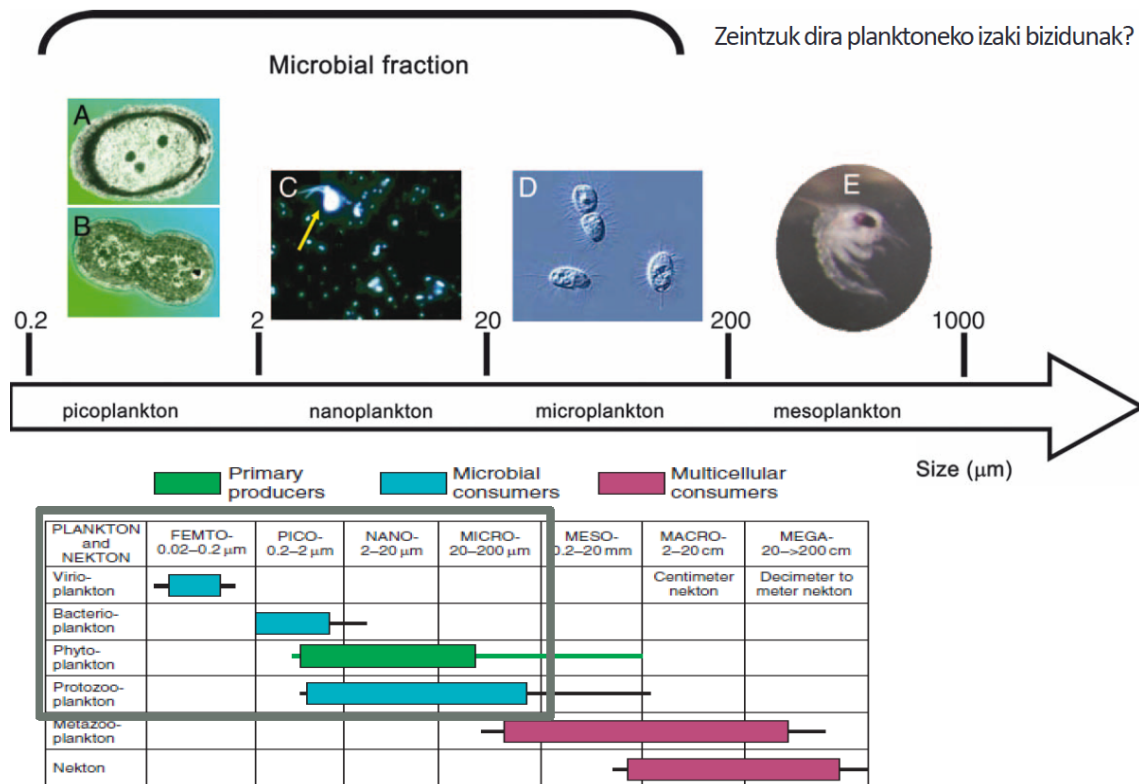
Mikroorganismoen papera kate trofiko honetan:

- Bermineralizazioa: Ugaztunetatik lortzen den materia organikoaren bermineralizazioa eta konposatu inorganikoaren sorrera, fitoplanktonarentzako elikagaiak osatzeko.

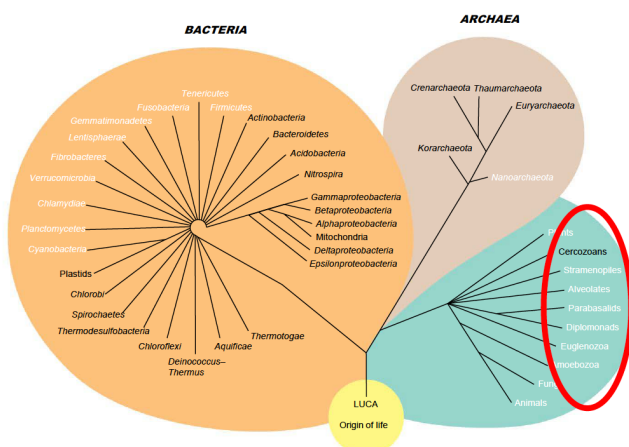
## Phytoplanktonaren osagaiak:

Mikrooskopiari esker, begi bistaz ikusi ezin diren mikroorganismoak ikusi ditzakegu fitoplanktonean, hots, mikroplaktona:

- Mesoplanktona: 200-1000  $\mu\text{m}$ -ko tamaina.
- Mikroplanktona: Mikroalgak eta ziliatuak. 20-200  $\mu\text{m}$ -ko tamaina.
- Nanoplanktona: Protozoa flagelatuak. 2-20  $\mu\text{m}$ -ko tamaina.
- Pikoplanktona: Prokariotoak (Bakterioak eta Arkeoak). 0.02-2  $\mu\text{m}$ -ko tamainakoak. Batzuk 0.02  $\mu\text{m}$  baino txikiagoak izan daitezke, adibidez, birusak.



## NANO ETA MIKROPLANKTONA: PROTISTOAK



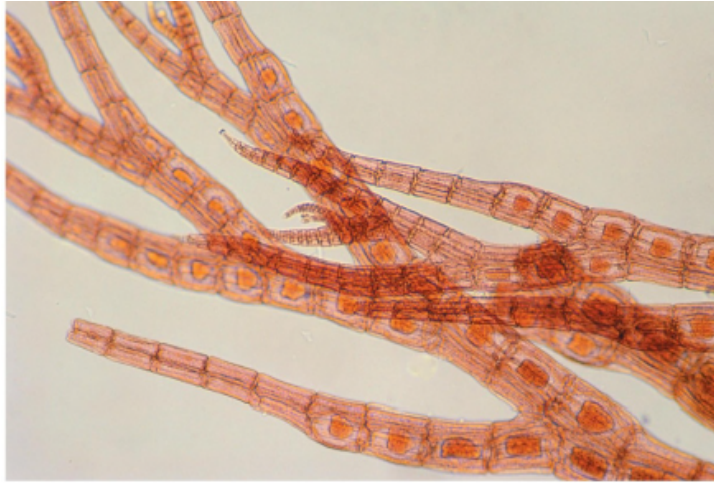
Protistoeke nano eta mikroplanktonaren osagai nagusiak dira. Hauen barnean talde ezberdinak banatzen dira:

- Mikroalgak: gorriak eta berdeak.
- Albeolatuak
- Euglenozoak
- Amoebozoak
- Zerkozoak
- Stramenofiloak
- Onddo mukitsuak



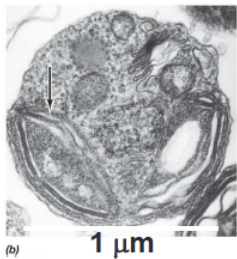
## 1. Mikroalgak

- Mikro alga gorriak (Rodofizeoak): Fikoeritrina pigmentua dute zeinak kolore gorria ematen die. Adb; *Polysiphonia*.

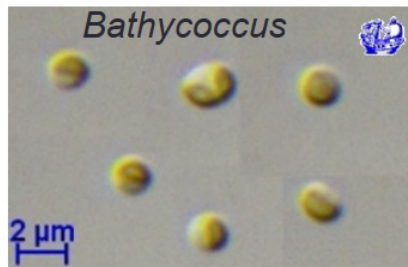


- Mikro alga berdeak (Klorofizeoak): Hauek ugariak dira nano eta mikrop planktonean.

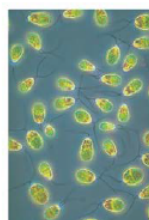
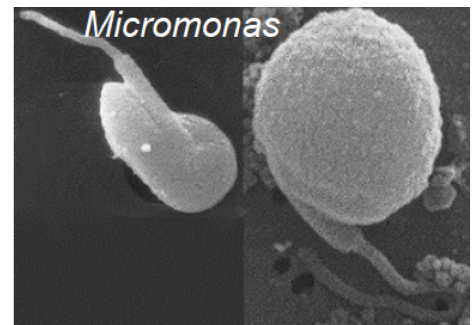
*Ostreococcus*



*Bathycoccus*



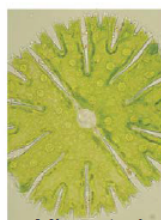
*Micromonas*



(a) *Dunaliella*



(b) *Chara* (macro)



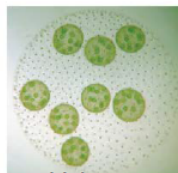
(c) *Micrasterias*



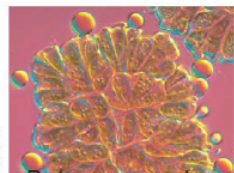
(d) *Scenedesmus*



(e) *Spirogyra*



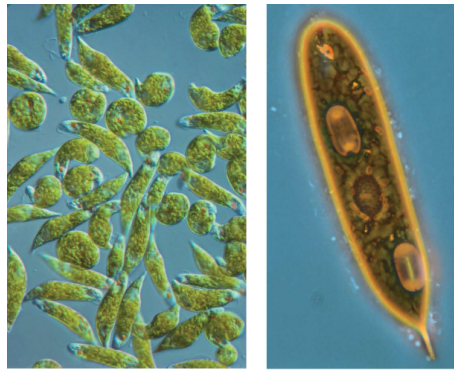
(f) *Volvox*



(g) *Botryococcus braunii*

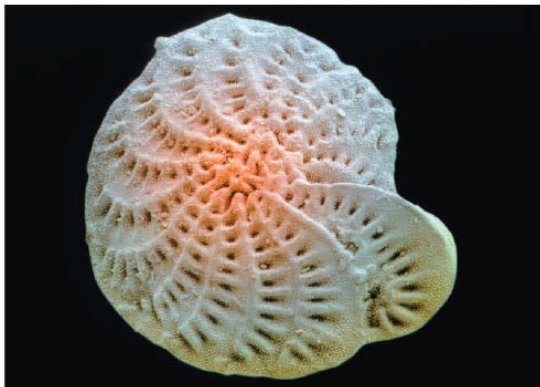


2. **Euglenozooak (Euglenidoak):** Protista eukarioto fotosintetikoak. Organismorik ezagunena; *Euglena*.



