

9.Gaia: Lur-mikrobiologia

Lur-ingurumena

Lurrean zenbat eta sakonago joan, mikroorganismo gutxiago egongo dira. Mikrobio-hazkuntzaren inhibitzaileak?

- Eguzki gabeko lekuak
- Anoxia betirako edo noizbehinkakoa
- N eta P mugatzaileak maiz
- Uraren eskuragarritasunean aldaketak

Nahiko garrantzitsua izango da ezberdintzatzea lurra eta itsasoko lurra, honetaz hitz egiten dugunean sedimentuaz hitz egingo dugu.

LURRA



Lurra, 3 geruzatan banatzen da:

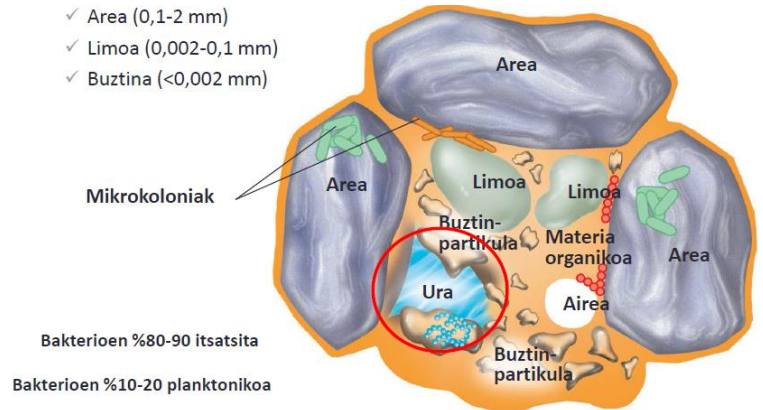
- **Lurzorua:** landare-materialaren geruza. Mikrobio ugari, aktibitate altua egongo da (O_2 asko, elikagai asko, biodegradazio tasa altua). Gehien aztertuta dagoena eta guk gehien ikusiko duguna.
- **Zorupea (asegabeara):** gainazaleko lurra (materia organikoz aberasturik, iluna, nekazaritzan erabilitakoa landareekin batera). Mikroorganismo asko izaten ditu, beraz mikrobio-aktibitate altua du.
- **Zorupea (asetua):** azpilurra, mineralak eta humusa daude bertan. Materia organiko gutxi eta mikrobio-aktibitate ertaina dago, O_2 gutxi egongo delako, gainera fototrofoak bakarrik gainazalean egongo dira eta elikagai gutxi egongo dira. Nitrogeno eta fosforo mugatzaileak izango dira.
- **Sakontasun handia:** luraren basea, mikrobio-aktibitate oso baxua dago.

Lurzorruak

- ✓ Lurzoru mineralak (ez-organikoa): arroken eta beste mineral ez-organikoen solubilizazioaren ondorioz sortutakoak dira. Ugariak.
- ✓ Lurzoru organikoak: urmael eta zingiretan sedimentazioaren ondorioz sortutako **sedimentuak** dira.
- ✓ Nahaste-lurzorruak.

Lurzoruko partikulak: area (0,1-2mm), limoa (0,002-0,1 mm) eta buztina (<0,002 mm). Gainera, ura eta airea egongo da. Bakterioa gehienak partikulei atxikituta egongo dira.

Konposaketa: Materia ez organikoa (~40%), materia organikoa (~5%), airea eta ura (~50%) eta izaki bizidunak (~5%),.



Mikroorganismoen proportzioa: bakterioak eta bereziki aktinomizetoak ugariak, onddoak eta protozoak. Gainera, birusen dentsitatea oso oso baxua da.

