

2.GAIA. Ingurumen mikrobiologian ikasketa-estrategiak

Sarrera

Lehenik eta behin mikroorganismoen ekosistemaren egitura eta funtzionamendua ezagutzeko aztertu ditzakegun gauzak hauek dira:

- Parametro edo ezaugarri
- Bertan dauden populazioen zenbakia eta mota; hau da, zenbat mikroorganismo daude eta hauek zeintzuk diren.
- Populazioen biomasa: mikroorganismoak oso txikiak dira, zenbat dauden eta zelako tamaina duten kontuan hartu beharko dugu.
- Populazioen hazkuntza- eta heriotza-tasa
- Populazio ezberdinen metabolismo ezberdinen zinetikak
- Ekosistemetan ematen den materia eta energiaren fluxuak.

Bestalde, da ere ikertuko ditugun mikroorganismoen ezaugarriak ezagutzea:

- Tamaina txikikoak dira
- Tasa metabolikoa eta hazkuntza-tasa potentzialki, beste izaki bizidunekin konparatuta oso altuak dira
- Populazioen hazkuntza esponentziala (normalean hau laborategian ematen da, baina naturan ere behatu da).
- Distantzia luzeetarako sakabanatzeko erraztasun handia dute tamaina txikia dela eta (airetik, uretatik...)
- Malgutasun genetikoak dute, hau da informazio genetikoak trukatzeko gaitasun handia dute (plasmidoak esaterako)
- Muturreko inguruetara moldatzeko gaitasun handia dute, eta, bat-batean inguruko baldintzak aldatzen badira, azkar moldatuko dira aldaketa genetiko azkarrak jasaten dituztelako DNA eta genoma txikia dela-eta.

Hau guztia teorikoa da, izan ere, naturan baldintzak desfaboragarriagoak dira laborategian ematen direnak baino, beraz naturan hazkuntza-tasa laborategian estimatzen dena baino baxuagoa izango da. Ondorioz, desberdinak behar da mikroorganismoen benetako aktibitatea (naturan ematen dena) eta aktibitate potentziala (laborategian ematen dena).

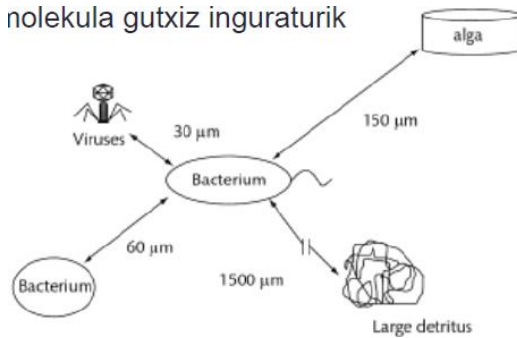
Eskala kontua: MIKROESKALA

Laborategian Mikroeskalen aztertzen dira mikroorganismoak

Ur-sistemak

Mikroorganismo gehienak ur sistemetan bizi dira (itsasoan, lakuetan..). bertako baldintzak oso ezberdinak dira, beraz *Reynolds-en zenbaki ezberdinak aurkituko ditugu, gehienetan Reynolds balio baxuko inguruetan aurkituko dira, hau da, lirdingatsuak diren uretan, turbulentzia gabekoak...

*Reynolds zenbakia parametro bat da, **molekula gutxiz inguraturik** zeinak adierazten duen uraren fluxuak turbulentzia eredua edo eremu laminarra jarraitzen duen edo ez. Re (Reynolds zenbakia) < 2300 bada, turbulentzia baxuko ur medioa da.



