

5. Gaia: Ekosistema naturaletan mikroorganismoen komunitateak

Anduia/espeziea

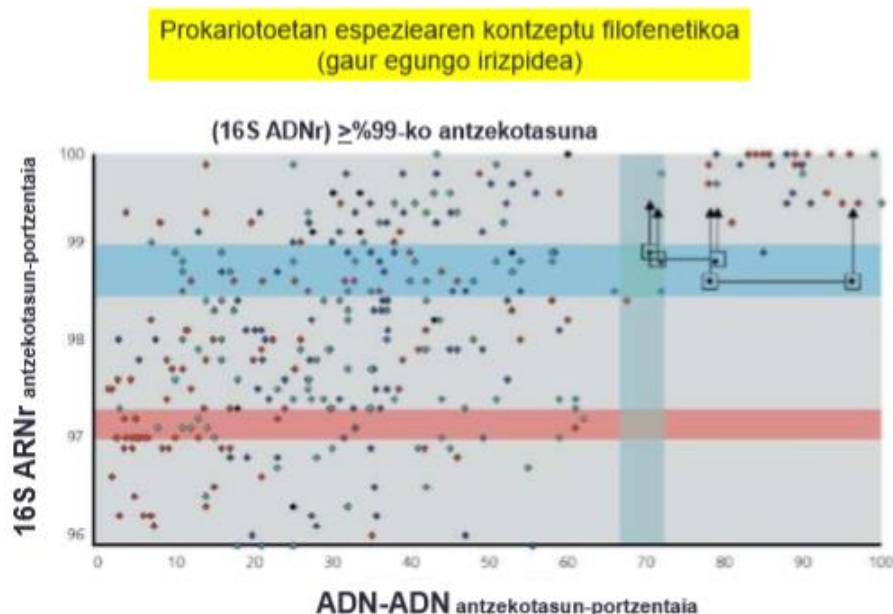
Biologian ezaugarri fisiko eta biologiko berberak dituzten eta beren artean soilik gurutzatzen diren edo gurutza daitezkeen banakoz osatutako taldea, sailkapen taxonomikoaren unitatea dena. Espezieak generoak osatuz elkartzen dira, eta beren barnean subespezie, barietate eta arrazak bereizten dira. (Prokariotoetan ez dauka sentsurik).

Biologian espezieak desberdintzeko irizpideak oso errazak dira. Baina, mikrobiologian ez da hori gertatzen. Mikroorganismo desberdinen artean arazoak. Mikrobiologian bi mikroorganismo desberdintzeko erabiltzen diren tresnak bi dira:

- DNA-DNAren hibridazioa $>70\%$ izatea.
- 16S rRNA geneen sekuentzien berdintasuna $>97\%$ izatea.

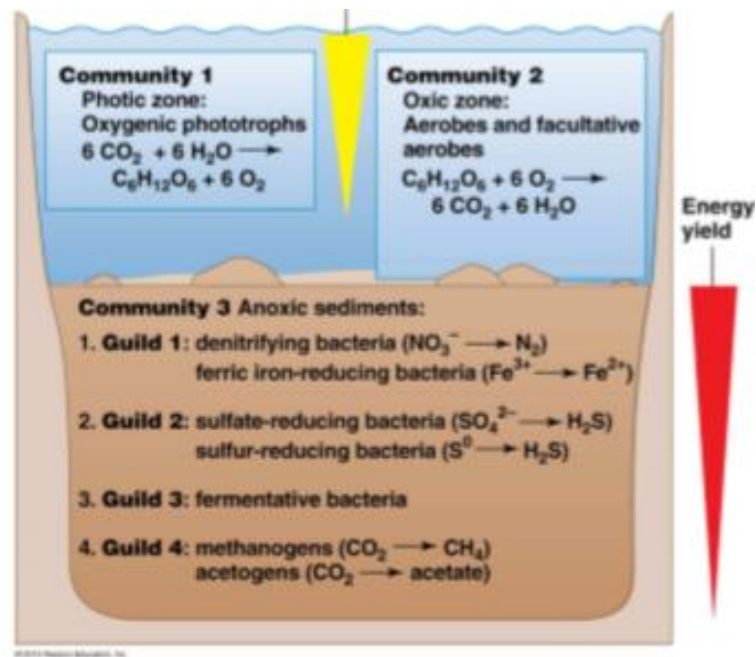
Hori dela eta, ez da erabiltzen espeziea edo andui hitza, erribotipo, filotipo edo OTU (unitate taxonomiko operatzipionala) bezalako kontzeptuak erabiltzen baditugu askoz ere hobeto.

Irudia: Mikroorganismo desberdinetaz hitz egiterakoan kontzeptu desberdinak erabiliko dira. Guk muga irudiko marra urdinetan jartzen badugu, eskumara dagoena ontzat emango dugu eta ezkerrera dagoena txartzat.



Definizioak

- Mikrobio-populazioa: Leku eta denbora berean mikrobio-espezie berdinak multzoa.
- Mikrobio-komunitatea: Leku zehatz batean aldi berean dauden bi edo populazio gehiago.
- Guild (gremioa): Metabolikoki erlazionaturiko izakien taldea.
- Txoko ekologikoa: Gremio desberdinek konpartitzen duten bizilekua (baliabideak + baldintzak).



Komunitatearen ekologia

Toki zehatz batean dagoen komunitatearen egitura, espezieen arteko elkarrekintzak, populazioen biogeografia, ugaritasuna, banaketa mugak aztertzen dituen arloa da.

Komunitatearen egitura biodibertsitatean datza:

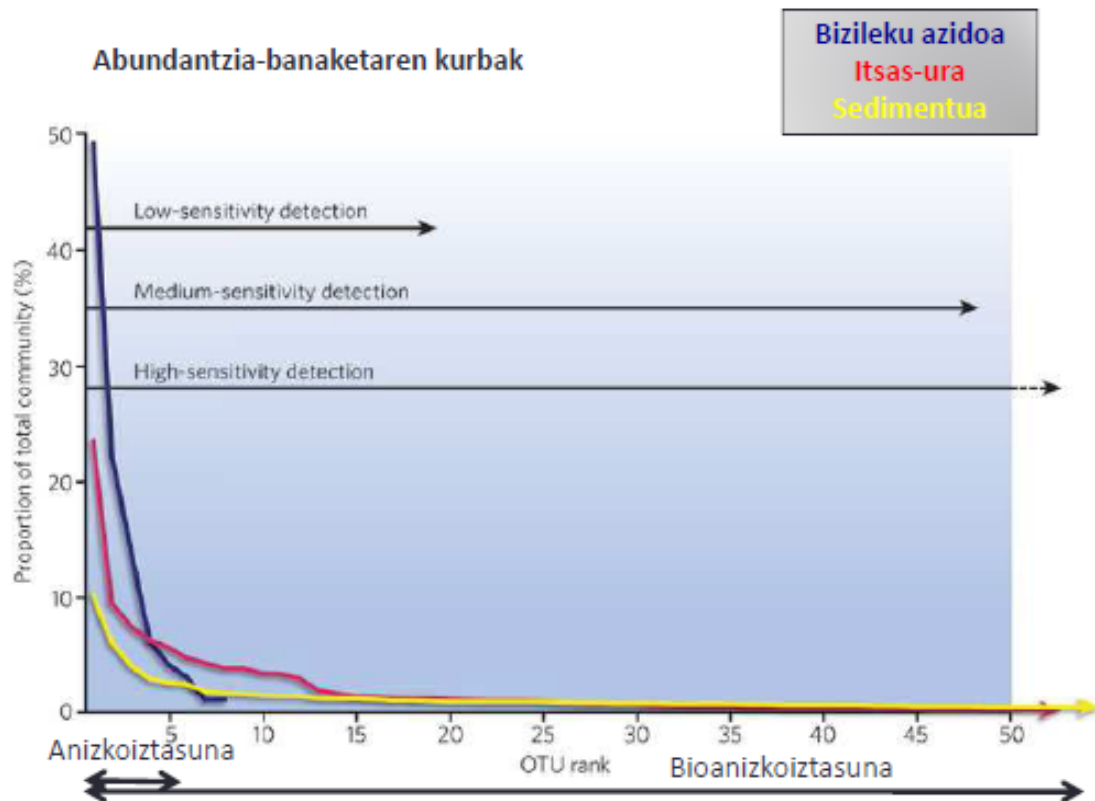
- Zenbat espezie daude (aberastasuna)
- Nortzuk dira (nortasuna)
- Ugaritasun erlatiboa (ekitabilitatea)

Mikrobio-dibertsitatea

Mikrobio-komunitateek dibertsitate handia dute. Bakterio komunitateen filotipoen zenbakia medioaren arabera da. Gainera, tartea ere garrantzitsua da: adb. 1000- >10.000. Detektapena baxua bada, soilik ugarienak aztertuko ditugu baina sentikortasuna oso ugaria bada, bio-dibertsitatea aztertu ahalko dugu. Argi izango dugu mikrobio dibertsitatea oso desberdina dela inguru desberdinetan.