3. **Zerkozooak**

- Foraminiferoak eta Erradiolarioak



(a)

(foraminiferoa)



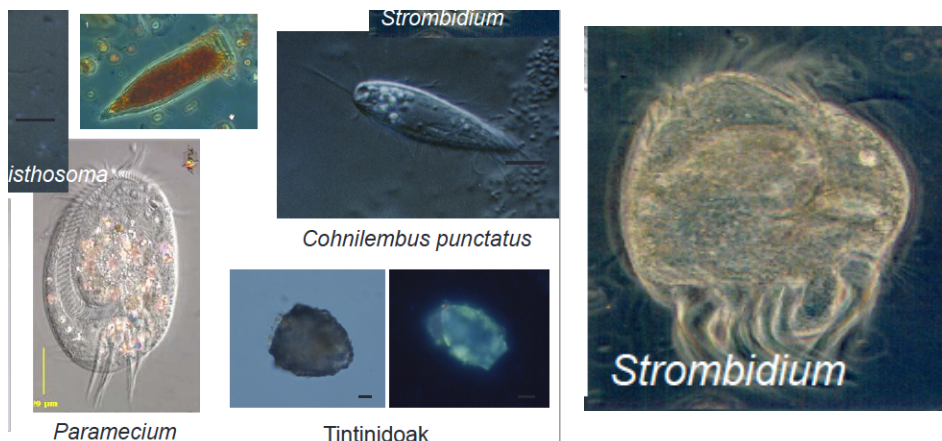
(b)

*Nassellaria*  
(erradiolario arantzaduna)

4. **Albeolatuak**

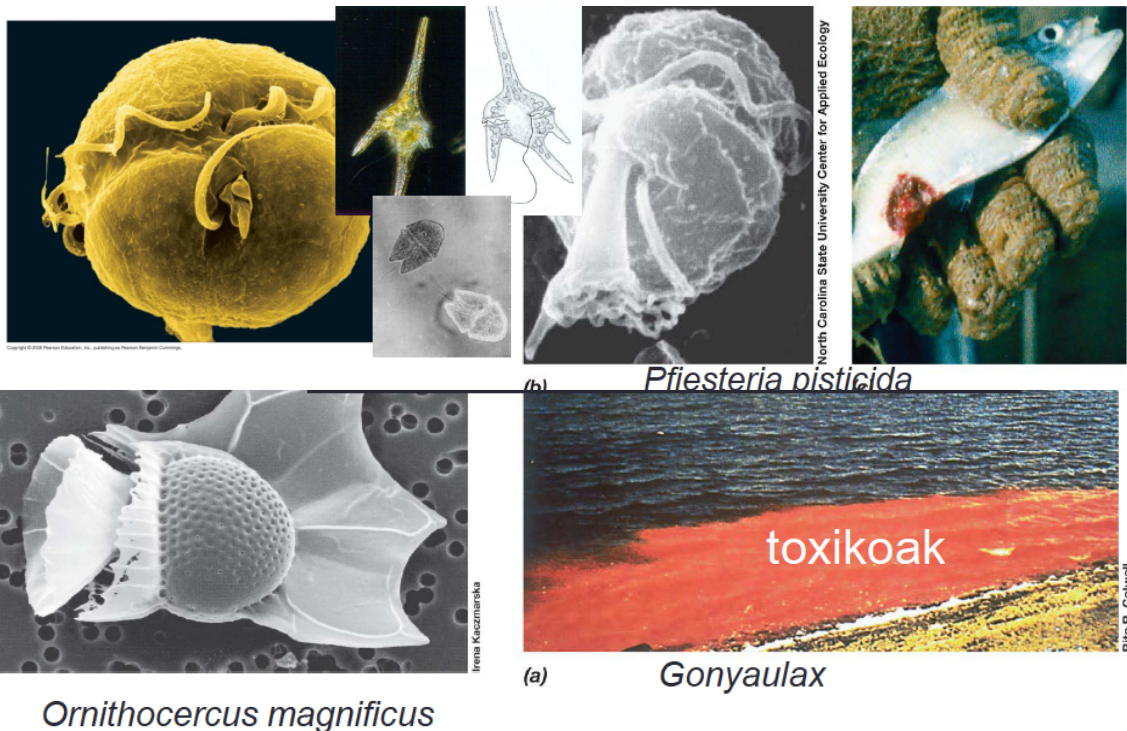
Mikroorganismo eukariotikoen artean garrantzitsuenak dira. Mintzaren azpian albeoloak dituzte. Hauen artean bi talde ikasiko ditugu; Ziliatuak eta Dinoflagelatuak *Phylum Ciliophora*.

- Ziliatuak
  - 20-200 um bitartekoak dira, protozoorik handienak.
  - Ziliatuak .
  - Bi nukleo dituzte; makronukleoa eta mikronukleoa.
  - Prokariotoak eta eukariotoak(Flagelatuak) jaten dituzte.
  - Garrantzitsuenak: *Strombidium*.



- Dinoflagelatuak

- Dentsitate handietan eta kostaldetik gertu daudenean mare gorriak sortzen dituzte. Hauek toxikoak dira eta arrisku ekologiko handia sortarazten dute.
- Piscifaktorieta agertzen dira eta gaixotasunak eragiten dizkiete arrainei.

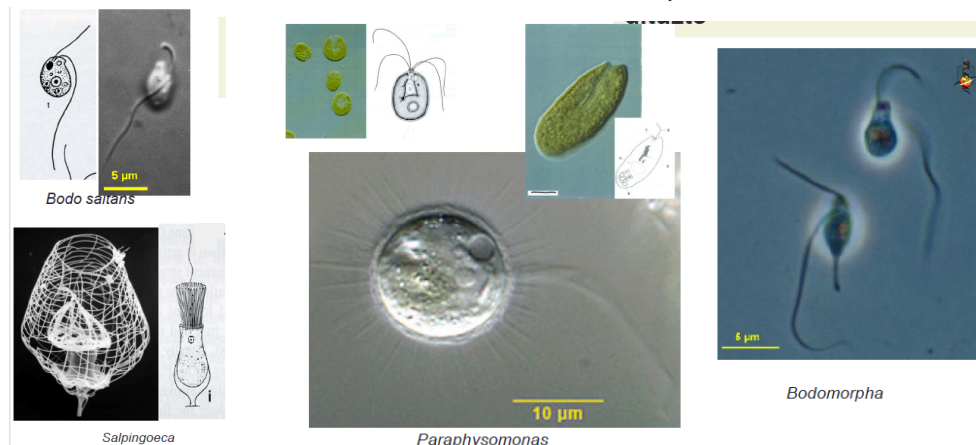


## 5. Flagelatuak eta Amebak

Flagelatuak eta amebak Phylum berdinean klasifikatzen dira: *Phylum Sarcomastigophora*. Honen barruan bi azpifilum daude; *Subphylum Mastigophora* eta *Subphylum Sarcodina*.

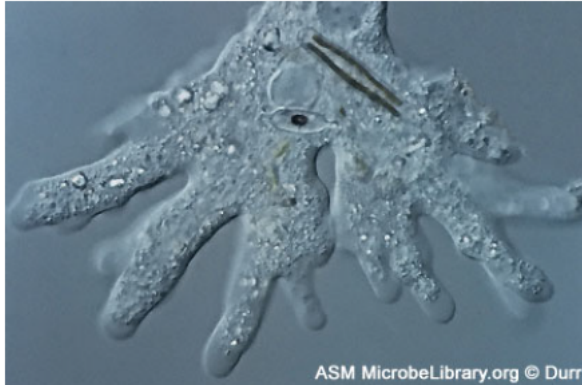
- Mastigophora: Flagelatuak

- 2-20 um bitarteko tamaina dute, ziliatuak baino txikiagoak.
- Flagelo bat edo gehiago dituzte.
- Nukleo bakarreko eukariotoak dira.
- Oso ugariak dira itsasoan. Dentsitateari dagokionez, flagelatuena ziliatuena baino handiagoa da.
- Fototrofo edo Autotrofoak izan daitezke.
- Forma aske edo kolonial moduan aurkitu ditzakegu.
- Prokariotoak eta beste fotosintetizatzaile batzuk jaten dituzte.



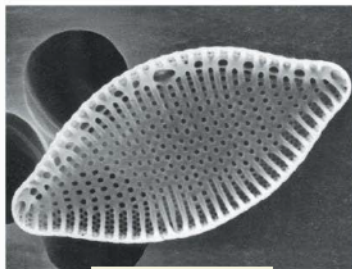


- Sarcodinia: Amebozooak
  - Sasipodoak dituzte.
  - Morfologia aldakorra dute.
  - Nukleo bat edo gehiago izan ditzazkete.
  - Oso ugariak dira.
  - Prokarioto nahiz eukariotikoak jaten dituzte.

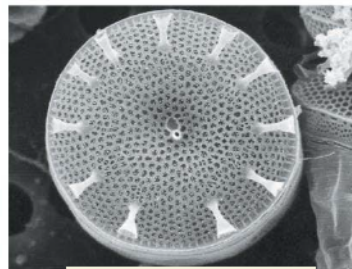


## 6. Stramenopiles

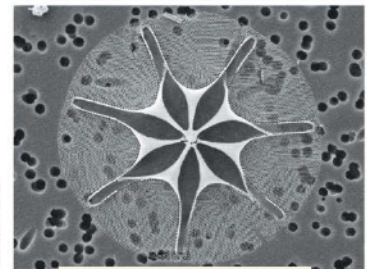
- Diatomeoak
  - Morfologia ezberdineko eukariotoak dira.
  - Fotosintetikoak.



(b) *Nitzschia*

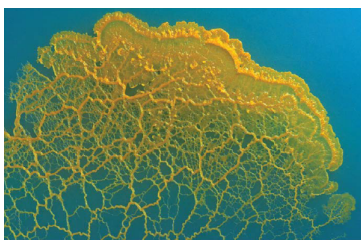


(c) *Thalassiosira*



(d) *Asterolampra*

## 7. Onddo mukitsuak



*Physarum*  
(onddo mukitsua)

- Gaur egun badakigu itsasoan onddoak badaudela.
- Duela 7 urte pentsatzen zen onddoak ezin zirela itsasoan bizi.
- Onddo haritsuak dira.
- Gehienak legamiak; *Candida*, *Torulopsis*, *Cryptococcus*, *Trichosporon* eta *Saccharomyces*.

## PIKOPLANKTONA

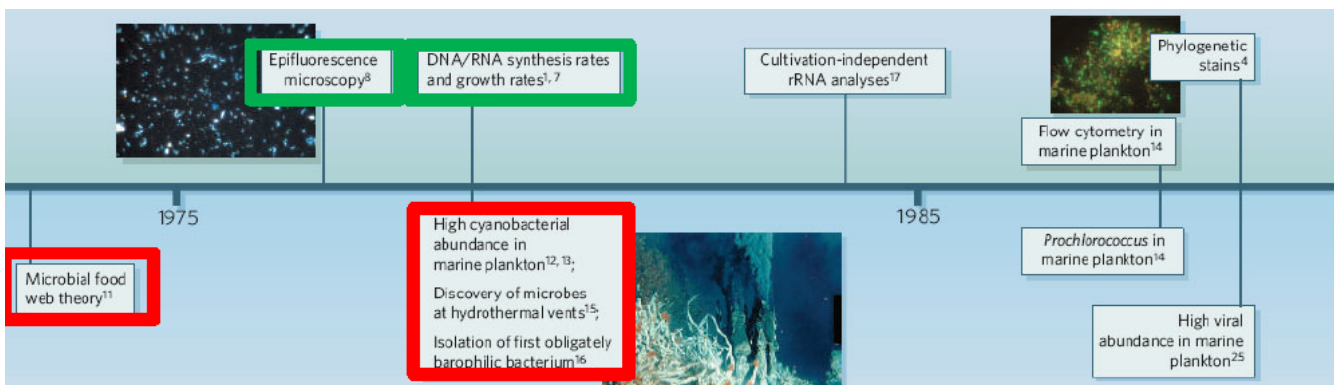
Zeintzuk dira mikrobio itsastar ugariak? Bakterioak eta Arkeoak, eta hauek itsasoko pikoplanktona osatzen dute. Duela 40 urte hasi ziren itsasoko mikrobioak aztertzen eta teknika ezberdinei esker, mikroorganismo asko ezagutu ziren, zeintzuak izugarritzko garrantzia duten itsasoko sare trofikoan.