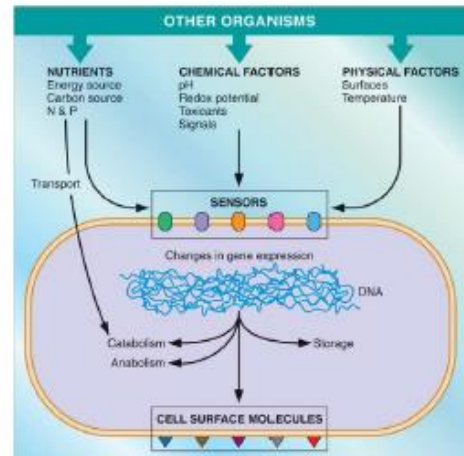
Uretan ibiltzea zailagoa da airean edo lurrazpian mugitzearekin konparatuz, gainera mikroorganismoek beste izakietatik distantzia handietara bizi dira eta beraientzako ezinbestekoak diren molekula gutxiz inguraturik. Hau kontuan hartuta distantzia handiak egin behar dituzte elikagaiak lortzeko. Hala ere, beraien tamaina kontuan hartuta, distantzia handiak egin ditzakete denbora gutxitan, eta beraien mugikortasuna kimiotaxian oinarritzen da (oso garrantzitsua dena). Kimiotaxia erabiliko dute bai elikagaien bila joateko, baita eragile toxikoetatik aldentzeko ere.

Mikroingurunea: nanometroak eta mikrometroak

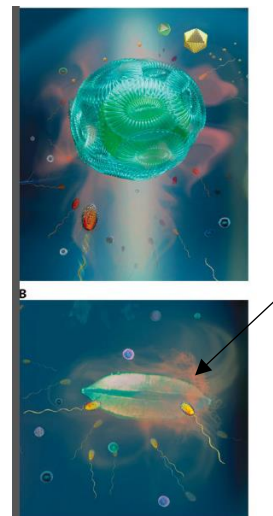
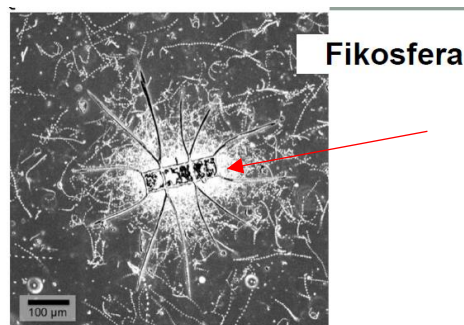
Eragile biotikoek eta abiotikoei erantzuteko mikroorganismoek sentsoreak dituzte, eta eragilearen arabera erantzun ezberdinak emateko gai dira. Faktore abiotiko eta biotikoen artean hauek ditugu: ura, temperatura, pH-a, gatzak eta balantze osmotikoa, oxigenoa eta errebox potentziala, argia, presioa, gainazalak, konposatu kimikoak eta beste izaki bizidunak.

Kontuan hartu behar da ur tanta batean ez daudela soilik bakterioak, birusak, protistoak eta beste hainbat mikroorganismo aurkitzen dira.

Are gehiago, ur inguruetan egindako hainbat ikerketan ikusi da zooplanktona hiltzean hauen materia organikoaren inguruan beste mikroorganismo askoren “agregatuak” sortzen direla, hauei “Hot Spot” deritze. Partikula hauen inguruan mikroorganismo asko daude elikagai-iturri oso onak direlako.



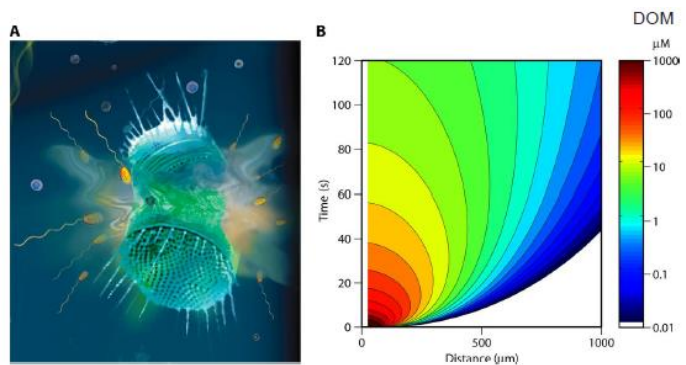
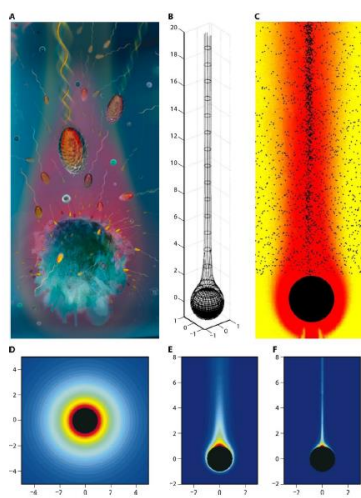
Hurrengo irudi hauetan ditugu, fitoplankton eta beste mikroorganismoen inguruan sortzen diren bakterio eta beste mikroorganismoen agregatuak. Agregatu edo mikroorganismo “hodei” hauek fitoplanktonen inguruan sortzen direnean, ekosistema txiki horri fikosfera deritze.