Mikroorganismoak:

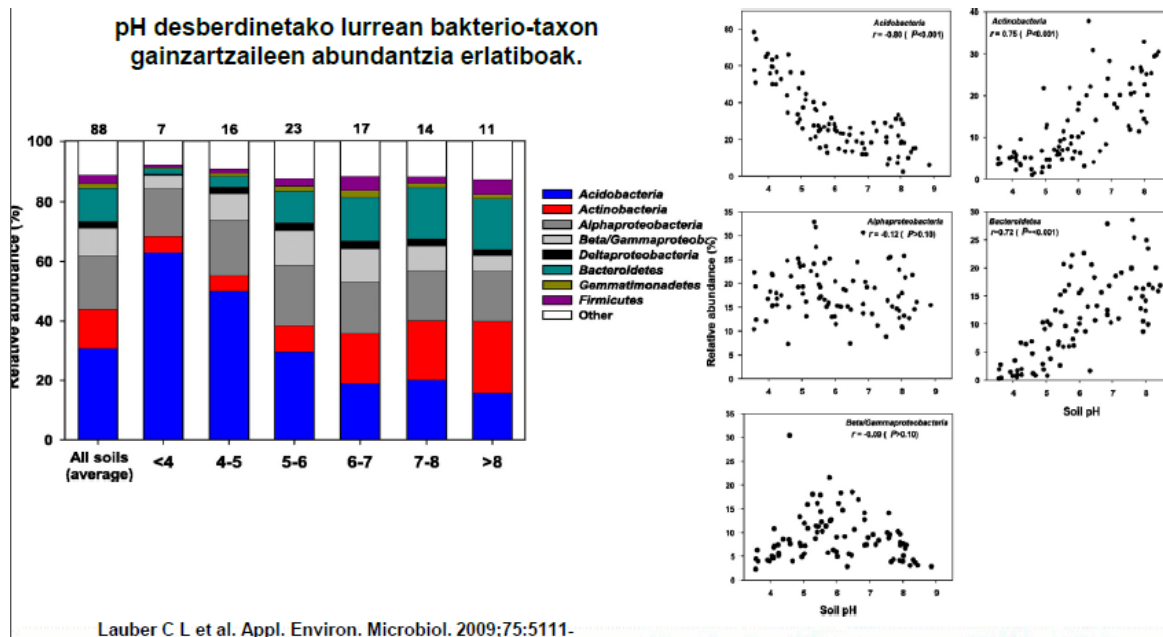
10^9 - 10^{10} zel/g pisu lehorreko eta hauetatik 10^8 kultibagarriak (%1) izango dira. Mikrobio-aktibitatean eragiten duten faktoreak:

- Uraren eskuragarritasuna
- Airearen barneratze-ahalmena (drainatzeko ahalmena)
- Elikagaien eskuragarritasuna
- Beste batzuk: pHa, lur mota ...
- Interfasea: ura/solidoa

Zonalde garrantzitsuenak mikroorganismoen hazkuntzarako: partikulen azalera (mikroorganismoen %80-90 atxikituta) eta errizosfera (Landareen sustraien inguruko lurra (landareak kanporatutako substantziak jaso)).

Oxigenoaren eragina: lur-partikula batean oxigeno-mikroinguru desberdinak. Gainazaleko geruzetan dauden mikroorganismoek kontsumitu egiten dute oxigeno guztia erdian ingurune anoxikoa sortuz.

pHaren eragina: talde filogenetikoaren abundantzia eragina dauka, pH azidoetan, batez ere azidobakterioak (urdinak) agertuko dira batez ere. pHa igotzean honen abundantzia jaitsi egingo da eta beste bi talderen abundantzia igoko da, aktinobakterioak (gorriak) eta bacteroidetes (berdea).



Lur motaren eragina: partikulen tamainaren arabera. Lurtean zenbat eta poro gehiago izan orduan eta errezagoa mikroorganismoen mugimendua. Beraz, lurak dituen partikulen arabera mikroorganismo ezberdinak egongo dira. Lurra nondik hartzen dugun arabera ere dentsitateak ezberdinak izango dira (baso tropikaletik, sabanatik, basamortutik, tundra, lur kultibatuetatik...)

Mikroorganismo ugariak: (genero batzuk, adierazgarriak jakin behar dira!)