Ugaritasun-banaketa:

- Oso ugariak diren filotipo gutxi (filotipo gainartzaileak)
- Ugaritasun txikiko filotipo asko (bioesfera arraroa)
 - 100 filotipo gainartzaile Komunitatearen %80a
 - Milaka filotipo arraro Komunitatearen %20a



J. A. Fuhrman. *Nature*, 2009

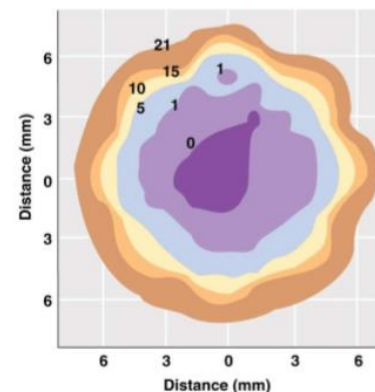
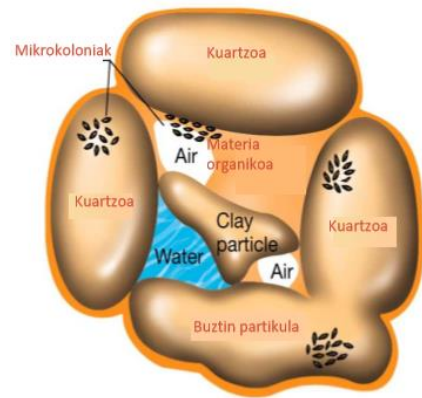
Adibidez, planktonaren paradoxa. Ur-sistemak ingurugiro sinpleak, elikagai eta beste baliabide gutxikoak dira. Ondorioz, ur-mikroorganismoek lehiatzen dute mugaturiko baliabideak lortzeko. Lehiaketa-bazterketaren oinarriaren arabera, espezie arrakastatsu gutxi gainezartzen dira besteak baztertuz. Ondorioz, teorikoki, dibertsitate baxua egon beharko litzateke baliabide gutxi eta espezieen arteko lehia gogorra bada. Nahiz eta batzuk ugariak izan, besteak mantendu egingo dira. Orduan, nola azaldu dibertsitate handia horrelako inguruetan? Sistemako ezaugarrien aldaketek espezie asko batera egotea justifikatzen dute. Sistemak aldaketak gertatzen dira eta aldaketak ematean mikroorganismo murriztenak izango dira handituko direnak. Aldaketa hauen zergatiak hiru dira:

1. Mikroinguruneak
2. Lo egoera
3. Bottom-up eta top-down erregulazioak

1. Mikroingurua:

Mikroorganismo bat inguratzen duen ingurune kimiko-fisiko hurbila da mikroingurua. Mikroingutuneak oso txikiak dira, 3 mm-ko distantzia 3 μ m-ko bazilo batentzat, gizaki batentzat 2 Km-ko distantzia bezalakoa da. Bizileku batean mikroinguru desberdinak egon daitezke.

Lur partikula batean oxigeno-mikroinguru desberdinak egon daitezke. Gainazaleko geruzetan dauden mikroorganismoek kontsumitu egiten dute oxigeno guztia eta erdian ingurune anoxikoa sortzen da. Ondorioz, 3mm-ko erradioan guztiz desberdinak diren mikroorganismoak ager daitezke.



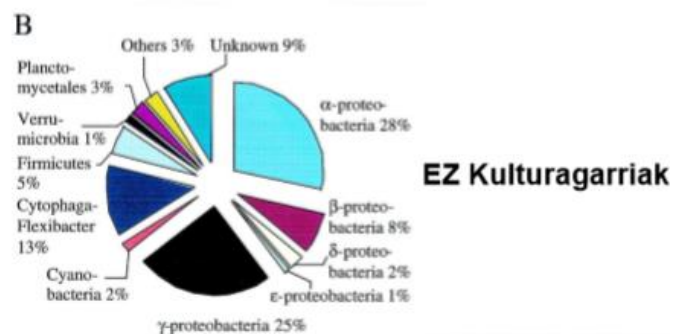
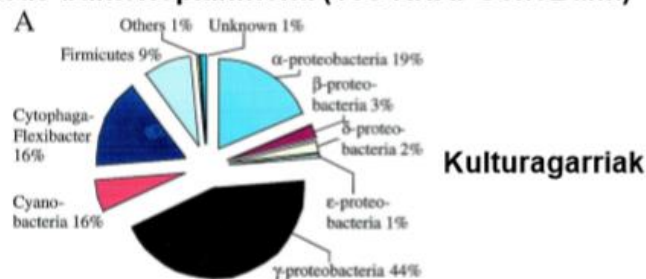
2. Lo egoera

Mikroorganismo batzuk lo-egoeran agertzen dira sistema naturaletan. Ez daude aktibo baina baldintzak aldatzen badira haien ugaritasuna emendatu egingo da. Irudian itsasotik ateratako ur laginean egindako azterketa ikusten da. Bertan, mikroorganismo kultibagarriak eta ez-kultibagarrien arteko desberdintasunak aztertu dira. Lagina kultibatzen badugu, talde garrantzitsuena gamma proteobakterioak izango dira. Baina beste metodo baten bidez benetan daudenak aztertzen baditugu, ugariak alfa proteobakterioak izango dira. Azterketa honetik ateratzen den ondorioa da, horrelako bakterio asko lotan egongo direla eta baldintza egokietan jarri ondoren hazi egingo direla.

Desberdintasunak kulturagarri eta ez-kulturagarrien artean (lo-egoera)

Mikroorganismo kulturagarriak naturan daudenak adierazleak dira?

Itsas-bakterioplanktona (16S RNAr GeneBank)



Hagström A et al. Appl. Environ. Microbiol. 2002;68:3628-3633

Applied and Environmental Microbiology

journals.ASM.org | Copyright © American Society for Microbiology. All Rights Reserved.

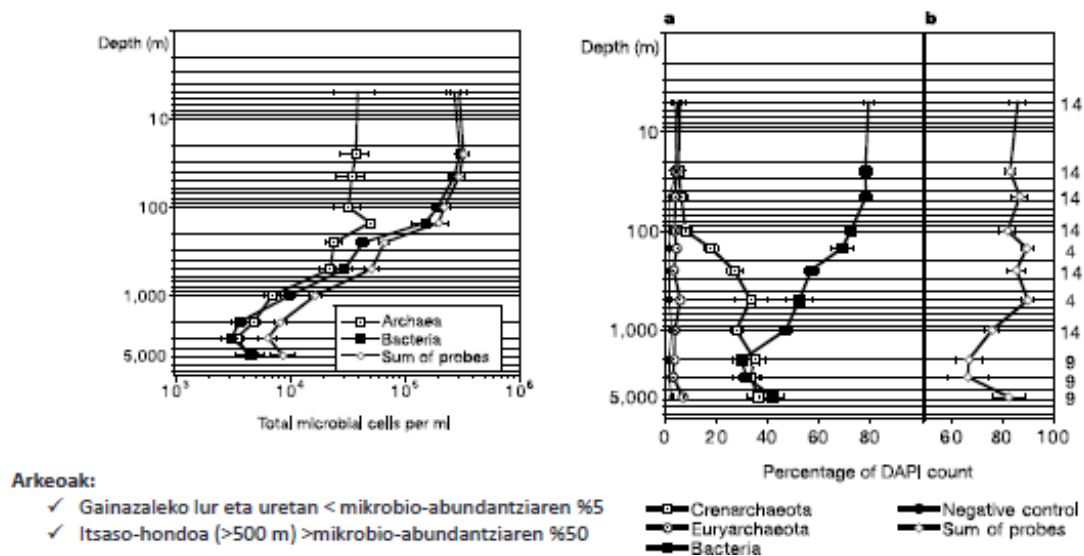
3. BOTTOM-UP eta TOP-DOWN erregulazioa

Bio-dibertsitatearen erregulazioa edo mikroorganismoen ugaritasuna bi metodoen bidez ematen da:

- BOTTOM-UP: Komunitate baten filotipoen ugaritasuna eta aberastasuna bizilekuan dauden elikagaien mota eta abundantzia, eta baldintzen menpekoa da. Erregulazioa sistema natural batean dauden elikagaien kontzentrazioak egingo du eta ingurugiroko baldintzak.
- TOP-DOWN: Bakterio-komunitate baten filotipoen ugaritasuna eta aberastasuna harraparitza eta lisi birikoaren menpe dagoenean. Kasu honeta, goitik etorriko da dibertsitatearen erregulazioa. Bakterioen dibertsitatea erregulatuko dute, protozoek bakterioengan egiten duten harraparitza eta birusek egiten duten lisi birikoa.