Fitoplankton eta beste mikroorganismoen arteko elkarrekintza hauek asko aztertu dira. Adibidez, hurrengo ikerketa batean azaltzen da bakterio bat (*Pseudoalteromonas haloplanktis*) fitoplankton zelula bat (*Pavlova lutheri*) jarraitzen.

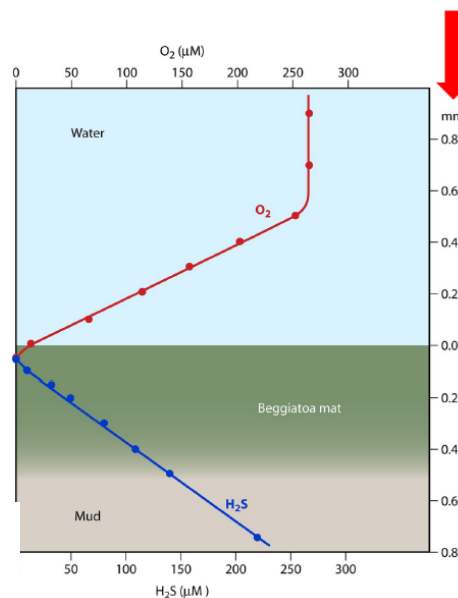
Itsas partikulei esker materia organikoaren garraioa ematen da itsas azaletik itsas hondora. Garraioa ematen den heinean, materia organikoz horniturik dagoenez materia organikoaren arrastoa luma moduan azaltzen da.

Irudi honetan elikagaien pultsu iragankorrak azaltzen dira distantziaren arabera

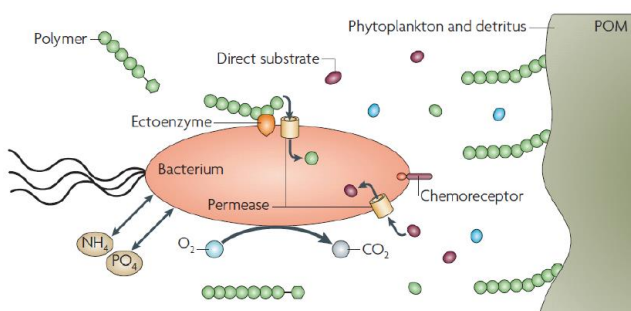


Eta ondoko honetan itsas-partikulek itsas hondora doazen heinean usten duten luma moduko arrastoaren irudia.

Oxigeno eta sulfuroaren gradienteak sedimentu-uraren interfasean (mikroelektrodoak)