Bakterioak

Kultibagarriak $10^6 - 10^8$ KUS/g

Arthrobacter, *Streptomyces*, *Pseudomonas* eta *Bacillus*

Beste batzuk *Clostridium*, metanotrofoak, *Ralstonia eutrophus*, *Rhizobium*, *Frankia*, *Agrobacterium*

Guztiak $10^7 - 10^{10}$ zel/g

Estimazioa 10.000 andui/g

Onddoak

Guztiak $10^5 - 10^6$ zel/gr

Legamiak gutxi 10^3 zel/gr

Deskonposatzen dute zelulosa eta lignina

Ugariagoak lur azidoetan

Penicillium, *Aspergillus*, *onddo mukitsuak*

Mikorrizak

Algak

lehenengo 10 cm-tan 5000-10.000/gr

Protozoak

Amebak ugariak

10-20 cm, sustraien hondoa bakterioak metatzen direnean

30.000/gr, 350.000/g arto-baratzan eta miloi/g area azpitropikaletan

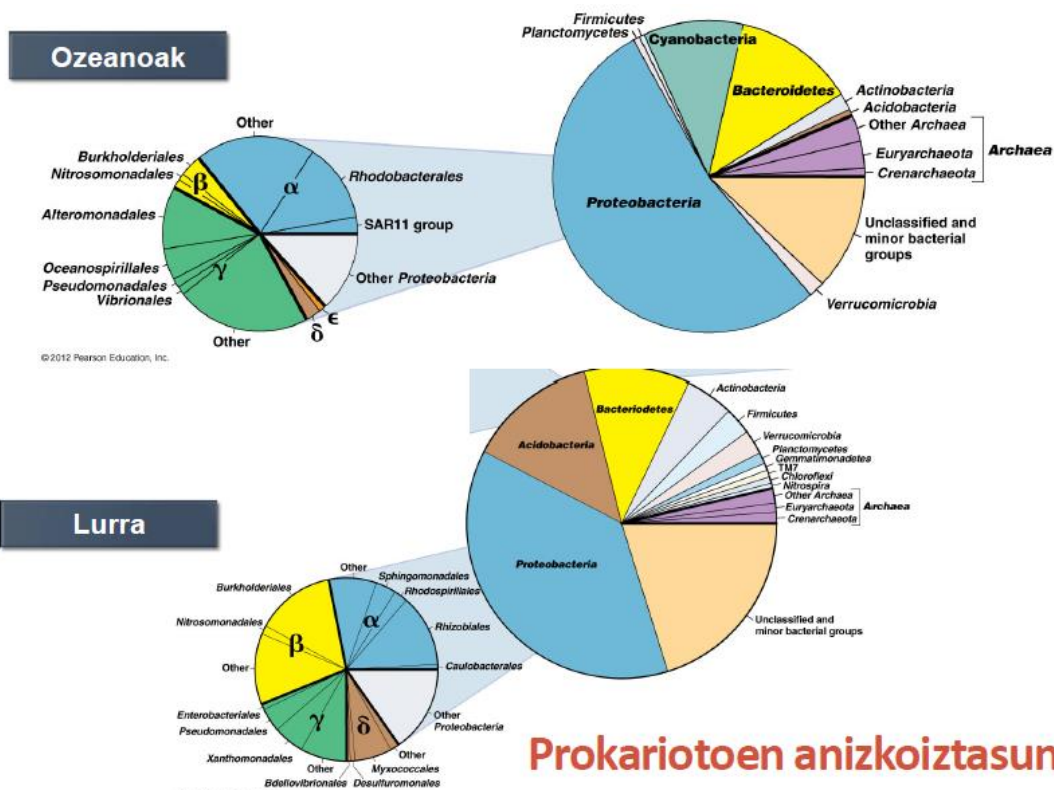
	BAKTERIOAK	AKTINOMIZETOAK	ONDDOAK
Dentsitateak	altuenak	ertainekoak	txikienak
Biomasa	--- antzeko biomasak---		handiena
Horma zelularra	--- PEP, az teikoikoak, LPS ---		kitina/zelulosa
N ₂ finkapena	Bai	Bai	Ez
Aerobio/Anaerobioa	biak	batez ere aerobikoa	aerobikoa
Hezetasun-stress	tolerantzia baxua	ertainekoa	altua
pH hobeina	6-8	6-8	6-7
Lehiaketa	lur guztiak	pH alkalino	pH azidoak