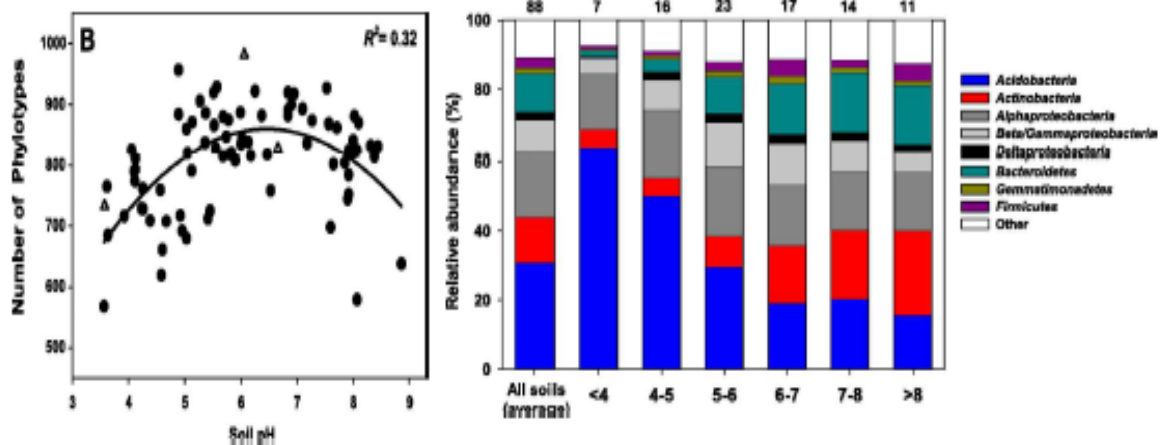
Hortaz, bottom-up eta top-down mekanismoen bidez, erregulazioari esker, dibertsitatea mantendu egingo da.

Irudi hauetan edozein ozeanoetan gertatzen dena dugu. Beltzez agertzen dena bakterioen dentsitatea da. Zuriz arkeoen dentsitatea. Azalean, bakterioen dentsitatea arkeoena baino bi aldiz handiagoa da. Baina 1000m-tako sakontasunean, bakterio eta arkeoen ugaritasuna berdindu egiten da. Kasu honetan erregulazioa ugaritasuna aldatzeko, bottom-up izango da. Mila metroetako ingurunea guztiz desberdina izango delako. Elikagaien kalitatea guztiz desberdina da.



Hurrengo irudian beste adibide bat dugu, pH desberdinetako lurretan agertzen dituen bakterio kopuru inportanteenak, edo bakterio mota desberdinen kopuru garrantzitsuena. Lurreko pH oso azidoa baldin bada, lur horretako mikroorganismo dentsitatea oso baxua izango da, gehien bat azidobakterioak izango dira. pH neutroagoa denean, talde gehiago agertuko da. Kasu honetan ere bottom up erregulazioa ematen da.

pH desberdinetako lurretan eta nahasturiko lurrean bakterio-taxon gainzartzaileen abundantzia erlatiboak.



BOTTOM-UP erregulazioa

Zerrendan bottom-up erregulazioan normalean eragin handiagoa duten faktoreak agertzen dira. Nitrogenoa, karbonoa, elektroio hartzaile eta emaleak. Hauetaz aparte inguruko baldintzak ere eragiten dute: temperatura, ph...

BOTTOM-UP erregulazioa

Table 23.1 Resources and conditions that determine microbial growth in nature

Resources

Carbon (organic, CO_2)
 Nitrogen (organic, inorganic)
 Other macronutrients (S, P, K, Mg)
 Micronutrients (Fe, Mn, Co, Cu, Zn, Mn, Ni)
 O_2 and other electron acceptors (NO_3^- , SO_4^{2-} , Fe^{3+})
 Inorganic electron donors (H_2 , H_2S , Fe^{2+} , NH_4^+ , NO_2^-)

Conditions

Temperature: cold \rightarrow warm \rightarrow hot
 Water potential: dry \rightarrow moist \rightarrow wet
 pH: 0 \rightarrow 7 \rightarrow 14
 O_2 : oxic \rightarrow microoxic \rightarrow anoxic
 Light: bright light \rightarrow dim light \rightarrow dark
 Osmotic conditions: freshwater \rightarrow marine \rightarrow hypersaline

Materia organikoz aberasturiko lurretan: ugaritasun ertaineko espezie kopuru altua

Muturrezko inguruneak: ugaritasun handiko espezie kopuru baxua (espezie bat edo gutxi)

TOP-DOWN erregulazioa

Protozooek egindako harraparitza-tasa eragiten duten faktoreak:

- Harrapakinen tamaina
- Harrapakinen gainazaleko geruzen konposaketa.
- Askaturiko konposatu kimikoen erakarpena edo aldarapena

Birusak oso abundanteak dira. Birusa: bakterioa erlazioa gutxi gorabehera 10:1-ekoa da. Birusa ostalariarekiko espezifikotasun handia daukate, harrapakinaren abundantziaren handipenarekin batera lisi birikoaren presioaren handipena ematen da (harrapakinaren abundantzia handiagoak handitzen du topatzeko probabilitatea). Hipotesia: “hil irabazlea” (Thingstad, 2000)→ birusek dibertsitatea erregulatuko dute. Bakterio mota baten dentsitatea altua bada, birusek mota horretako bakterioengan lisi birikoa eragingo dute eta honen proportzio erlatiboa jaitsiko dute.