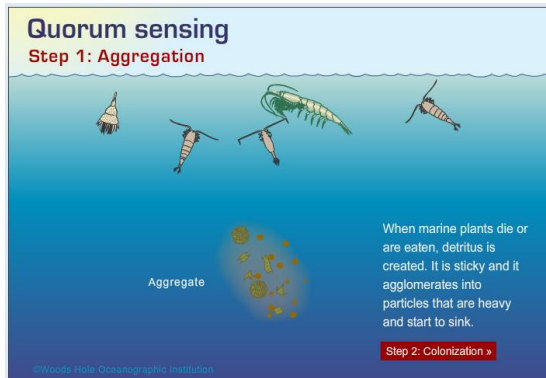
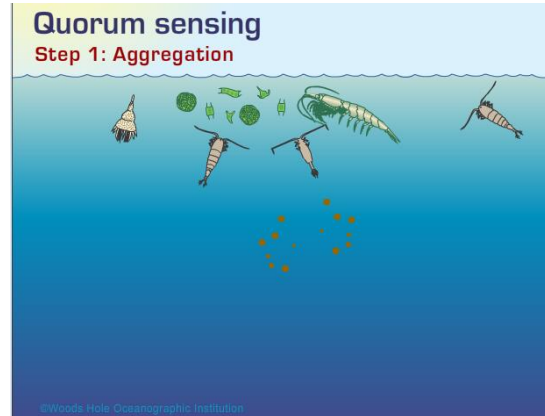
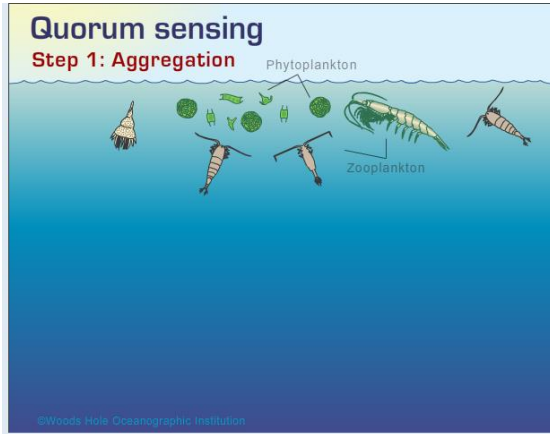


Ur-sistemetan moldaera-estrategiak:
Mugikortasuna
Kimiohartzaileak
Hidrolasak



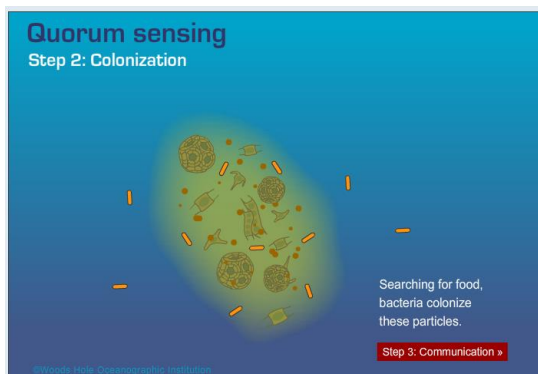
“Quorum sensing” mikroorganismo ezberdinen taldekapena da. Hauek elkarren artean kooperatuz lortzen dute atmosferako C edukia itsas hondora garraiatzea.

Orain pausoz pauso aztertuko dugu nola ematen den fenomeno hau:



1) Agregazioaren eraketa

Itsas landareak, algak, fitoplanktona hiltzean edo beste izaki bizidunek jaten dituztenean detritua sortzen da. detritu hauen partikulak lotu eta agregatu bat sortzen da, pisuagatik hondoratzen hasten dena.