Erlazionatu metodologia eta aurkikuntza ezberdinak. Hau jakin behar da.

Lau aurkikuntza-metodologia erlazio nagusi eman dira:

### 1. Aurkikuntza

- Metodologia:
  - Epifluoreszentzia mikroskopia
  - DNA/RNA-aren sintesi ratio eta hazkuntza tasaren azterketa.
- Aurkikuntza:
  - Mikrobio buklea eta mikrobial loop.
  - Zianobakterioen dentsitate itsasoan oso handia da eta hauek egiten dutena oso garrantzitsua.
  - Haspide hidrotermaletan kate trofiko berezia dago eta hemen dauden mikroorganismo nagusiak bakterioak dira. Bakterio hauek presio hidrostatiko oso altuak jasateko kapazak dira; barofiloak.



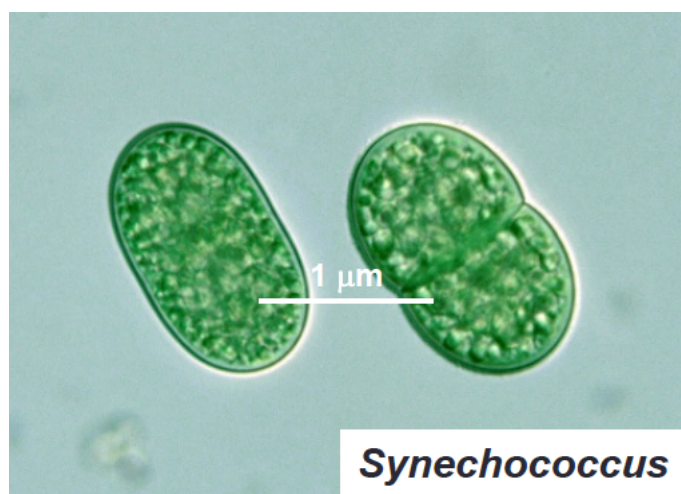
### ➤ Itsas bakterioak

Orain dela 40 urte kultibotik zenbat kolonia zeuden eta hortik mikroroganismoen dentsitatea kalkulatzek zen. Orduan pentsatzen zen mikroroganismoen dentsitatea 1-100 Kus /mL-koa zela. Gaur egun, epifluoreszentzia mikroskopiaren aurrerakuntzak direla eta, mikroorganismoak tindatuz badakigu hauen dentsitatea 100.000-1.000.000 Kus /mL-koa dela. Beraz, itsasoan bakterio gehiago daude izarrak zeruan baino, guztira  $10^{30}$  bakterio planeta guztiak, totalen.

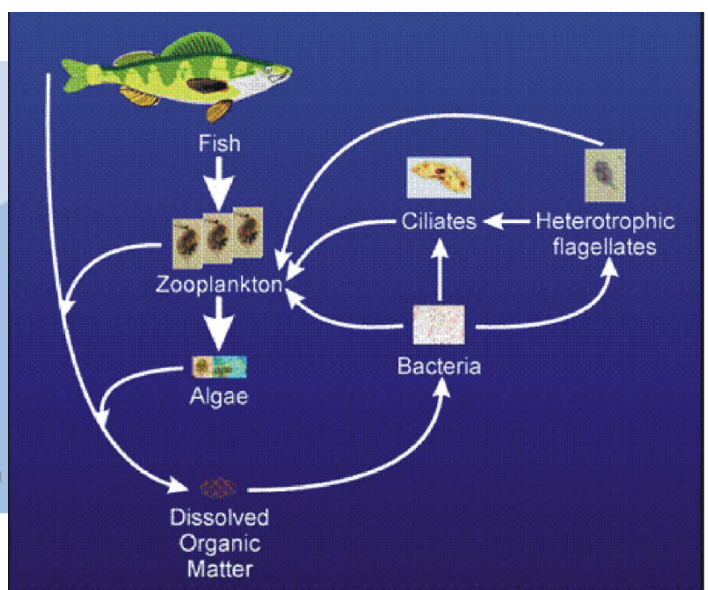
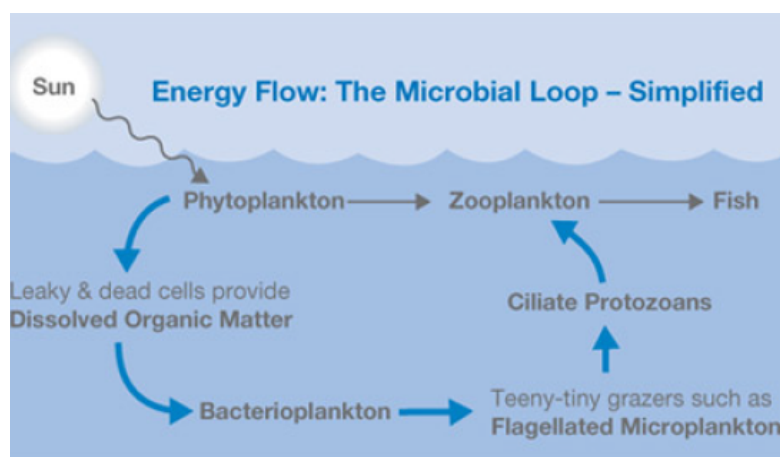
| Habitat            | Volume, cm <sup>3</sup> | Cells, ml × 10 <sup>5</sup> | Total number of cells, × 10 <sup>26</sup> |
|--------------------|-------------------------|-----------------------------|---|
| Marine             |                         |                             |   |
| Continental shelf  | 2.03 × 10 <sup>20</sup> | 5                           | 1.0                                       |
| Open ocean         |                         |                             |   |
| Water, upper 200 m | 7.2 × 10 <sup>22</sup>  | 5                           | 360                                       |
| Water, below 200 m | 1.3 × 10 <sup>24</sup>  | 0.5                         | 650                                       |
| Sediment, 0–10 cm  | 3.6 × 10 <sup>19</sup>  | 4600                        | 170                                       |
| Freshwater         |                         |                             |   |
| Lakes              | 1.25 × 10 <sup>20</sup> | 10                          | 1.3                                       |
| Rivers             | 1.2 × 10 <sup>18</sup>  | 10                          | 0.012                                     |
| Saline lakes       | 1.04 × 10 <sup>20</sup> | 10                          | 1.0                                       |
| Total              |                         |                             | 1180                                      |

Zonalde epipelagikoan dentsitate handiak egongo dira, baina bakarrik 200 metro dira. Nahiz eta dentsitate txikietan egon arren, dentsitatea beste zonaldeetan baino handiagoa da. Kantitate brutoari dagokionez gehiago dago beste zonaldeetan.

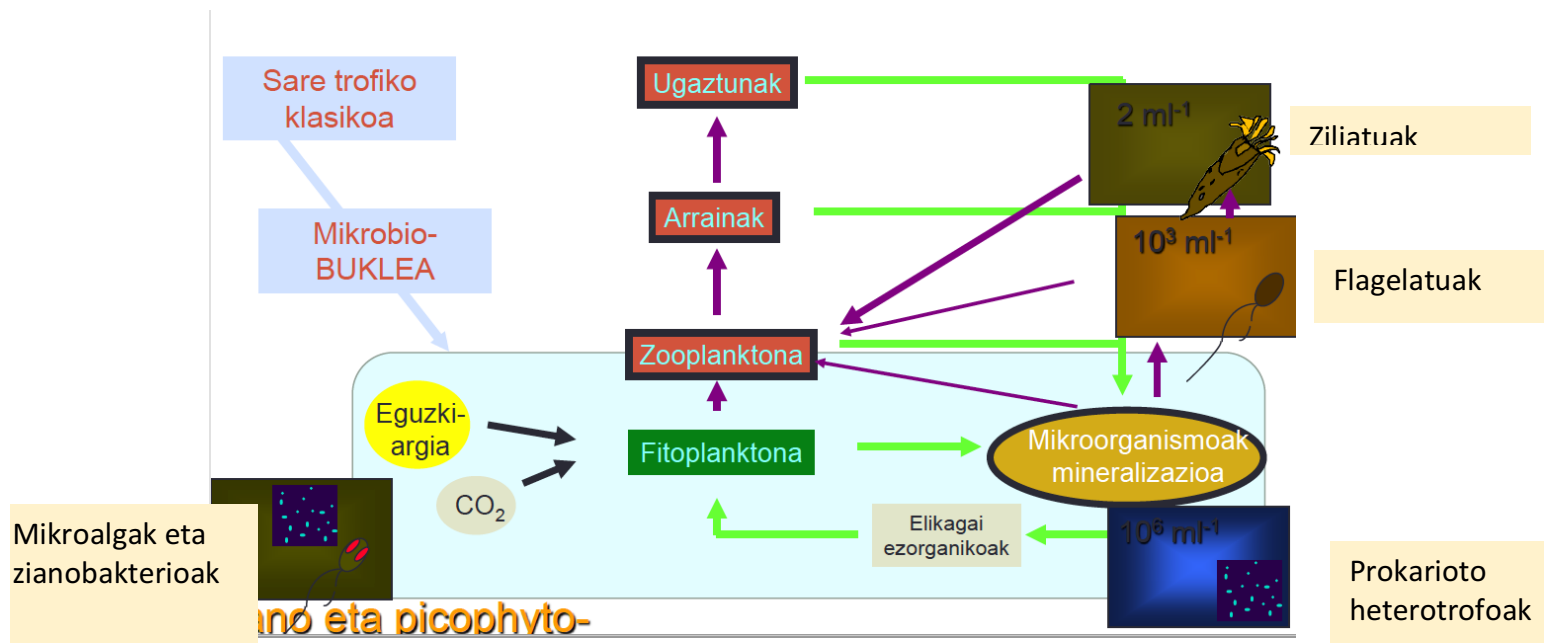
- Zianobakterioak:  
Prokarioto fotosintetisatzaile ugariena itsasoan. 10<sup>2</sup>-10<sup>5</sup> prokarioto/mL-ko.



- Mikrobio-bluekea (Oso garrantzitsua)  
Hainbeste prokarioto itsasoan zegoela aztertuik, aintzinako sare trofikoak desestimatu zen eta mikroorganismoek duten rola itsasoko ekologian berplanteatu. Mikrobio-bluekearen bitartez, phytoplankton-aren osagai guztiek duten erlazioa azaltzen da, zeinetan prokariotoen funtzioa ez da soilik materiaren bermineralizazioa.







Aintzineko vs Egungo sare trofikoak:

❖ Aldaketak:

- ✓ Lehen: Fitoplanktona bakarrik algak ziren, gaur badakigu nano eta picofitoplanktonean badaudela zianobakterioak (nanoplankton fototrofikoak) eta kuantitatiboki oso garrantzitsuak direla.
- ✓ Mikroorganismoen papera ez da soilik bermineralizazioa. Haien dentsitateak oso handiak dira eta beraz, katekide oso garrantzitsuak izango dira.