Mikrobio-mikrobio elkarrekintzak

Erlazio neutroa

1. Neutralismoa

Erlazio positiboa

2. Komentsalismoa
3. Mutualismoa (edo “sinbiosia”)
4. Protokooperazioa, sintrofia, sinergismoa

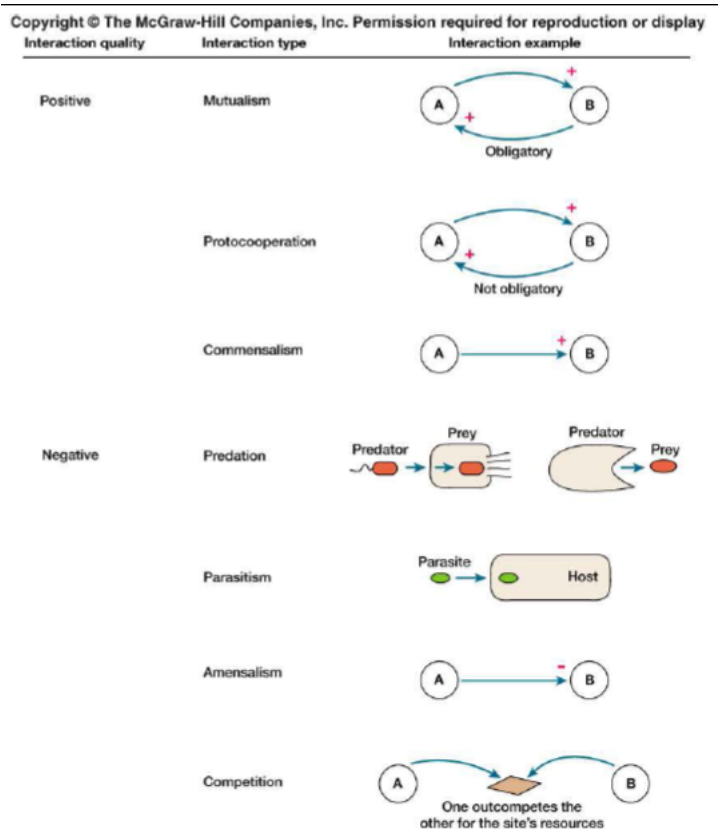
Erlazio negatiboa

5. Lehiaketa
6. Antagonismoa (amentsalismoa)
7. Bizkarroitzia
8. Harraparitza

1. Neutralismoa

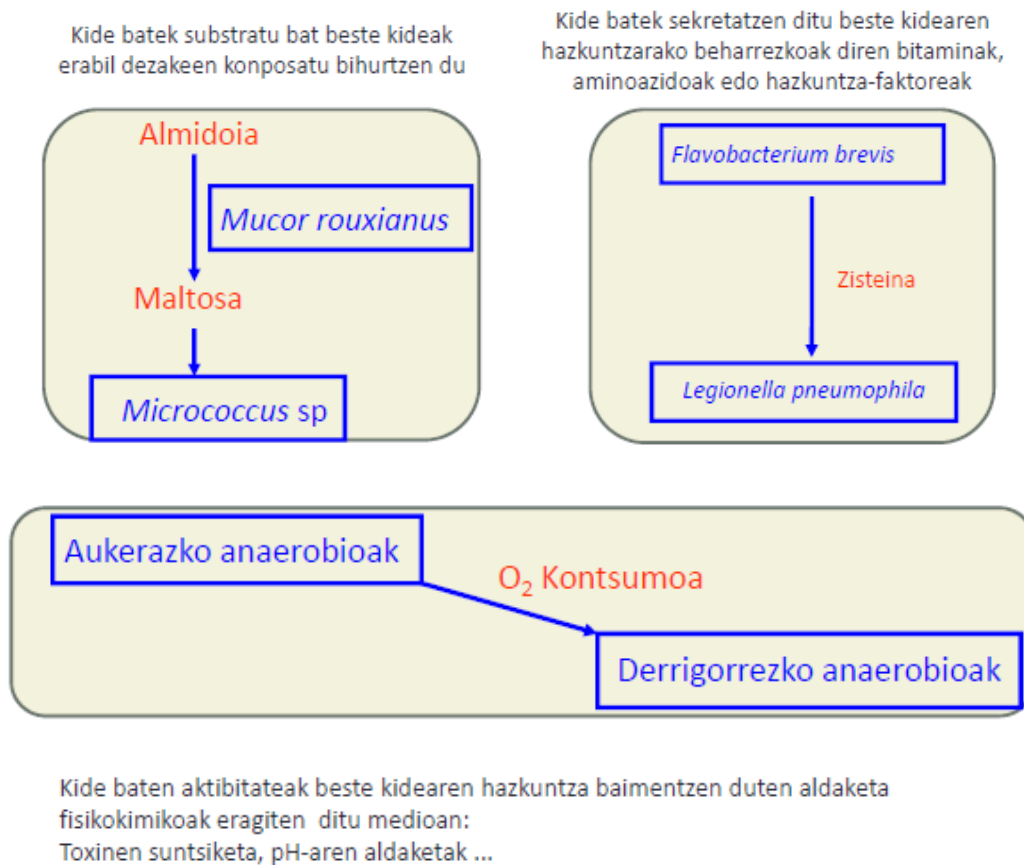
Erlazioa zeinean mikroorganismoen artean eraginik ez dagoen nahiz eta hurbiltasunean hazi. Laborategiko kultiboetan ematen den erlazioa da baina naturan ikusteko zaila dena. Erlazio hau emateko beharrezko baldintzak:

- Zelulen dentsitate baxua
- Elikagaien kontzentrazio altua
- Elikapen-beharkizun desberdinak



2. Komentsalismoa

Erlazioa zeinean kide batek onura ateratzen duen, besteak aldiz, ez dute onura ezta kaltea jasaten. Bi kideak independenteki bizi daitezke baldintzak onak direnean. Adibideak:

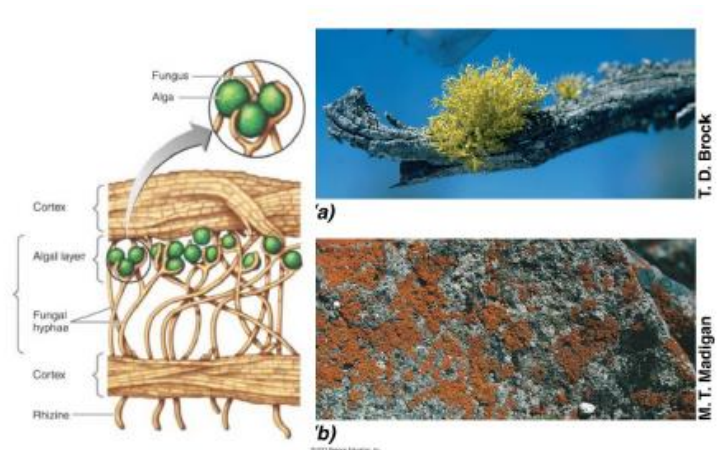


3. Sinbiosia edo mutualismoa

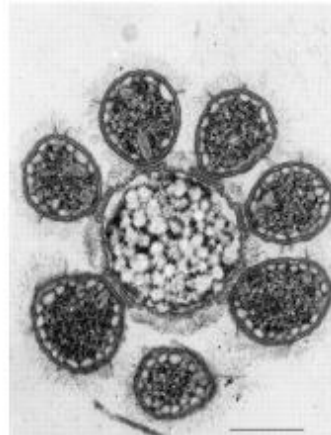
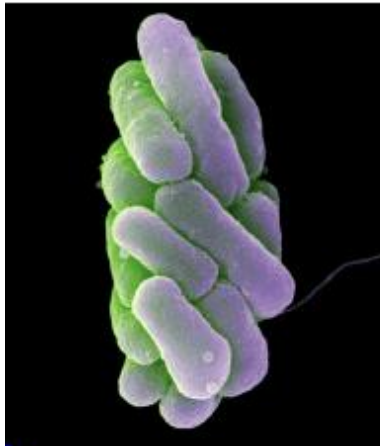
Koeboluzioagatik denboran zehar bi mikroorganismoen arteko luzaturiko elkar-tearen bidez garatzen den erlazio estua da. Mutualismoa edo sinbiosia erlazio mota da zeinean bi kideek onura ateratzen duten biontzat nahitaezkoa izanda.

Adibideak:

- Likena: Alga (edo zianobakterio) eta onddoen arteko elkar-te mutualista da.
- Zer ematen du Algak? Materia organikoa, anhidro karbonikoa xurgatuko du eta materia organikoa bihurtuko du.
- Eta Onddoak? Az. Likenikoak (onddoak sorturiko azido batzuk elikagaien eskuragarritasuna handitzeko), hezetasuna eta euskarri babeslea.



- *Clorochromatium aggregatum*: Bazilo kimioorganotrofo mugikor baten eta inguruko sufreaken bakterio fototrofoen konsortizoa da. Hau normalean ur sistemetan ematen den mutualismoa da.
 - Baziloa: mugimendua (bere mugimenduagatik besteak geruza egoki batean kokatzen dira zeinean argia izango duten) eta e- emailea fotosintetikorako
 - Fototrofoa: Materia organikoa emango dio baziloari.



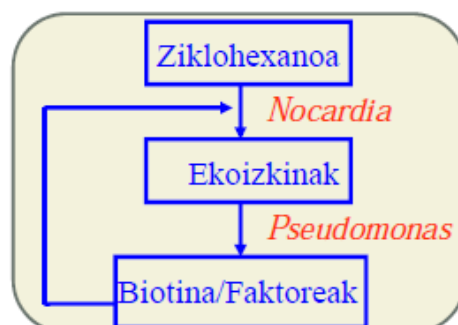
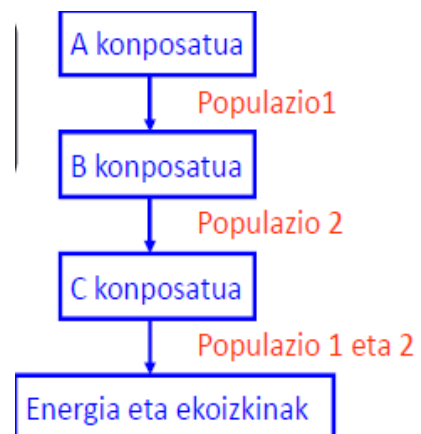
- Algak eta Zianobakterio sinbionteak protozoo-engan: *Paramecium bursaria* eta *Chlorella* bezalako alga berde bat.
 - Algak eta zianobakterioak: Materia organikoa eta oxigenoa (fotosintesiaren ondoriozkoa)
 - Protozooak: Babespena, mugikortasuna, CO_2 (elikagaienezako elikagaia) eta hazkuntza-faktoreak.

4. Sintrofia-sinergismo-protokooperazioa

Norbera bakarrik degradatzeko gai ez den substantzia bat degradatu ahal izateko bi mikrobio-espezieen arteko kooperazioa da. Bigarren mikroorganismoak erabiltzen ditu lehenengoaren metabolismoaren ekoizkinak eta erlazio honi esker biak hazten dira abiadura hobea ezinean. Biak onura ateratzen dute.