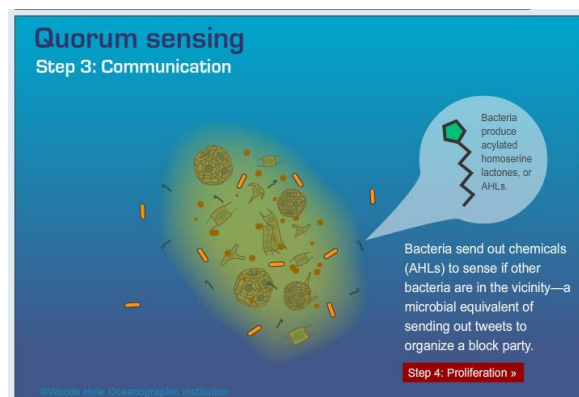


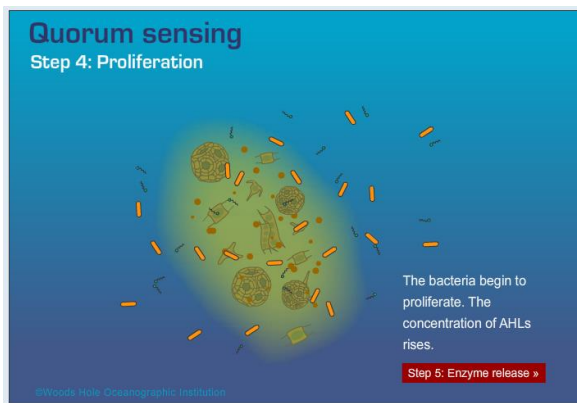
2) Kolonizazioa

Elikagai bila dauden bakteriak agregatu hauen partikulak kolonizatzen dituzte.

3) Komunikazioa

Agregatuan dauden bakteriak agente kimikoak (AHL) askatzen dituzte inguruko beste bakteriak erakartzeko.



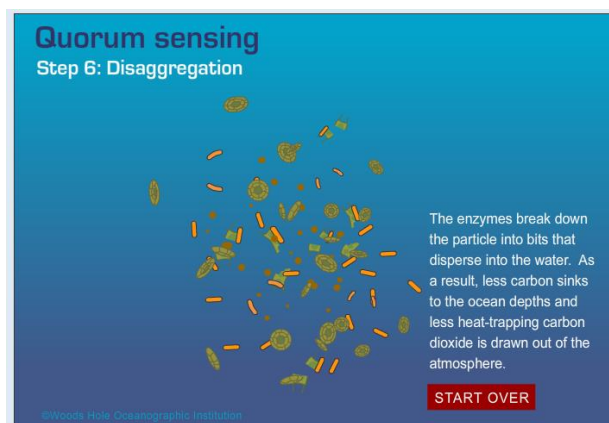
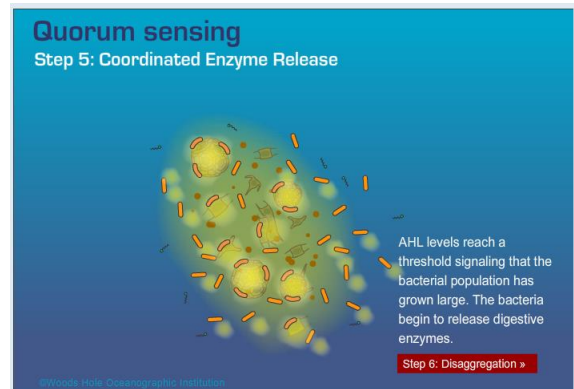


4) Proliferazioa

Bakteriak proliferatzen hasten dira eta askatzen dituzten agente kimikoen (AHL-en) askapena emendatzen da.

5) Entzimen askapen koordinatua

Agente kimikoen kontzentrazioa maximo batera heltzen da, eta bakterioak hazkuntza maximo batera heltzen dira ere. Honen ostean, bakterioek digestio entzimak askatzen dituzte.



6) Agregazioaren bukaera

Digestio entzimek partikula edo agregazioa apurtzen dute eta partikula txikiak banatzen dira uretan.

Modu honetan C partikulak itsas hondora heltzen dira.

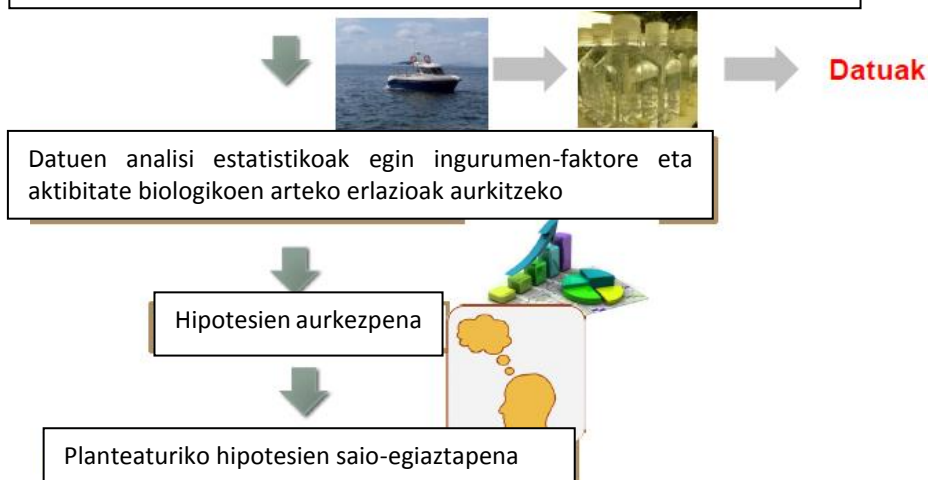
Mikrobio-ekologia aztertzeko estrategiak