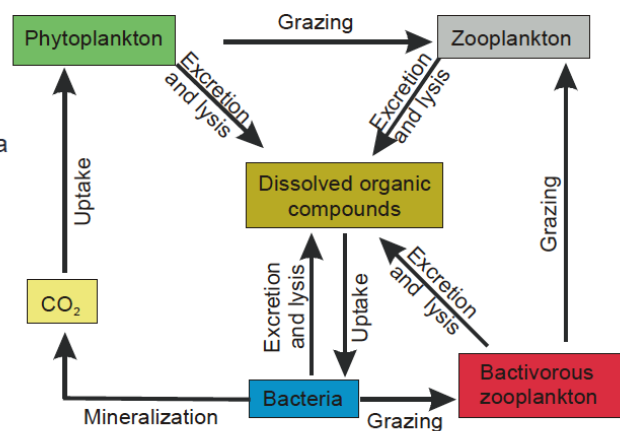
- Mikrobial loop

## Ekoizpen primarioa

Ekoizpen primarioa: mikroalgak eta zianobakteriak.

Fixaturiko karbonoaren %50a MOD gisa askatzen da

Microbial Loop

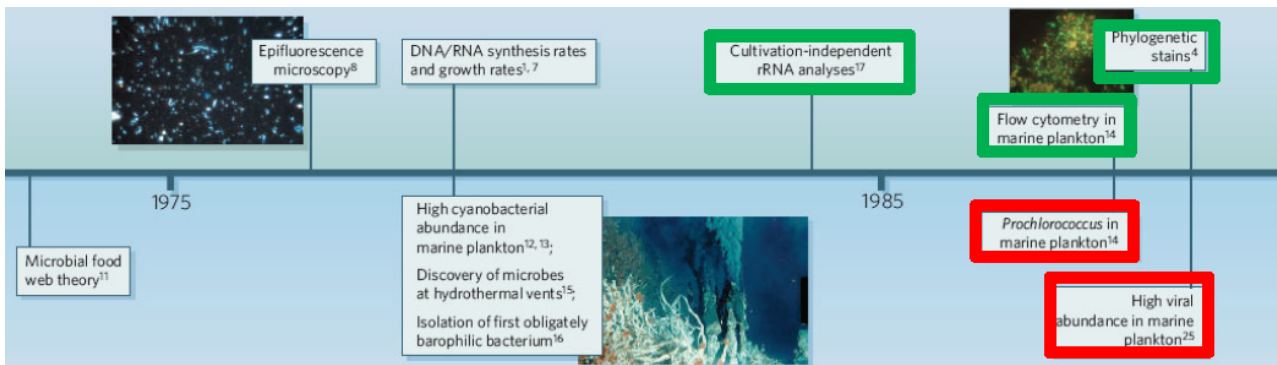


Ekoizpen sekudnarioa: bakterio heterotrofoek egindakoa

## Ekoizpen sekundarioa

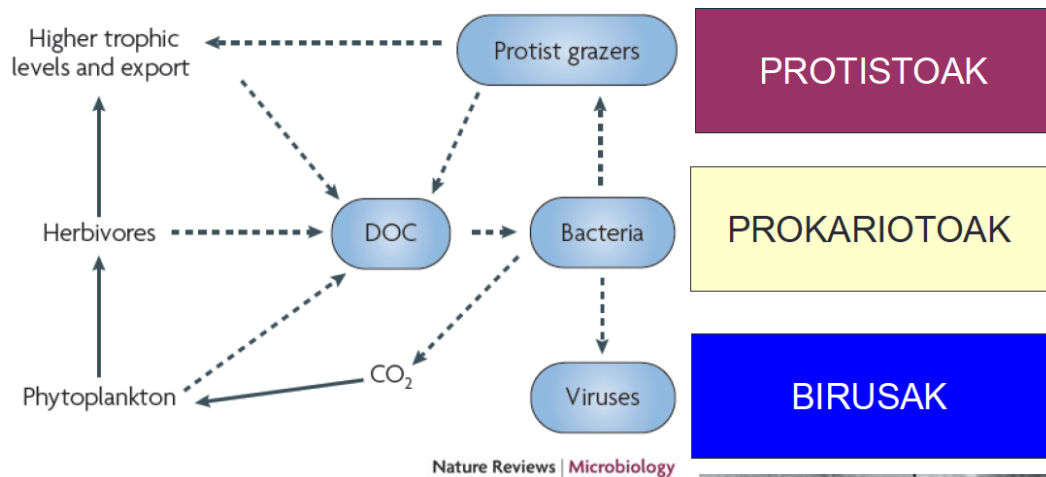
## 2. Aurkikuntza

- Metodologia
  - Fluxu-zitometria.
  - Tindaketa filogenetikoak.
  - rRNA-aren analisiak mikroorganismo ez kultibatuetan.
- Aurkikuntza
  - Bakterio fototrofo garrantzitsua: *prochlorococcus* klorofitoa. Dentsitate oso handietan dago, zianobakterioekin bat, fotosintesi itsastarraren protagonista.
  - Birusen kauntifikazioa tindaketaren bitartez; birusen dentsitate handiak itsasoan.



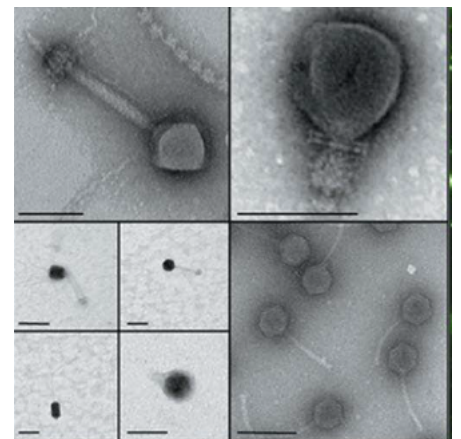
### ➤ Birusak

- ✓ Birusen dentsitate altuak itsasoan:  
Gainzaleko ur irekiantan:  $10^5$ - $10^6$ /mL  
Gainazaleko kostaldean:  $10^6$ - $10^7$ /mL  
Sakontasunean:  $10^4$ - $10^5$ /mL
- ✓ Mikrobio buklea: Mikrobio bukleari beste kate-kide bat gehitu zitzaion, birusak.



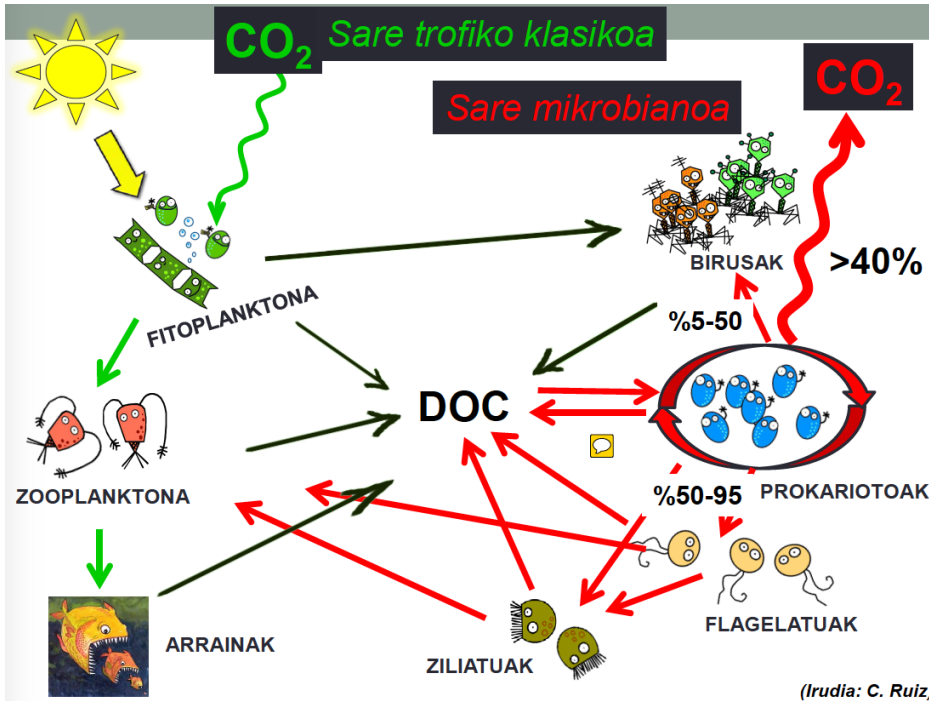
### Birusak:

- $4 \times 10^{30}$  birus itsasoan
- 75 millioi elefanteen pisua
- 100 aldiz esne bidearen diametroa
- 60 aldiz galaxia hurbileneko distantzia
- $10^{31}$  birus planetan.
- Gehienak buru eta buztanarekiko fagoak
- Gehienetan genomak DNA bikateduna
- Lisogenikoak edo litikoak
- Gehienak bakteriofagoak, arkeofagorik oraindik ez da aurkitu.



✓ Itsas-birusen funtzioak:

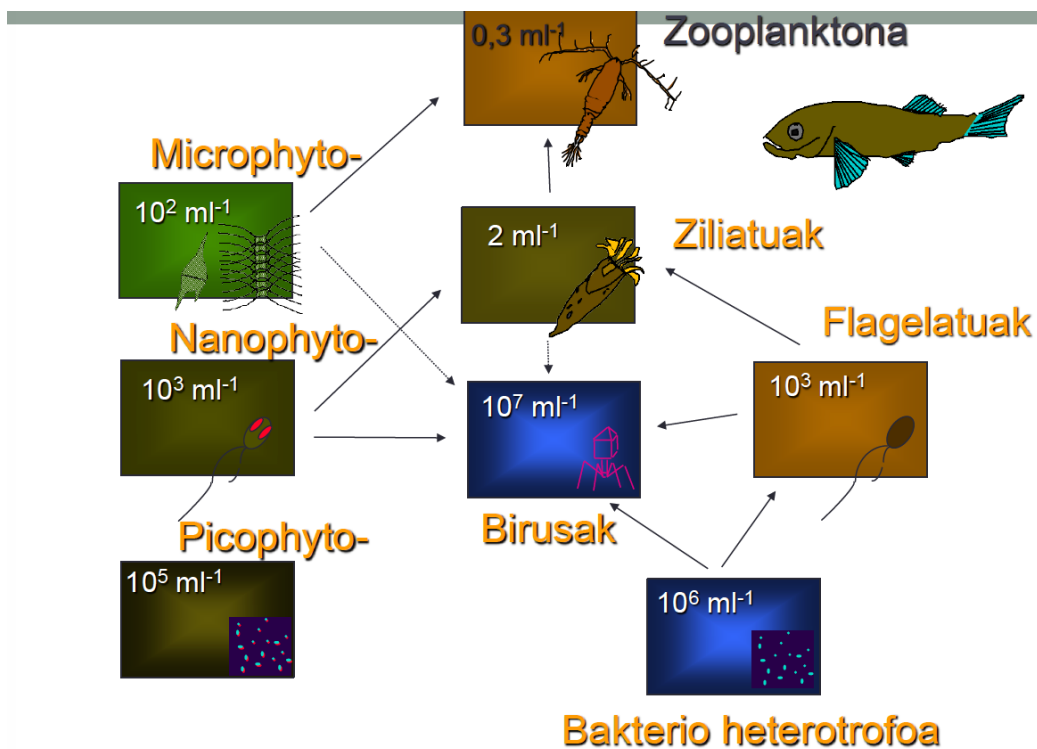
- Prokariotoen populazioak mantentzea
- Zelula prokariotikoen arteko elkartruke genetikoa bultzatzea
- Lisogenaren bidez material organikoaren askapena.
- SAR11 bakteriaren bakteriofagoa, izaki ugariena itsasoan eta planetan izan daiteke.