Adibidea:

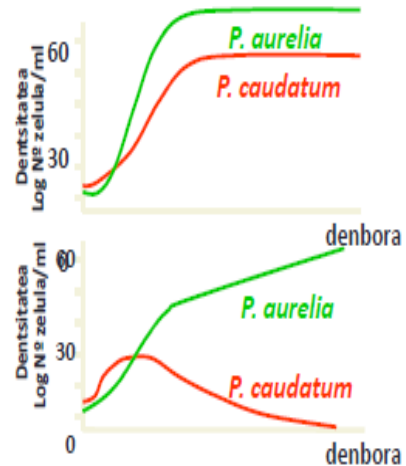
Bioerremediazio-prozesuak: ziklohexanoaren degradazioa. (*Nocardia* + *Pseudomonas*).



5. Lehiaketa

Elikagai berdinak erabiltzen dituzten mikroorganismoen arteko erlazioa. Lehiaketan egotearen ondorioz populazioen bat konprimituta egongo da (lehiaketa-bazterketaren oinarria)

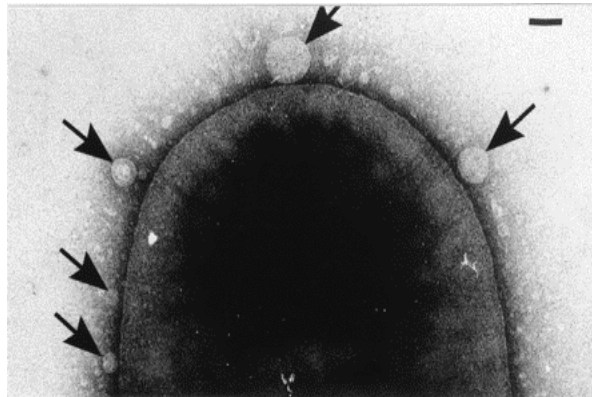
Adibideak: Lehiatu egiten dira bakterio bat lortzeko. N iturria, C-iturria, elektroi-emailea, elektroi-hartzailea, bitamina, argia, uraren eskuragarritasuna...



6. Antagonismoa-amensalismoa

Ekoizkin edo aktibitate kaltegarriek bideraturiko lehiaketa-erlazioa da. Adibideak:

- Mikroorganismoek sorturiko antibiotikoak. Hauek beste mikroorganismoak hil.
- Bakteriozinen ekoizpena. Hauek antibiotikoen moduan jokatu.
- *Thiobacillus thiooxidans*-ek sortzen du azido sulfurikoa ingurunea azidifikatuz.
- Beste bakterioak lisatzen dituzten entzima estrazelularren ekoizpena.



7. Bizkarroitzza

Kideen arteko erlazioa zeinean batek bestarengandik hazkuntzarako behar dituen elikagaiak lortzen dituen. Bizkarroitzaren adibide klasikoena birusena da. Itsasoan adibidez harraparitza prozesuak ematen dira.

Birusak adibidez protozoo, alga eta onddoen derrigorrezko bizkarroiak dira. Erlazio hauetan gerta daiteke ostalariaren heriotza (lisia) edo ez (lisogenia).

8. Harraparitza

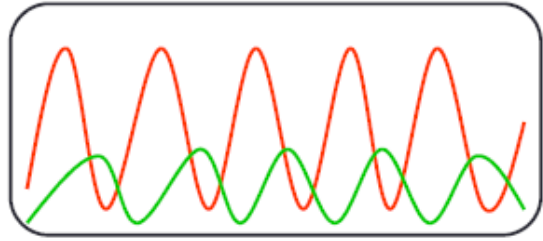
Kide bat, harrapakaria, beste kide batez, harrapakinaz, elikatzen da. Bizkarroitzza mota bat da. Adibideak:

- Bakterioen bakterio harrapakariak (*Bdellovibrio*)
- Bakterioen protozoo harrapakariak

Harraparitza-presio handipenetan harrapakinaren moldaera da, eboluzioa. Adibidez:

- Hazkuntza-abiadura handitu
- Itsasteko gaitasuna handitu
- Aterpearen bilaketa

Erlazio egonkorren mantentzeak ziurtatzen du bi populazioen biziraupena.



Komunitate mikrobiano bereziak

Mikroorganismosen antolakuntzak bi taldeetan banatzen dira:

- Antolakuntza bereziak:
 - Biopelikulak (biofilms)
 - Mikrobio-tapizeak (microbial mats)
- Antolakuntza funtzionala:
 - Kate trofikoak

BIOPELIKULAK (BIOFILM)

Gainazale gainean sortzen diren komunitate bereziak. Mikrobio-komunitatea, berak sorturiko matrize batean sartuta, ikuspuntu fisiologiko batetik integraturiko komunitate gisa jokatzeko duena. Beraz, bakterien batzuk fase librea daudenak, atxikitu egiten dira, bizitzaren aldatuz. Zer abantaila lortzen dute gainazal batean lotzerakoan?

- Elikagaien kontzentrazio altuko lekuak izaten dira.
- Zelulen arteko komunikazioa errazten da, zelulen arteko elkartruke genetiko handiagoa izango da, plasmidoen elkartrukea errazagoa izango da.
- Babesa
 - Konposatu kimiko kaltegarrietatik (adib. Antibiotikoak)
 - Protozoen egindako harraparitzatik
 - Immunitate-sistemaren zelulek egindako fagozitositik
 - Indar fisiko bidez gertaturiko mugimendutik (adib. Itsasoko korranteen kontra)

Biofilmetan agertzen diren mikroorganismoen ezaugarriak hurrengoak dira:

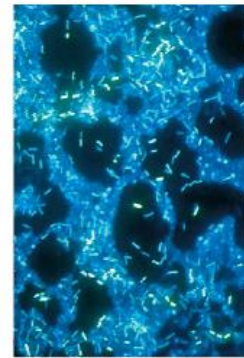
- Gainazalera itsatsitako mikrobio-komunitateak: Gainazala kolonizatze gaitasuna izango dute.
- Zelulak haiek sorturiko kanpoko matrize polimeriko batean sartuta daude: Polisakaridoak, proteinak, ADN. Ondorioz hau sortzeko kapazak izan behar dira.
- Biopelikuletan eta bizitzaren askean dauden zelulen fenotipoak desberdinak dira.
- Mikrobio mota desberdinak antolatzen dira espazialki kooperazio metabolikoa lortzeko.

Biopelikulak leku anitzetan aurkitzen dira. Izan ere, mikroorganismoek biofilmak sortzeko falta zaien gauza bakarra gainazal bat da:

- Urperaturiko arroak
- Landareak

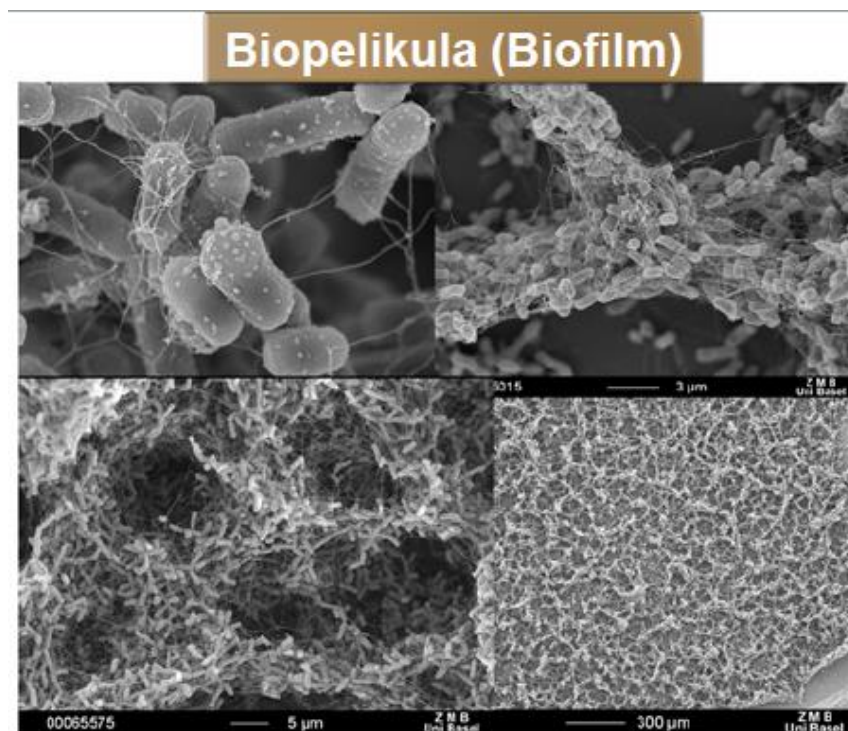
- Itsasontzien kroskoa
- Tutueriak
- Larruazala
- Hortzak
- Implanteak
- Kateterrak

Irudia: mikroorganismoak sortutako matriz polimerikoa.