1. Bizileku natural batean mikroorganismoen banaketa eta aktibitatearen **deskribapen-analisiak**

Bizileku berri baten azterketa egiten hasten denean deskribapena da lehenengo urratsa. Sistema ezagutu eta deskribatu behar da aldatu gabe:

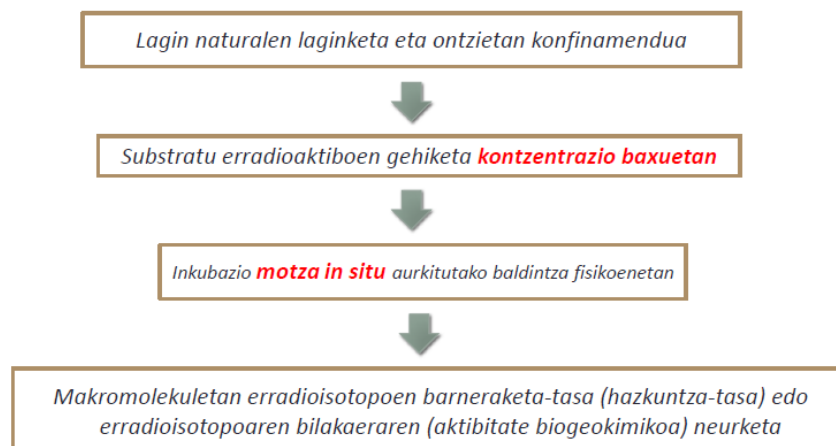
- Bizilekuaren ezaugarri fisikoak, kimikoak eta biologikoak
- Denbora-aldakortasuna: urtearen sasoia, ordua, mareak...
- Leku-aldakortasuna: horizontala eta bertikala

Sistemako baldintza fisiko, kimiko eta biologikoen datuei buruzko ohiko bilketa, nolakoa den aztertuko dugun ohiko ingurunea. Aldatu baino lehen, zelakoa den sistema bat jakin behar dugu, konparaketa edo aldaketa neurtzeko.



Interesgarria izan daiteke denboran zehar ingurune horretan gertatzen diren aldaketak aztertzea. Munduan oso ondo aztertutako bi leku ditugu, MOT (Hawaii itsasoan) eta BATS (Bermudas itsasoan), bertan laginketa sistematikoak egiten dira, denbora luzez laginak hartzen dira.

Ingurune horretako mikroorganismoen aktibitate biogeokimiko zehatza kuantifikatzea nahi bada edota beraien hazkuntza aztertzea, ezin da *in vivo* aztertu, laborategian baizik (*in situ*). Horretarako pauso hauek jarraitu behar dira:



Hazkuntza-tasak kalkulatzeko teknika erradiaktiboak erabiltzen dira eta inkubazio denbora laburrak; beraz, aldaketa txikiak soilik somatzen ditugu.

In situ inkubazio-baldintzak eta inkubazio-epe motzak ingurunean aldaketak eragiten dute, eta hauek abantailak eta desabantailak dituzte.