Sare trofiko eraldatua:  
Prokarioto + birusak.

Birusak toki guztietan  
egongo dira.

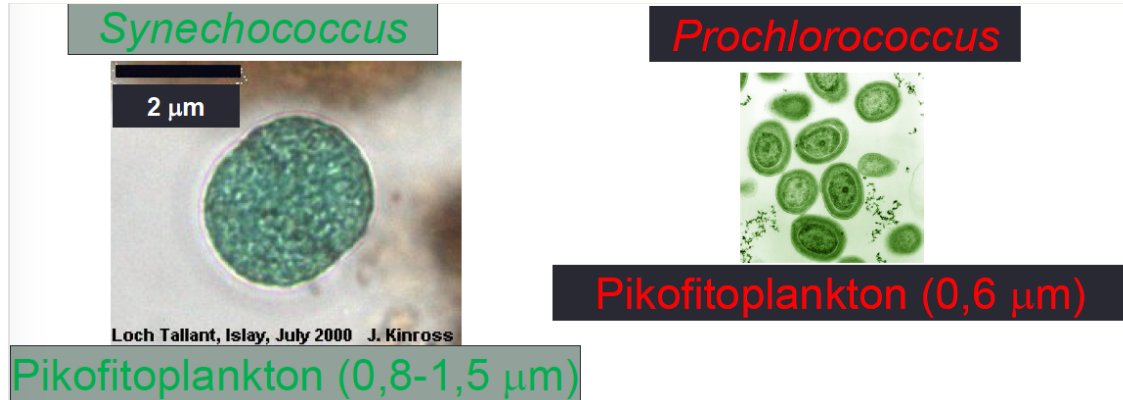
- Sare mikrobiana eta dentsitateak (\*\*\*)



➤ Zianobakterio eta proklorofitoak

Bigarren aurkikuntza garrantzitsua *Prochlorococcus* proklorofitoaren dentsitate handiak zeudela itsasoan izan zen. Proklorofitoek zianobakteriekin batera, fotosintesiaren protagonist nagusiak dira. Izan ere, *Synechococcus* zianobakterioa eta *Prochlorococcus* proklorofitoa, itsas-fotosintesiaren %80-a egiten dute eta planeta osoaren %30-a. Datu hauek algak eta landareek eginiko fotosintesia kontuan hartzen dute.

*Prochlorococcus*-a fluxu zitometriaren bidez aurkitua izan zen.



- *Synechococcus*: 0.8-1,5 µm bitarteko tamaina; pikofitoplanktona.
- *Prochlorococcus*: 0.6 µm-ko tamaina; Pikofitoplanktona. Nahiz eta haxe txikiagoa izan, honek eginiko fotosintesia tasa handiagoa da, eta beraz, garrantzitsuagoa dela estimatzen da tamaina-aktibitateari dagokiola.

- ✓ Lehen mailako ekoizpena: Ozeanoaren tamainagatik, bertan egiten den fotosintesiaren bidezko Karbonoaren finkapena eta oxigenoaren ekoizpena planeta osoko karbonoaren ziklorako ezinbestekoak dira. Itsas mikroorganismoek planetaren ekoizpen primarioaren %50 a egiten dute. Hauen artean:

A. Prokariotoak

- *Prochlorococcus* eta *Synechococcus*
- *Trichodesmium* (  $N_2$  finkatzailea ez  $CO_2$  )

B. Eukariotoak

- *Ostreococcus* eta beste alga batzuk

C. Aerobio fototrofo anoxigenikoak

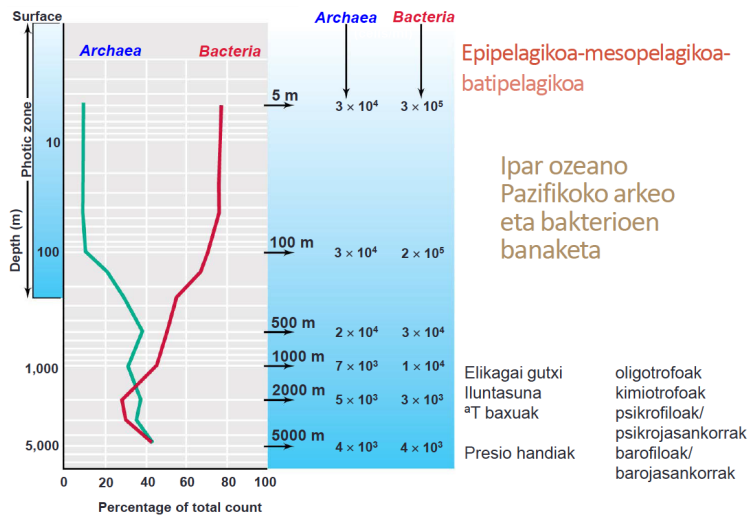
- *Erythrobacter*, *Roseobacter*, *Citromicrobium* (ez autotrofoak)

➤ Itsasoko zonaldeak eta mikroorganismoen banaketa

○ Zonalde pelagiko-neritikoak:

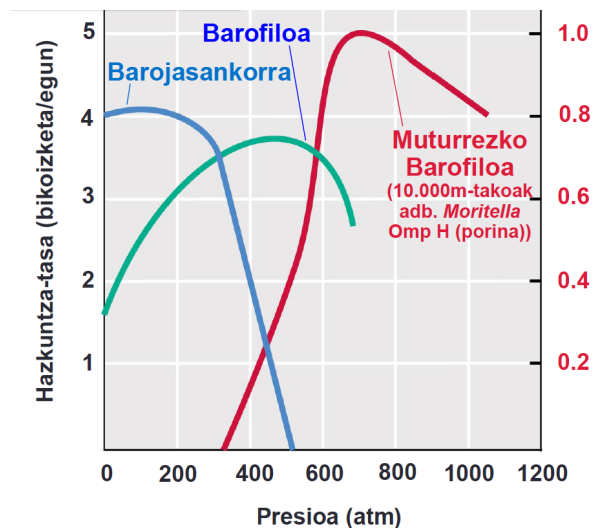
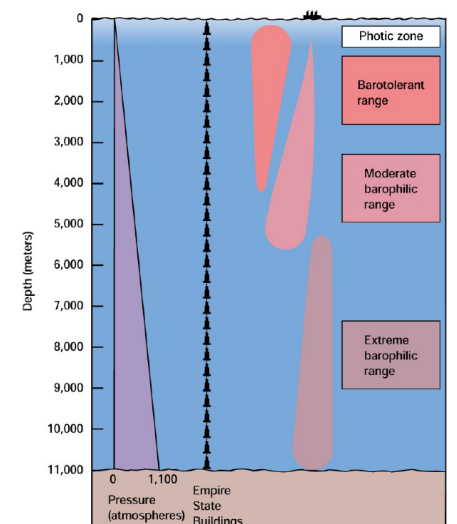
- Elikagai gehiago daude: Lurretik, giza-aktibitateetik eta gainazaleko uren igoeratik datozenak.
- Mikroorganismo fototrofo gehiago daude.
- Bakterio heterotrofo eta animali gehiago daude.

- Ez da berdina isatso sakonean egongo dena eta itsasoaren zonalde pelagikoen egongo dena. Zenbat eta kostaldetik gertuago egon, mikroorganismoen dentsitate handiagoa izango da elikagaien kontzentrazioa eta sarrera handiagoa baita.

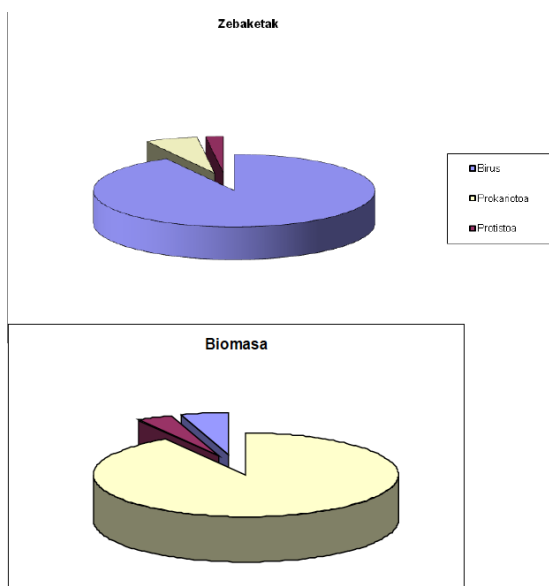


Garrantzia erlatiboa oso ezberdina da gainzal txikietan baina zenbat eta sakonago joan, arkeoen eta bakterioen garrantzia parekatu egiten da.

### o Zonalde batipelagikoa



➤ Zenbat mikrobio planktoniko daude?



- Dentsitateari dagokionez, birus gehiago daude.

Birus>Prokarioto>Protozoo

Baina filtro bat jarri behar zaio honi, izan ere, tamaina ere izan behar dugu kontuan

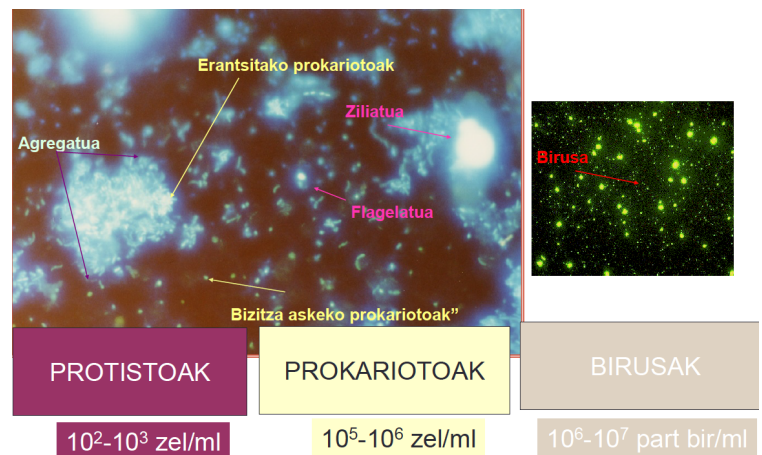
- Biomazari dagokionez (Garrantzitsuago)

Prokarioto>Birus>Protozoo



➤ Planktona gainazaleko kantaurreak itsasoan

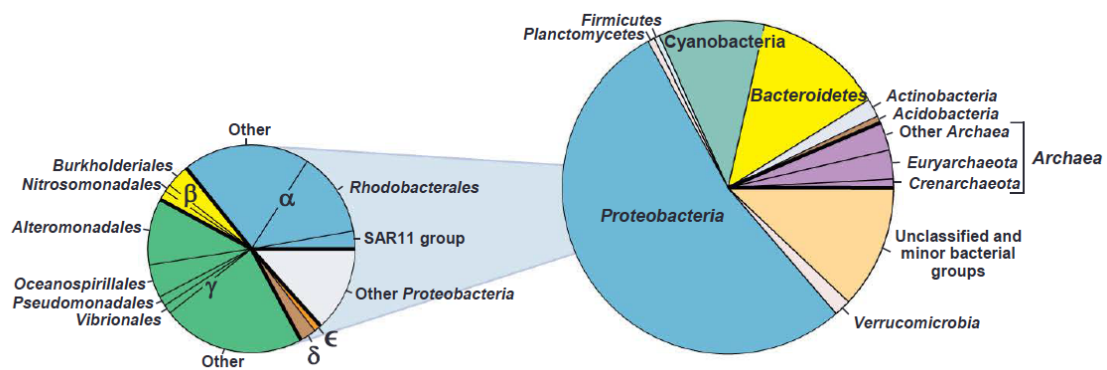
Prokariotoak modu askean edo partikulen gainean agregatu bezala ager daitezke. Hortaz, Kantauriar itsasoan dagoen planktonaren konposizioa dibertsoa da: Eukariotoak (protistioak), prokariotoak (bakterio eta arkeoak) eta birusak daude.