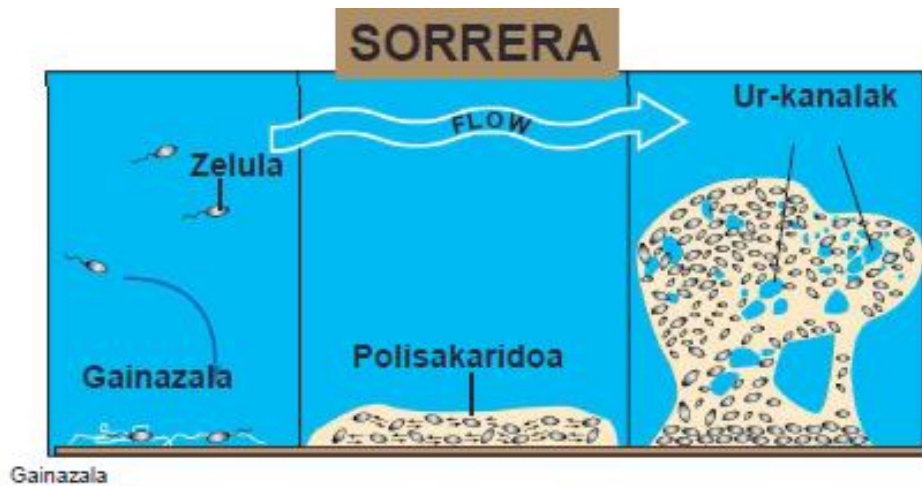
Podany M, Chen H and Ziering J
Infectious Diseases

Tuteria baten biopelikulako
mikroorganismoak DAPIz
tintaturik

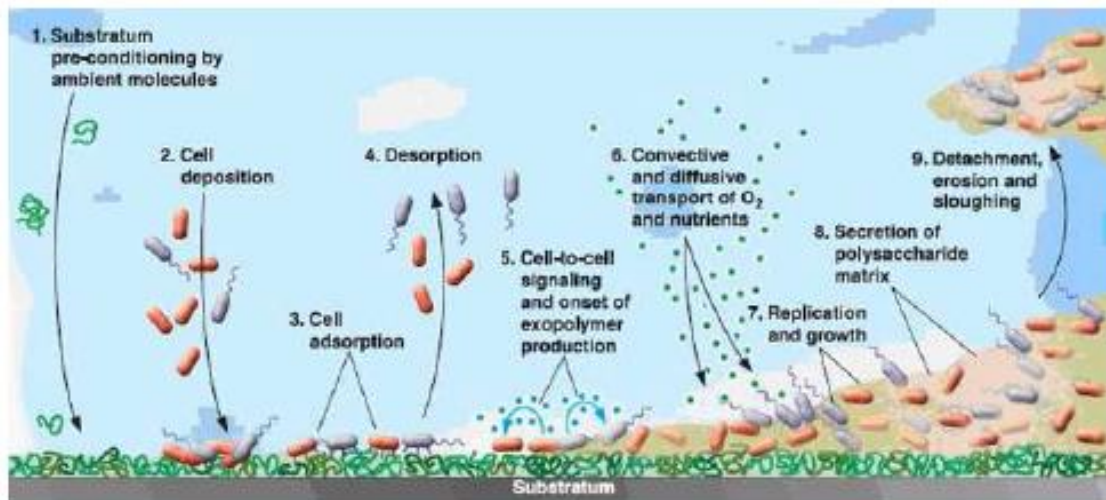


Biopelikulen sorreran hiru urrats jarraitzen dira:

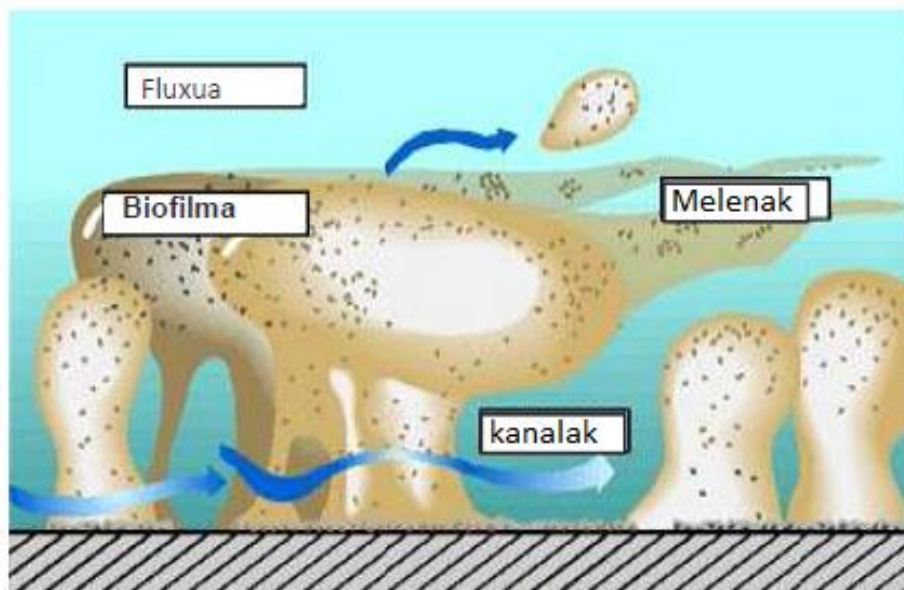
1. Atxikidura: Zelula aske batzuk gainazalera atxikitzen dira. Mikroorganismoak airean egongo dira eta momentu batean gainazal batean kokatuko dira eta atxikituko dira.
2. Kolonizazioa: Zelulen hazkuntza eta polisakaridoaren eraketa. Gainazalera atxikitutako mikroorganismoek hazten dira eta matriz polimerikoa eratzen hasten dira.
3. Bilakaera: Hazkuntza eta polisakaridoak gehitzen dira. Ur kanalak sortzen dira elikagaiak, ura eta gasak barneratzeko.



Irudi honetan biofilmen sorrera ikusten da berriz. Bakterioak heldu egiten dira, batzuk bertan atxikituko dira eta besteak ez. Atxikitzen direnak hazten dira eta hazkuntza honekin batera matrize polimerikoa sortzen dute. Tamainaz handitzerakoan ur kanalak sortzen dituzte, elikagaiak, ura eta gasak lortzeko.



*Melenak: Matrize polimeriko gutxiago duten zatiak dira, bakterio gutxiago daude.



Biopelikulen ezagumendua oso garrantzitsua da eguneroko bizitzaren hainbat ezaugarriekin erlazionatuak baitaude:

- Gaixotasunekin erlazionatuak daude. Badaude gaixotasun askok zeinetan bakterioak biofilmetan elkarturik agertzen diren:
 - o Periodontal gaixotasuna, giltzurrunetako harriak, tuberkulosia legionelosis, eta *Staphylococcus* sortutako zoldurak.
 - o Fibrosi kistikoa (*Pseudomonas aeruginosa*): birikietako gaixotasuna. Mikroorganismoak biriketara sartzen dira eta bertan biofilmak sortzen dituzte.
 - o Kateterretan
- Industri-mailan likidoen garraioaren oztopoa eta gainazaleen korrosioa eragiten dute. Adibidez: hartzigailuetan.
- Ur-tuterietan. Tuterietan biofilmak sortzean nahiz eta ura tratatu ura kutsatu egingo da. Ur hau guk edaten dugun ura izango dela kontuan hartu behar da.
- Gaur egun, ez dira ezagutzen honen kontrako agente askorik.

MIKROBIO-TAPIZEAK (MICROBIAL MATS)

Beste antolakuntza berezia da. Tapize hauetan mikroorganismoak laminetan antolatzen dira, lamina bakoitzean mikrobio mota bat agertuz. Bi motatako mikrobio tapizeak daude:

1. Argi-energian oinarriturik, sakonera gutxiko ur eta sedimentuaren arteko interfasean garatzen diren mikrobio-komunitateak laminetan antolatzen direnak.
2. Kimiolitotrofian oinarriturik, sakon handiko ur eta sedimentuaren arteko interfasean garatzen diren mikrobio-komunitateak laminetan antolatzen direnak.