- **Abantailak:**
 - Erraztasuna
 - Sinpletasuna (parametro bat aldakorra, gainontzekoa berdina)
- **Desabantailak:**
 - Adierazgarritasuna, fideragarritasun-maila, erreplikak
 - Baldintzen konplexutasunaren aldaketa

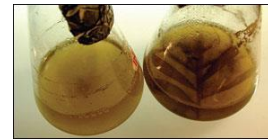
2. Simulatoriko baldintzapenetan (mikrosometan edo makrokosmoetan) lagin naturalen manipulazio esperimentalak

Mikrobio-komunitateen konposaketan edota aktibitatean ingurumen-aldaketek daukaten eraginei buruzko hipotesiak egiaztatzea da helburua. Hau lortzeko mikroorganismoen erantzun adaptatiboa faboratzen duten baldintzekin jokatzeko; hala nola, energia- eta elektroio-hartzailearen gehitzea, inkubazio-epe luzeak, temperatura ezberdinak... hau guztia, guk aztertzen dugu **mikrosistema** edo **mikrokosmos** batean.

Mikrosistema edo mikrokosmos hauek itxiak edo irekiak izan daitezke:

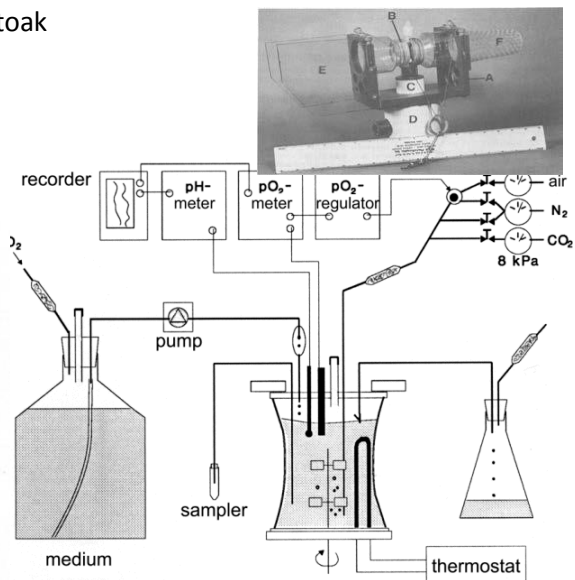
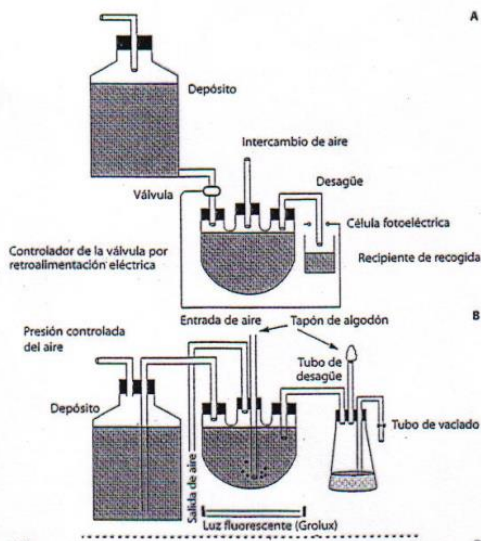
- **Sistema irekiak:** osagai biologiko eta elikagai guztiak saioaren hasieran jartzen dira eta sistema blokeatzen da:

- Matrazeak
- Roux botilak

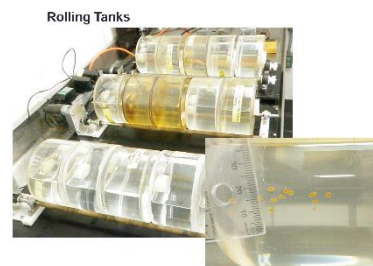
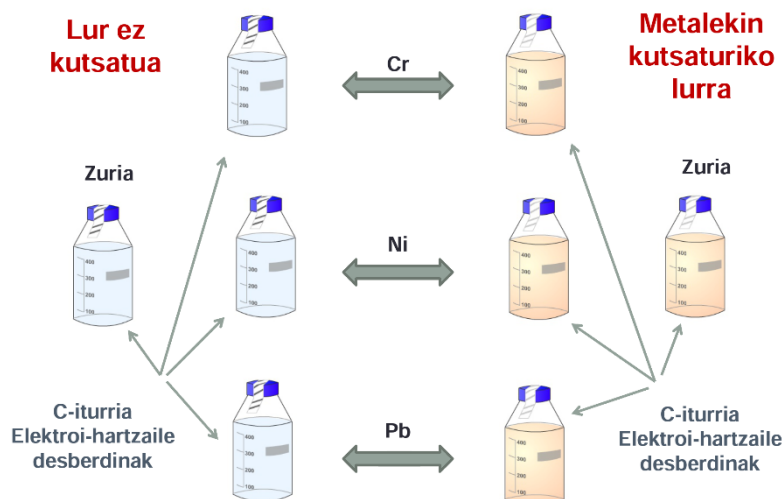