- Mikroorganismoen filogenia osatzen.

Morfologikoko oso berdinak diren mikroorganismoak ezin dira mikroskopiko ezberbindu. Hori dela eta, RNA err 16 s kronometro ebolutiboa erabili zen mikroorganismoak taxon ezberdinetan banatzeko. RNA erribosomikoan dauden aldaketa kopurua ezagutuz, bakterio batetik bestera dagoen erlazio filogenetikoa ezarri daiteke.

Helburua: Itsasoko prokariotoen talde filogenetiko nagusiak ezagutzea.

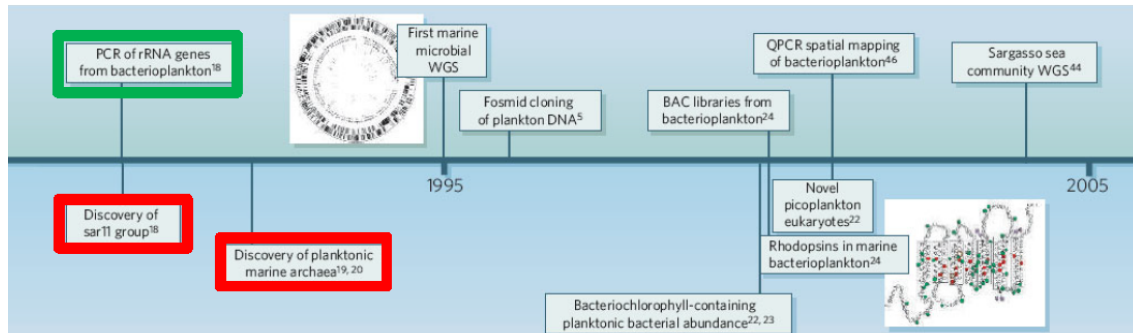


Prokariotorik ugariena Itsasoan: Alfa eta Gamma proteobakterioak. Gaur egun soilik Beta proteobakterioak daude kultibatuta eta ikertuta.

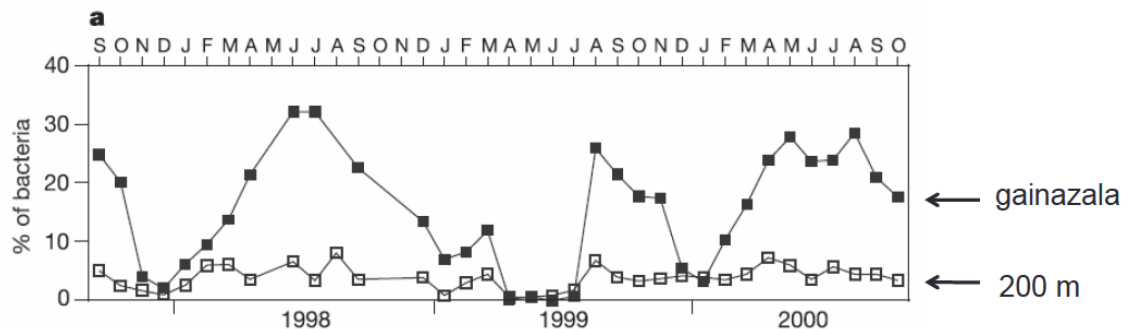
- Unclassified: Erabilitako metodoko zundek batzuetan ez dute hibridatzen mikroorganismoekin eta taldeak identifikatu gabe gelditu daitezke.
- Arkeoak: Gainazalean arkeoak dentsitate erlatiboki baxuetan agertzen dira baina itsasoan nabariagoak dira.
- Hiru talde oso nabariak agertzen dira.
  - ✓ Zianobakteriak.
  - ✓ Bacteroidetes: Materia organiko polimerikoa degradatzeko gaitasuna dute.
  - ✓ Proteobakterioak: Ugariak.

### 3. Aurkikuntza

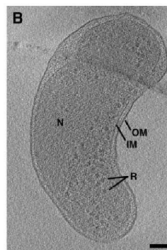
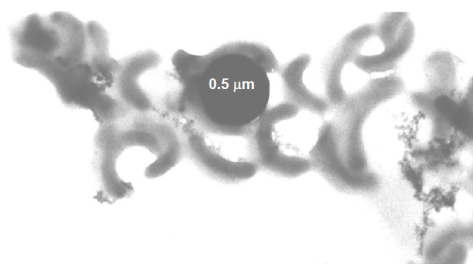
- Metodologia
  - PCRa bakterioplanktonaren rRNA geneetan.
- Aurkikuntza
  - SAR11 bakterioa eta bere dentsitatearen garrantzia erlatiboa.
  - Arkeo itsastarren presentzia planktonikoa.

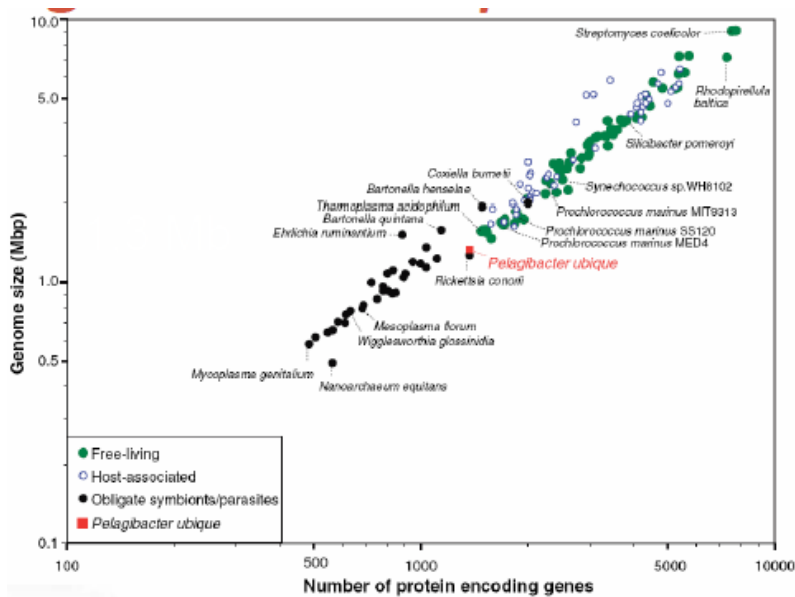


- SAR11
  - Planeta honetako izaki bizidunik ugariena; *Pelagibacter ubique*.
  - Alfa proteobaterio taldean sailkatzen da, bakterio talde abundanteenetarikoa.
  - Sargasso itsatsoan aurkitu zen 1990.urtean.
  - Prokariotoen rRNA-ren %12,5a bakterio honi dagokio.
  - Bakterio txikia da E.coli-rekin konparatuz.
  - Detektatzeko erabilitako metodologia; zunda filogenetikoa.
    - ✓ Sakontasun ezberdinetan duen garrantzia erlatiboa ikertu da.
    - ✓ Bakterio honen dentsitatea sasoien arabera aldatzen da.
    - ✓ Sakontasun handiagoetan dentsitatea eta abundantzia erlatiboa murriztu egiten da.



- SAR11 munduko ozeano guztietan dago eta gainera sakontasun ezberdinetan, ubikuoa da.
- Mikroorganismo hau soilik behin kultibatua eta isolatua izan da. Nahiz eta izaki bizidun abundanteena izan, kultibatzea eta isolatzea oso zaila da, bakarrik Rappé et al-ek lortu zuten.
- Herradura formakoa da eta 0.5 um-ko tamaina du.



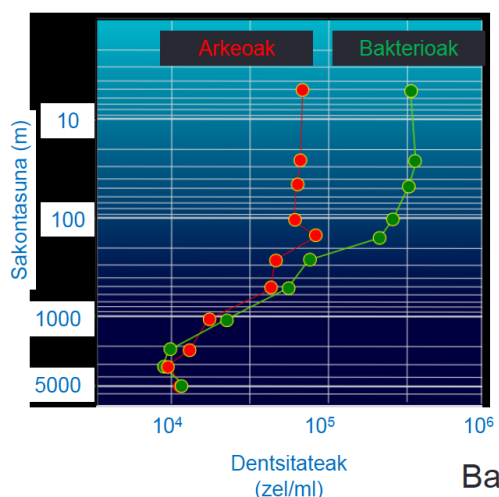


Ezagutzen diren bakterioen askeen artean, genomarik txikiena duen mikroorganismoa da. Nahiko moldaturik dagoelaren seinaleztat har dezakegu hau.

|              |   |
|--------------|---|
| Metabolismoa | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Oligotrofoa</li> <li>- Kimiorganotrofoa ( Arnastzailea)</li> <li>- Fototrofoa ( proteorodopsina): pigmentu bat izaterakoan, kapaza da energia ateratzeko materia organikotik eta eguzki energiatik.</li> <li>- ABC transportatzaile asko ditu ( susbtratuekiko afinitate handikoak)</li> </ul> |
| Morfologia   | - Oso txikia da (0.2-0.5) um bitartekoa   |
| Ekologia     | - Ozeanoko prokariotorik ugariena $10^5 \cdot 10^6$ zel/mL  |

➤ Arkeoen garrantzia itsasoan

- Ozeano Antartikoan edo Bare ozeanoan prokariotoen 20%-a Arkeoak dira.
- Oraindik kultibatu gabe daude, bat izan ezik; *Cenarchaeum symbiosum*.

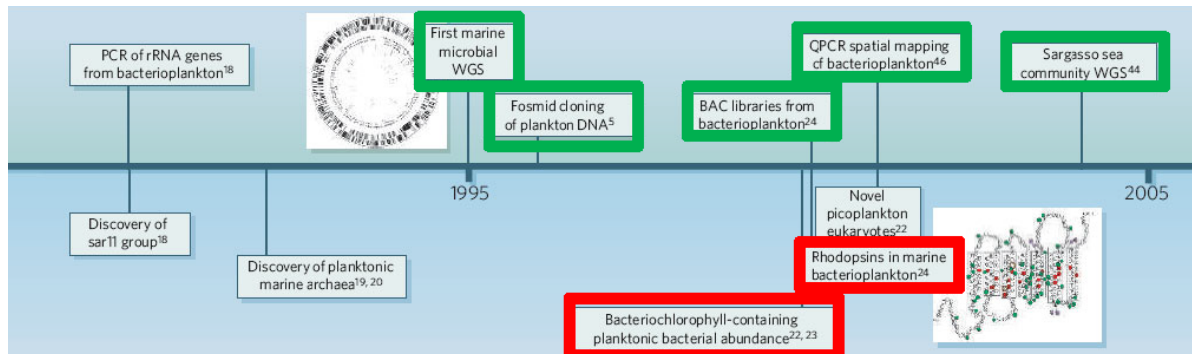


- Sakontasun txikietan bakterioen dentsitatea arkeoena baino handiagoa da.
- Sakontasun oso altuetan bien dentsitatea parekatu egiten da, biek dentsitate baxuetan egonik.
- Bare itsasoan egindako ikerketa.