Argazkia: ezkerretako beheko irudia → Lamina desberdinak oso ondo desberdintzen dira.



Biofilmak mikrobio-tapizekin konparatzean aurkitzen den desberdintasuna lodiera izango da. Biofilmak lodiera gutxikoak dira eta mikrobio-tapizeenak nahikotxo handiagoak.

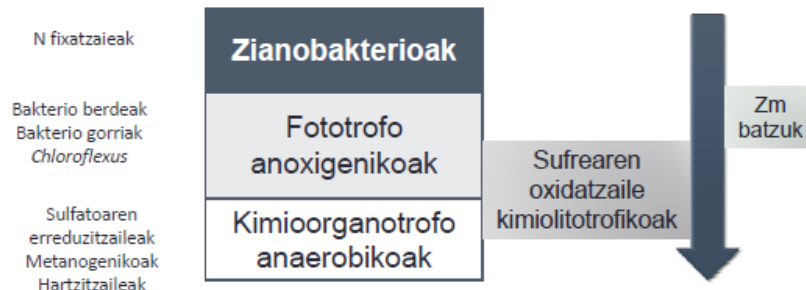
Mikrobio-tapizeen oinarrizko komunitateak prokarioto fototrofo eta kimiolitotrofoak dira:

- Zianobakterio (hari-formakoak)
- Tapiz kimiolitotrofoetan sufreaken bakterio oxidatzaileak (hari-formakoak)

Mikrobio-tapizeak ez dira edonon sortzen, inguruneko baldintzak bereziak diren guneeetan baizik. Kontuan izan behar dugu tapize hauek materia organikoz osatuta dagoela. Ondorioz, leku batean materia organikoz elikatzen den animaliarik badago, ezin izango da tapizea sortu animalia hauek mikroorganismoak jango baitituzte. Adibidez: Belarjaleek (adb. gasteropodoek) kolonizatzen ez dituzten muturrezko bizilekuak:

- Bizileku hipergatzatuak (> 65%)
- Bizileku geotermalak: oso tenperatura altuetako bizilekuak (> 50°C)
- Antartida eta Artikoko lakuak
- Basamortuak, haspide hidrotermalak, itsaso hondoa

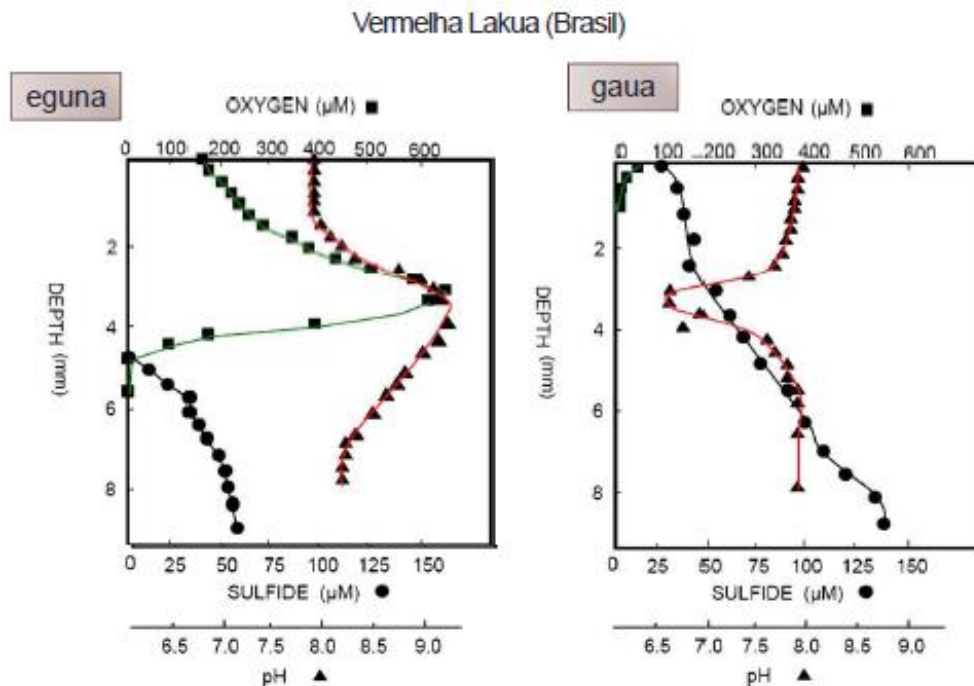
Mikrobio-tapize batean ohiko egitura, geroz eta sakonago egon ordun eta mikroorgnaimo desberdinagoak agertuko dira:



Irudian nahiko ondo ikusten da zein tamainakoak izan daitezkeen tapiz batean ager daitezkeen lamina desberdinak.



Mikrobio tapizea batean dauden baldintzak aldatu egiten dira egun eta gauan zehar. Egunean zehar inguruko baldintzak aldetzen direnean, aldatu egiten dira ere bai mikroorganismoentzako baldintzak.



Australian aurkitutako tapizea, fosilizatuta dagoena. Planeta honetako tapiz zaharrena da. Ondorioz, bertan planeta honetako mikroorganismo zaharrenak aurkitu dira.



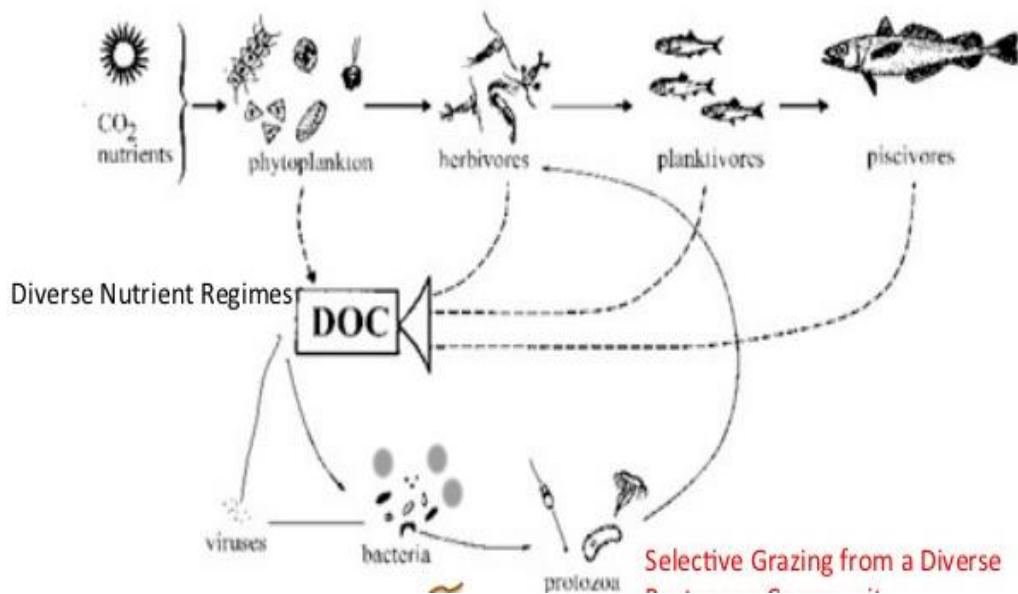
Estromatolitoak fosilaturiko tapizeak (3500 milioi urte). Aurkituriko lehenengoak duela 40 urte Shark badian (Australia), zonalde hipergatzatuan (animalien degradaziorik ez).

KATE TROFIKOAK

Mikrobioen arteko elkartrukeen konbinaketa. Elkarrekintza funtzionalak gertatuko dira. Hiru motatako kate trofikoak ager daitezke:

- Disolbaturiko karbono organikoz elikaturiko sare trofikoak
 - o Lehenengo maila: prokariotoak
- Konposatu ez-organikoez elikatutako sare trofikoak.
 - o Lehenengo maila: prokariotoak
- Argi-energiatz elikatzen den sare trofiko klasikoari lotuta
 - o Lehenengo maila: izaki fototrofikoak

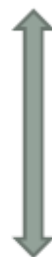
Ulertu duela gutxi arte itsasoan gertatzen zen bizitza prokariotoen ekintza ez zuela garrantzirik. Mikroorganismoen jarduera bakarrik materia organikoaren birziklapena egiten zutela bakarrik. Hasieran uste zuten kate trofikoak marrazkiaren goiko katea zela bakarrik. Gaur egun badakigu hori ez dela egia. Kate trofiko klasikoarekin batera badagoela mikrobioz eraturiko sare trofikoak. Beraz mikrobioaren sare trofikoan kate trofiko bat agertzen da erlazionaturik klasikoarekin. Kate trofiko honetan agertzen diren mikroorganismoak hainbat izan daitezke. Adibidez, itsasoan bakterioplaktona, protozooak (bakterioplaktonaz elikatzen direnak). Honez gain ere birusak garrantzitsuak izango dira. Hauek oinarriak izango direlarik. **Kate trofikoaren lehenengo kate kideak mikroorganismoak.**



Protistoak

Eukarioto zelulabakarrak dira, 1µm-1mm tarteko tamaina daukate. Lehen bereizturik zeuden mikroalgetan (fotosintetizatzaileak) eta protozooetan (heterotrofoak). Gaur egun, aldiz, talde bakarra osatzen dute.