- **Sistema irekiak:** noizbehinka osagai (elikagai) desberdinen gehipena eta hondakin-produktu eta gehigarrien ezabapena. Autoerregulatu egiten dira.

- Kimiostatoak, termostatoak
- Biziraupen-ganbarak.



Adibidea: Metal astunekin kutsaduraren eragina lurrean aztertzea



Botila-efektua botila itxi batean mikroorganismoen laginak sartzerakoan, hauen komunitatearen egitura, konposaketan edo aktibitatean gertatzen diren aldaketek deritze. Gerta daiteke, mikroorganismoak gainazalari itsastea, populazioen hautaketa (mikroorganismo batzuk besteak baino gehiago haztea) edota tasa metabolikoaren handipena.

Hau guztia saihesteko, sistema itxiaren (botilaren edo daukagun edozein sistemaren) gainazal-bolumen erlazio egokia edukitzea eta inkubazio denbora laburrak egitea (mikroorganismoak itsasteko denborarik eduki ez dezaten).

Mesokosmoak

Mesokosmoak, manipulazio esperimentaletan erabiltzen dira, batez ere itsasoko komunitateen sare trofikoak aztertzeko, nola degradatzen duten eta erabiltzen duten materia organikoa..etab.

Mesokosmoa polietileno-zaku bat eta egitura zein flotagarritasuna ematen dioten kordaz dago osatuta. Egitura hauei esker, azter daitezke mikroorganismoen aktibitatea ingurune naturalean, manipulazio gutxiarekin.



3. Laborategiko eredu sistemak

Naturan mikroorganismoen ikuspegi sinplea aztertzen da. Horregatik laborategietan aztertzen diren mikroorganismoen aktibitatea ez da errealitatearen isla. Hala ere, laborategiko eredu sistemak edo mikroorganismoen azterketa laborategietan oso garrantzitsuak dira ingurumenaren aldaketara mikroorganismo baten erantzun fisiologikoa zehaztea baimentzen duelako. Gainera, baldintza esperimentalen kontrol osoa daukagu eta erreplikak egitea oso erraza da.

Azaldu dugun moduan, ez dutenez isladatzen naturan benetan gertatzen dena, normalean lehenengo mikroorganismo lagina oso purua erabiltzen da.

Laborategiko ereduak aztertzerakoan oso garrantzitsua da eredu matematikoak dominatzea; izan ere:

- Mikroorganismoen artean eta mikroorganismo eta beraien ingurunearen artean elkarrekintzak deskribatzen dituzte adierazpen matematikoen bidez
- Ingurumen, mikro-, edota makrokosmosen informazioan oinarritzen dira
- Mikro- eta mesokosmosen bidez baieztapena behar dute

Mikroeskalaren mikrobiologia (Single-cell Microbiology)

Etorkizunari begira, teknologiaren arloan egiten ari diren aurrerapenak direla eta, zientziak ere aurrera egiten du. Etorkizunean kapazak izango gara mikroorganismoak zelulaz zelula aztertzeko, honetan datza mikroeskalaren mikrobiologia, non zelula bakar bati gertatzen zaiona aztertze den. Konkreteki zelula baten inguruko baldintza fisiko eta kimikoen analisia egiten da eta, baita ere, zelula mota baten ezaugarri fisiologiko eta genetikoaren analisia.