Itsas arkeoak: *Nitrosopumilus maritimus* eta *Thaumarchaeota*.

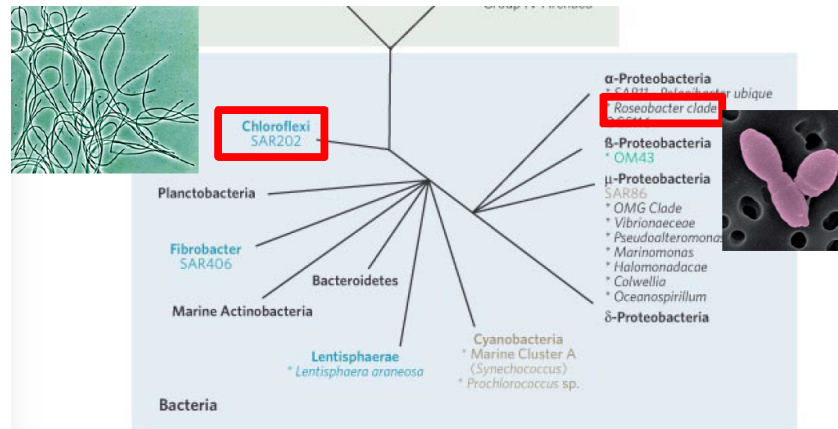
#### 4. Aurkikuntza

- Metodologia
  - Lehenengo itsas mikrobien WGS-a.
  - BAC bakterioplankton liburutegiak.
  - QPCR eta bakterioplanktonaren mapazio espaziala.
  - Sargasso Itsasoko komunitate WGSa.
- Aurkikuntza
  - Proteorodopsina SAR11 bakterioan.
  - Bakterioen garapen ebolutiboa.
  - Mikroalgak eta zianobakterioak ez diren zenbait bakterio fototrofoen aurkikuntza.



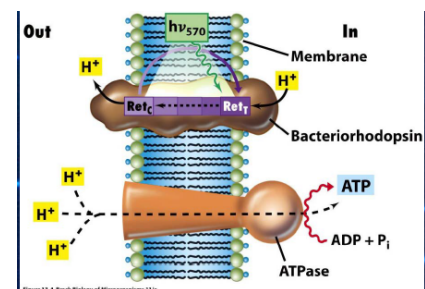
#### ➤ Bakterio fototrofo berdeak

- Beste itsas-prokarioto fotosintetisatzaile batzuk: *Chloroflexi* eta *Roseobacter clade*.
- *Chloroflexi*: Planetako lehendabiziko izaki bizidun fototrofikoaren antz handia du.

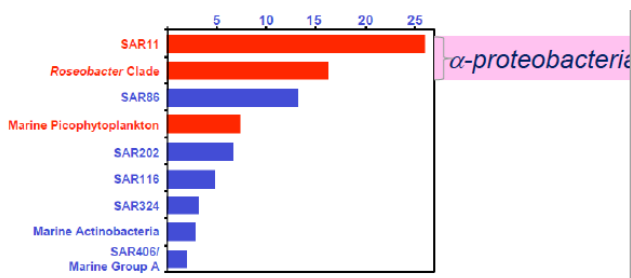


#### ➤ Proteorodopsinen garrantzia itsasoan:

- Pigmentu bat da.
- Orain dela 17 urte aurkitu zen baina orain dela 5 ikusi zen SAR11-k bazuela.
- Eguzki energiaren xurgapena eta karbonoaren zikloan prozesua klorofilarik gabe.



## ➤ Bakterioplanktonaren abundantzia erlatiboa



Giovannoni & Rappé 2000

- Alfa proteobakterioak dira ugariak, hauen artean SAR11 bakterioa.
- Badaude oso ugariak diren bakterioan baina oraindik kultibatuak eta ikertuak izan ez direnak.

### Ez-kultibaturiko bakterioak

SAR86 taldea ( $\gamma$ -proteobacteria)

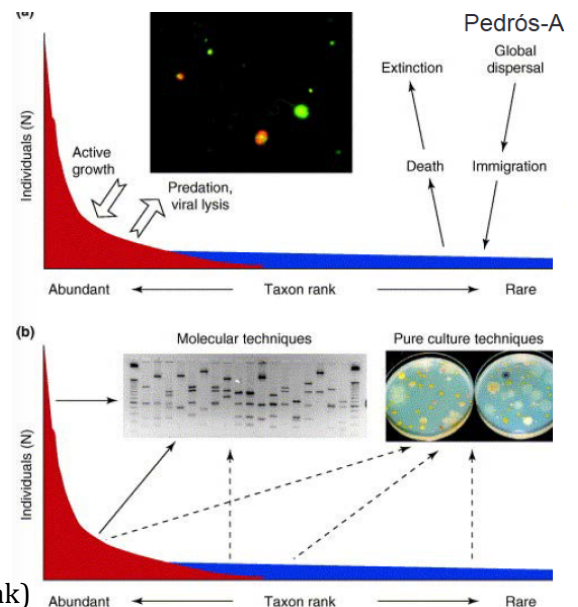
SAR 202 taldea (*Chloroflexi*)

SAR 116 taldea ( $\alpha$ -proteobacteria)

Ekoizpen sekundarioa: Bakterioplanktonaren abudantzia eta dibertsitate metabolikoa.

- Kimioorganotrofoak ( Heterotrofoak)
  - ✓ *Pelagibacter* (oligotrofo, rodopsina)
  - ✓ Bakterio Gram negatiboak: *Pseudomonas*, *Vibrio*, *Flavobacterium*
- Kimiolitotrofoak (S eta N zikloak)
  - ✓ *Nitrosococcus*, *nitrosomonas*, *nitrospina*, *Nitrobacter*
- Arkeoak (kimiolitotrofoak, amoniaoren oxidatzaileak)
  - ✓ Crenarchaeota

- Abundantzia handiko izaki gutxi
  - Ekosistemaren funtzio gehienak betetzen dituzte
  - Aktiboki hazten dira
  - Harraparitza eta lisi birikoa jasaten du
  - Detekta daitezke teknika molekularren bidez
  - Zaila da beraien hazkuntza kulturetan
- Abundantzia baxuko izaki asko ( seed bank of many rare taxa)
  - Hazkuntzarik ez edo hazkuntza motela
  - Harraparitza eta lisi biriko gutxi jasaten dute
  - Azarez detekzio teknika molekularren bidez
  - Askok haz daitezke kulturetan



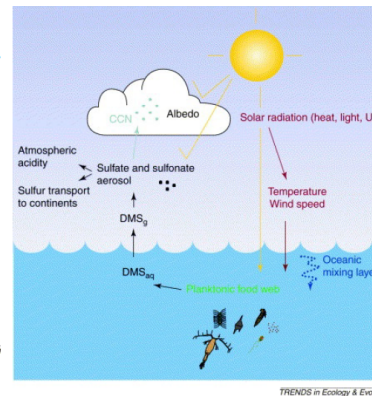
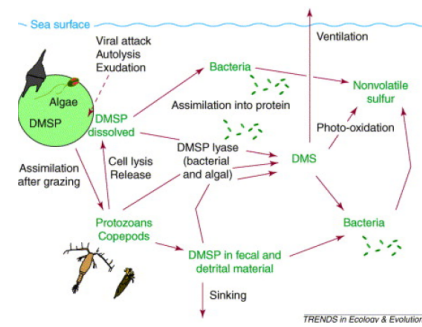
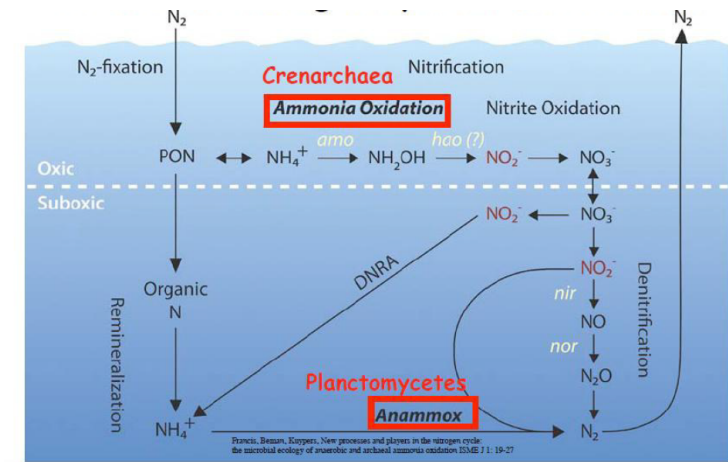
Dibertsitatea ( Aktiboak eta abundanteak diren izakiak)  
 Biodibertsitatea (informazio genetiko guztia kontuan hartuz).  
 Zenbat eta dibertsitate handiagoa ordun eta sistemaren bideragarritasun handiagoa.



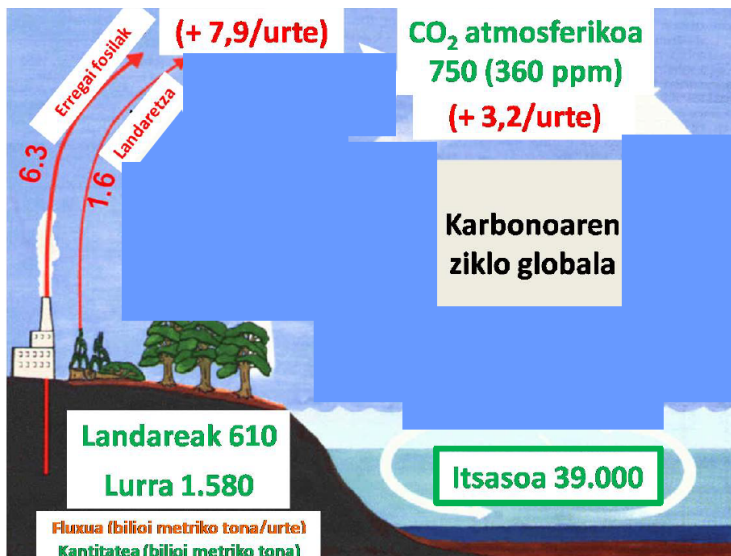
- Dibertsitatearen orokortasun batzuk:
  - Itsas hondoan gutxi gorabehera 2500 andui. Gainazalean 500 andui gutxi gorabehera.
  - 100-200 prokarioto lagin guztietan agertzen dira 1500 prokarioto bakarrik lagin batzuetan
  - Partikuletan fase likidoan baino prokarioto-dibertsitate handiagoa. *Planctomyces* asko partikuletan.