Derrigorrezko fotoautotofia

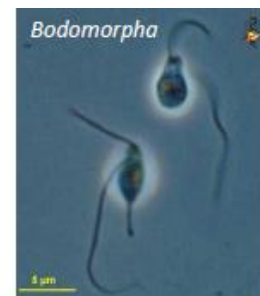
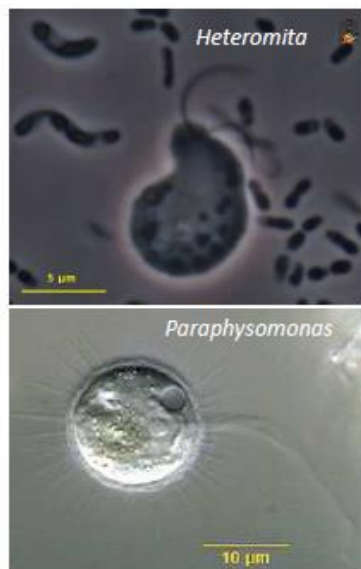


Alga fagotrofikoak
Endosimbionte fototrofoak
Protozoo kloroplastodunak

Derrigorrezko heterotofia

Protozooen ezaugarri orokorrak:

- Mikroorganismoak dira, (Tamaina: 1 μm - 1 mm)
- Eukariotoak
- Zelulabakarrak (Batzuk kolonialak)
- Heterotrofoak, fagotrofoak (Batzuk fototrofoak)
- Ubikuoak (Poloetako izotza/ Tropikoetako oihanak, itsas hondoa/ mendi tontor argitsuak)
- Taldeak:
 - Flagelatuak: flageloak dauzkate. Harrapakinak orokorrean bakterioak izango dira.



- Lurra, ur-zutabea eta sedimentuak
- **Prokariotoak**
Predatzen dituzte

- Ziliatuak:
 - ✓ Lur eta ur-zutabea
 - ✓ Harrapakinak: prokariotoak, protozoo flagelatuak eta protisto fotosintetizatzaileak



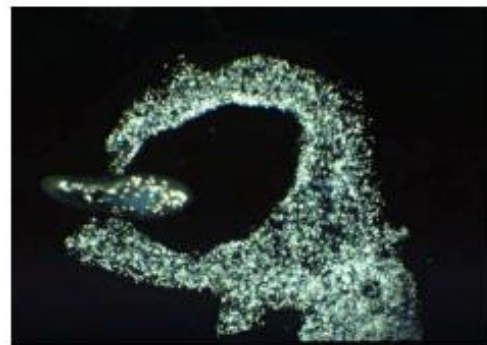
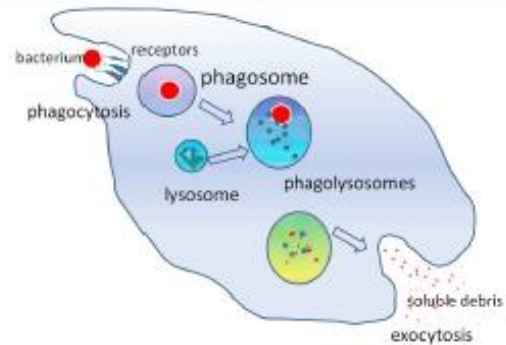
- Sarkodinoak: Beraien mugimendu ameboidea hauen berezitasuna da
 - ✓ Lur eta sedimentuak
 - ✓ Harrapakinak:
 - prokariotoak, protozoo
 - flagelatuak eta ziliatuak,
 - protisto
 - fotosintetizatzaileak



Harrapakinaren harrapaketa- mekanismoa:

Harrapakinaren harrapaketa-
mekanismoa:

- Iragazketa
 - Ziliatuak
 - Flagelatuak
- Bahiketa
 - Ziliatuak
 - Flagelatuak
 - Amebak



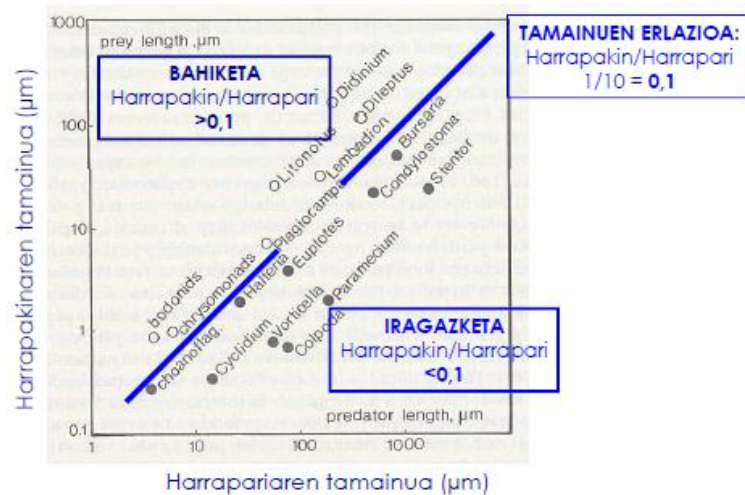
Harrapakinaren kontsumoa, karbonoaren oxidazioa CO_2 -raino, N eta P-aren mineralizazioa NH_4 eta PO_4^{3-} -raino. Harrapakinaren ingestioaren segimendua. Nola kuantifikatu harraparitza:

- Partikula edo bakterioak
- Fluoreszenteak ala tindatuak

Protozooek bakterioengan egiten duten harraparitza eragiten duten faktoreak:

- Harrapakinaren dentsitatea: zenbat eta harrapakin gehiago egon harraparitza abiadura handiagoa izango da.
 - harraparitza-unbrak (10^6 bakt/ml eta 10^9 bakt/g)

- Harrapakinen tamaina: harrapakinen eta harraparien tamaina nahiko garrantzitsua: Flagelatua txikia eta bakterioa handia bada berarentzat zaila izango da harrapatzea.
 - $r/R = 0.1$
 - Agregatuen abantaila
 - Exopolimeroen abantaila
- Harrapakinen konposaketa kimikoa: horma zelularra badu digestio zailagoa izan daiteke.
 - Hautaketa
 - Digestioa



Birusak



Dentsitateen taula ez ikasi. Datu honekin gelditu → Bakterio:birus 1:10 (bakterio bakoitzeko 10 Birus)

Bizilekua		Birus dent ($10^6/\text{ml}$ edo g)	Birus:Bakterioa
Ur geza	Quebec Lakua	254	41
	Danubio Ibaia	12-61	2-17
Ur gezia	Ipar Pazifikoa	1.4-40	2.3-18
	Chesapeake Badia	10	3.2
Sedimentuak	Chesapeake Badia	340-810	57
	Quebec Lakua	720-20300	0.8-25.7
Lurra	Galsorua	1100	3346
	Basoa	2940	11

Birus-lisiaren emaitza: DOM-aren ekoizpena (Zelula ez da guztiz degradatzen eta zelularen barnekoaren askapena ematen da).

Birus-desbideraketa (viral shunt): Birus-lisigatik DOMaren ekoizpena eta gero mikroorganismoek erabiltzen dute.

Birusen zailatsunak	
Kontrako ingurugiroak	Inaktibazioa
<ul style="list-style-type: none">• pH baxuak• Tenperatura altuak• Ozeano artikoan tenperatura baxua• Gatz-kontzentrazio altua• Ingurugiro anaerobikoak	<ul style="list-style-type: none">• Eguzki-erradiazioa (UM osagaia)• Lurreko eta sedimentuetako koloideetara eta beste partikuleetara adsortzioa• Bakterioek eta protistoek egindako degradazioa

Azken zati honetatik interesatzen zaiona lñigori:

Azkeneko antolakuntza berezi hau antolakuntza funtzionala dela, kate trofikoetan gertatzen diren erlazioak elikadura erlazioak direla. Ingurumen natural desberdinetan agertzen diren lehenengo partaideak halako prokariotoak direla.