AKTINOMIZETOAK: Geosmina (lur-usaina) eta antibiotikoen sortzaileak



Zunda filogenetikoak erabiliz, ozeanoetako eta lurreko prokariotoen dentsitateak konparatu dira:

- Lehendabiziko gauza aipatu behar dena: bi kasuetan sailkatu gabeko nahikoa daude. Zunda filogenetikoak erabiliz, ikusi daiteke bi ekosistematik mikroorganismo asko ez direla ezagutzen (lurrean gehiago).
- Bi prokarioto ezberdin daude: arkeo eta bakterioak. Arkeo gehiago daude ozeanoetan.
- Bakterioen barnean: proteobakterioak bi kasuetan dira garrantzitsuenak: ozeanoetan erdia baino gehiago eta lurrean ugarrienak dira baina ugaritasun baxuagoarekin. Ozeanoetan alfa eta gamma dira ugarrienak eta lurrean alfa eta beta.
- Bakteriodetes, bi kasuetan nahiko garrantzitsuak dira.
- Zianobakterioak: ozeanoetan garrantzitsuak dira eta lurrean, aldiz, ez daude.
- Lurrean actinomicetoak nahiko ugariak dira, itsasoan ugaritasun baxuagoa dute.
- Lurrean talde filogenetiko desberdinen kopurua handiagoa da, lurrean dibertsitate handiagoa dago.



Lurzoruko bakterio garrantzitsuenak (hauetariko genero bat jakin behar da):

Bakterio autotrofo eta heterotrofo garrantzitsuak

TABLE 4.7 Examples of Important Autotrophic Soil Bacteria

Organism	Characteristics	Function
<i>Nitrosomonas</i>	Gram negative, aerobe	Converts $\text{NH}_4^+ \rightarrow \text{NO}_2^-$ (first step of nitrification)
<i>Nitrobacter</i>	Gram negative, aerobe	Converts $\text{NO}_2^- \rightarrow \text{NO}_3^-$ (second step of nitrification)
<i>Acidithiobacillus</i>	Gram negative, aerobe	Oxidizes $\text{S} \rightarrow \text{SO}_4^{2-}$ (sulfur oxidation)
<i>Acidithiobacillus denitrificans</i>	Gram negative, facultative anaerobe	Oxidizes $\text{S} \rightarrow \text{SO}_4^{2-}$; functions as a denitrifier
<i>Acidithiobacillus ferrooxidans</i>	Gram negative, aerobe	Oxidizes $\text{Fe}^{2+} \rightarrow \text{Fe}^{3+}$

TABLE 4.8 Examples of Important Heterotrophic Soil Bacteria

Organism	Characteristics	Function
Actinomycetes, e.g., <i>Streptomyces</i>	Gram positive, aerobic, filamentous	Produce geosmins ("earthy odor") and antibiotics
<i>Bacillus</i>	Gram positive, aerobic, spore former	Carbon cycling, production of insecticides and antibiotics
<i>Clostridium</i>	Gram positive, anaerobic, spore former	Carbon cycling (fermentation), toxin production
Methanotrophs, e.g., <i>Methylosinus</i>	Gram negative, aerobic	Methane oxidizers that can cometabolize trichloroethene (TCE) using methane monooxygenase
<i>Ralstonia eutropha</i>	Gram negative, aerobic	2,4-D degradation via plasmid pJP4
<i>Rhizobium</i>	Gram negative, aerobic	Fixes nitrogen symbiotically with legumes
<i>Frankia</i>	Gram positive, aerobic	Fixes nitrogen symbiotically with nonlegumes
<i>Agrobacterium</i>	Gram negative, aerobic	Important plant pathogen, causes crown gall disease