## ZIKLO BIOGEOKIMIKOAK

### 1. Nitrogenoaren eta sulfurearen zikloa itsasoan



### 2. Karbonoaren zikloa (Garrantzitsua)



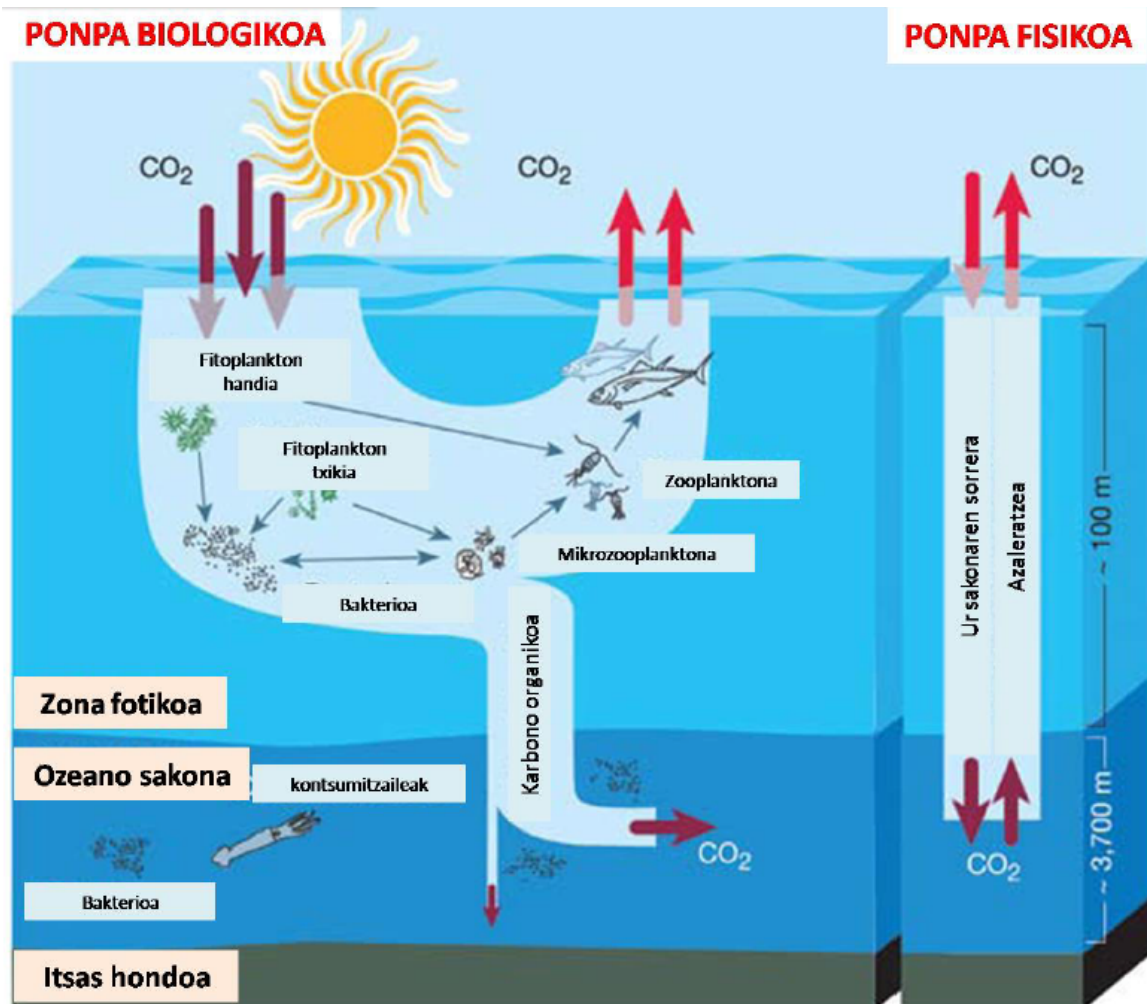
- Gizakiak atmosferara askaturiko anio karbonikoaren erdia baino gehiago planetak xurgatzen du, beste erdia atmosferara igortzen da eta berotegi efektua sortzen du.

- Xurgaturiko erdiaren erdia (totalaren 1/4): Itsasoak xurgatzen du. Ozeanoak zaintzen ez baditugu hauek egite duten anio karbonikoaren xurgapen tasak aldatu daitezke. Izaki bizidun ezberdinek (batez ere mikroorganismo eta algek) anio karbonikoa bererabiltzen dute.

- Xurgaturiko erdiaren erdia (totalaren beste 1/4): landareek erabiltzen dute fotosintesia egiteko.

Itsasoan gertatzen dena eta landareek egiten dutena antzekoa da, izan ere, ozeanoren parte hartzea pixkat bat handiagoa da.

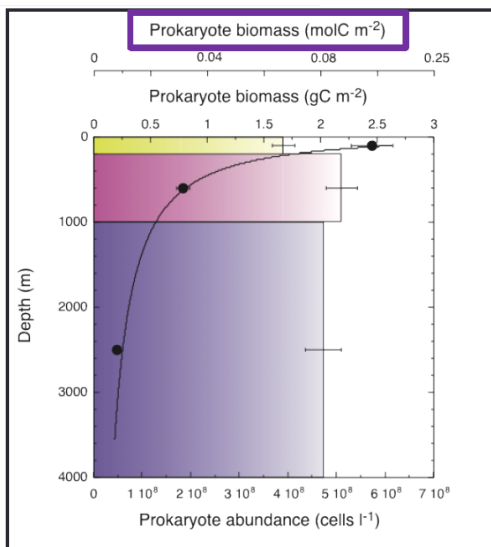
- Zelan gertatzen da?
- Itsasoan bi ponpa daude anio karbonikoa xurgatzeko.
- a. Ponpa fisikoa: Itsasoko korronteetatik eta uraren mugimendu dela eta azalerako karbono dioxidoa askatu egiten da atmosferara eta alderantziz. Atmosferako karbono dioxidoa uretan disolbatu egiten da eta ur korronteen bitartez itsasoko sakonetara bidaiatzen du.
  - b. Ponpa biologikoa: Ponpa fisikoa baino anio karboniko gehiago xurgatzen du. Garrantzitsuagoa da ponpa anio karbonaren xurgapenean. Mikroorganismo eta izaki bizidunen bitarteko anio karbonikoaren finkapena itsasoan. Gainazalean izaki bizidun batzuk egongo dira eta anio karbonikoa erabiliko dute, fototrofikoak (algak, mikroalgak, bakterioa, diatomeoak). Beste mikroorganismo batzuek ekoizle primarioek sorturiko materia organikoa erabiliko dute. Materia organikoa degradatzeko arnasketa egingo dute anio karbonikoa berriro atmosfera askatuz. Beraz bi gertaera emango dira: anio karbonikoaren askapena atmosferara eta atmosferatik itsasorako finkapena. Oreak bat mantenduz. Hala ere, sarrera askapena baino handiagoa da, baina sarturiko gehiena materia organiko moduan gordeko da ozeanoetan (izaki bizidunen eskeletoetan, itsas hondoa...)



➤ Ozeano sakona (zonalde batipelagikoa)

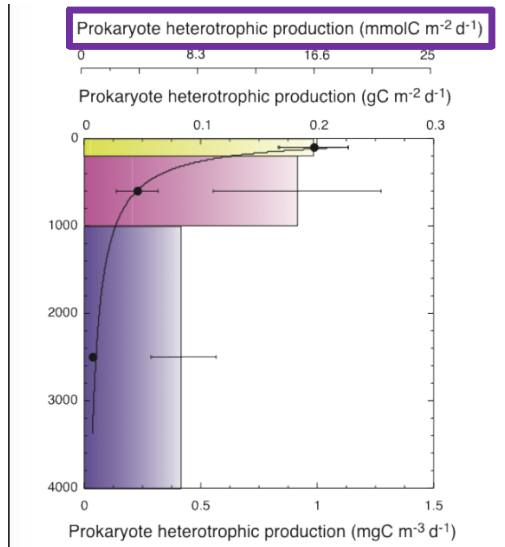
- Argia 200m-tara heltzen da (aktibitate altuak zonalde fotikoan)
- 200-1000m: aktibitate biologiko nahiko altua
- >1000 m beherantz dagoena: aktibitate gutxi
- Ozeanoaren 75%aren sakonera 1000-6000m-takoa da
- Muturreko ingurumenen bizi dira bertako mikroorganismoak:
  - ✓ Temperatura baxuak (2-3°C): Mikroorganismo psikrofiloak edo psikrojasankorrak izango dira.
  - ✓ Iluntasuna: Kimiotrofoak.
  - ✓ Presio altuak (1 atm/10m): psifiloak edo psijasankorrak.
  - ✓ Elikagai gutxi: Oligotrofoak

Prokariotoen biomasa sakontasunaren arabera: Itsaso ilunak (Meso + Bati) prokariotoen 75%a dauka.



Epi= %28,3  
Meso= %37,5  
Bati= %34,2

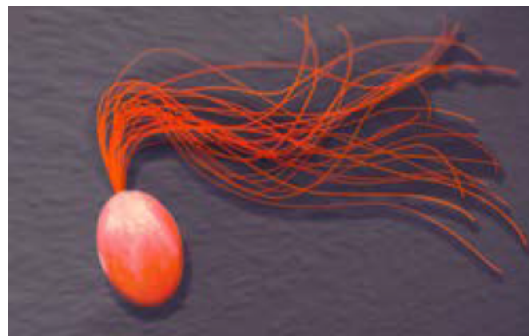
Prokariotoen produkzioa –ekoizpen sekundarioa sakontasunaren arabera: Itsaso ilunak (Meso + Bati) prokariotoen produkzioaren 56%a



Epi= %43  
Meso= %39,3  
Bati= %17,7

➤ Prokariotoak Itsas-sedimentuetan

- Itsas sedimentuetan nagusi den mikroorganismoa: *Pyrococcus furiosus*



- Fumarolak eta haspide hidrotermalak: Itsas hondoan dagoen ingurune berezia. Bertatik sulfhidrikoa et ur beroa ateratzen delako, beraz inguruko kate trofiko oso berezia izango da. Ingurune hauetan aurkitzen diren mikroorganismoak kimiolitrotrofoak izango dira.

Adb; *Methanopyrus*, *Methanosarcina*, *Pyrolobus*, *Pyrodictium*, *Pyrolobus fumarii*

- Hipertermofiloak: Planetako bizitzaren jatorria? Temperatura altuak, H<sub>2</sub> eta C iturri handia dago haspide hidrotermaletan, orain dela denbora asko bezala. Haspide hidrotermaletan gaur egun ematen diren baldintza fisikoak, planetan bizia sortu zeneko garaian zeuden baldintza berdinak ziren.
  - *Pyrolobus*: *Pyrolobus* bezalako izakia izan lirateke planetan agertu zen lehengo bizi forma.

#### Laburpena:

1. Itsasoa mikroorganismo bezalako dago
2. Beraien dibertsitatea ez da morfologikoki adierazten.
3. Lan-tresna molekularrak behar ditugu jakiteko zeintzuk diren, zenbat diren eta zer egiten duten
4. Ez dakigu zenbat bakterio-espezie dauden, baina bai asko direla
5. Ez ditugu ezagutzen beraien funtzio asko, baina agian ahalmen interesgarriak egon daitezke
6. Espezie berrien agerpenagatik karbono- eta energia-fluxuak itsasoa alda daitezke
7. Interesgarria: *Census of marine life*