Aktinomizetoak bakterio ugariak izango dira. Hauek antibiotikoak eta produktu naturalak ekoiztuko dituzte (estreptomizina), geosmina ekoiztuko dute, honek lurrari usaina emango dio. Molekula organiko konplexuak degradatzeko gai izango dira eta gainera nitrogenoa finkatzeko gai izango dira.

kultibaturiko prokariotoak

TABLE 4.6 Dominant Culturable Soil Bacteria

Organism	Characteristics	Function
<i>Arthrobacter</i>	Heterotrophic, aerobic, gram variable; up to 40% of culturable soil bacteria	Nutrient cycling and biodegradation
<i>Streptomyces</i>	Gram-positive, heterotrophic, aerobic actinomycete; 5–20% of culturable bacteria	Nutrient cycling and biodegradation; antibiotic production, e.g., <i>Streptomyces scabies</i>
<i>Pseudomonas</i>	Gram-negative heterotroph, aerobic or facultatively anaerobic; possess wide array of enzyme systems; 10–20% of culturable bacteria	Nutrient cycling and biodegradation, including recalcitrant organics; biocontrol agent
<i>Bacillus</i>	Gram-positive aerobic heterotroph; produce endospores; 2–10% of culturable soil bacteria	Nutrient cycling and biodegradation; biocontrol agent, e.g., <i>Bacillus thuringiensis</i>

Arkeoak: NH_3 kontzentrazio baxuetan hazten da (1000 aldiz baxuagoa bakterio nitrifikatzaileek erabiltzen dutena baino).

Thaumarchaeota: Ozeanoak, sedimentuak, lurra,...tenperatura-tarte handia jasaten dute, kimiolitotrofo autotrofoak, aerobioak dira, NH_3 NO_2 -ra oxidatzen dute, N-zikloan garrantzitsuak ozeanoan, itsas hondoan pikoplanktonaren %40a dira eta lur azidoetan %30a.

protozooak

TABLE 4.10 Average Length and Volume of Soil Protozoa Compared with Bacteria

Group	Length (μm)	Volume (μm ³)	Shape
Bacteria	<1–5	2.5	Spherical to rod shaped
Flagellates	2–50	50	Spherical, pear shaped, banana shaped
Amoebae			
Naked	2–600	400	Protoplasmic streaming, pseudopodia
Testate	45–200	1000	Build oval tests or shells made of soil
Giant	6000	4×10^9	Enormous naked amoebae
Ciliates	50–1500	3000	Oval, kidney shaped, elongated and flattened

From Ingham, 1998.

ugarienak

Lurzoruko ingurune bereziak:

- Filozofia: zuhaitzetatik hostoak erortzean osatzen duten ekosistema da, batez ere onddoak eta bakterioak daude.
- Errizosfera: landareen sustraien inguruan sortzen den ekosistema da: mikroorganismoak materia organikoaren birziklapena, mineralak disolbagarriak bihurtu. Mikroorganismoak elikagaiak (aa, azukreak, bitaminak...) hartuko ditu landaretik. Landareak gaixotasunen kontra babestuta egongo dira, onddoak patogenoekin lehiaketa egingo dutelako. Gainera, landareen hazkuntza suspertuko da.
 - Mikrorrizak: Landare sustraia eta onddoen arteko erlazio sinbiotikoa. Onddoak elikagaiak hartzen ditu. Landareak: Sustraien luzaera handitu, elikagaien xurgatze abiadura handitu, patogenoetarako erresistentzia eta ingurumeneko baldintzak hobeto jasan (tenperatura, hezetasuna eta pH).
 - Sustrai-nodulak: nitrogenoa finkatzen duten bakterioak: sustraietan egongo dira eta bertan hazkuntza tumorala: nodulua, horrela nitrogenoa landareei pasako die. Rizobioak, lekadunak: *Rhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Sinorhizobium*...



- Endolitoak arroka sedimentario: arroka sedimentariotan agertzen diren ekosistemak. Endolitoak deitzen dira. Zianobakterioak-Onddoak-Alga berdeak-beste bakterio batzuk agertzen dira.



- Lur sikuak: muturreko bizilekuak dira: temperatura: $-24\text{ }^{\circ}\text{C}$ - $>60\text{ }^{\circ}\text{C}$, erradiazio altua eta ur gutxi. Batez ere zianobakterioak egongo dira, baina alga berdea, onddoak, bakterio heterotrofoak eta likenak ere bai. Kostra biologikoarekiko lurra (biological crust soils) BCSs: zianobakterioak (*Anabaena*, *Nostoc*, *Microcoleus*, *Scytonema*)
 - o Hipolitona: arroken azpian
 - o Epiliton: arroken gainean
 - o Endoliton: arroken barruan, poroetan, grietetan

Zorupena:

Lurzoruaren azpian dagoen geruza da, ehunka metrotako sakontasunera artekoa. Mikrobio-aktibitatea eta dentsitatea lurzorua baxuagoa da. Arkeo eta bakterioak daude, geroz eta oxigeno gutxiago egongo da beraz aerobioak bakarrik zorupearen lehen geruzan egongo dira. Beherago joanda aukerazko anaerobioak (nitrogeno erreduzitzaileak) aurkituko ditugu eta ondoren derrigorrezko anaerobioak (sulfatoaren erreduzitzaileak, arkeo metanogenikoak eta bakterio azetogenikoak..).

Sakonasun handia:

Hurrengo geruza, guztiz anaerobioa izango dena. Ze sakontasuneraino aurkitu da bizitza mikroskopikoa? 3 kilometrotaraino (ura badago). Bizi baldintzak bertan oso gogorrak dira: temperatura oso altua 50°C arte (termofiloak egongo dira bakarrik), oxigeno gutxi, elikagai gutxi (oligotrofoak egongo dira), batez ere bakterio eta arkeoak aurkituko ditugu, protozoo eta onddo gutxi.

Lurraren basea izango da, bertan mikrobio-aktibitate oso baxua egongo da. Mikroorganismoen artean, arkeoak eta bakterioak egongo dira:

- Kimiolitotrofoak (batez ere H_2 ekoizpen ezorganikoari esker).
- Kimioorganotrofo gutxi (materia organiko gutxi).
- Anaerobioak: batez ere hauek egongo dira. Sulfatoaren erreduzitzaileak, arkeo metanogenikoak eta bakterio azetogenikoak.

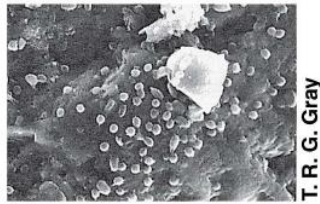
Kriptoendolitoak:

Bacillus infernus 2800 m-tara bizi da, mikroorganismo anaerobioa da, formato eta laktatoaren oxidazioa eta nitratoen edo, Mn^{4+} Fe^{3+} ... erredukzioa burutzen du. Glukosa, azetatora, laktatora eta butiratora hartitzeko gai da baina beste azukreak erabiltzeko ez da gai. Termofiloa da, 60°C -tan bizi.

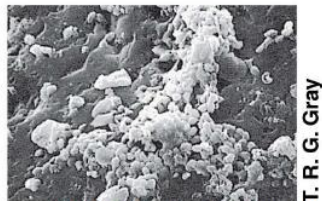
Mikroorganismoen funtzio garrantzitsuenak lurrian:

- Ekoizle primario gisa garrantzi baxua, argi gutxi dagoeko.
- Elikagaien birzirkulazioan (ziklo biogeokimikoetan) beharrezko funtzioa
- Lurraren sorkuntzan, lurraren transformazioa egingo dute.
- Kutsatzaileen ezabapena
- Mikroorganismo eta landareen arteko erlazio garrantzitsua, sinbiosia. Adibidez, mikroorganismo batzuk nitrogenoa finkatzen dute horrela landareak erabili al dute.

Ziklo biogeokimikoak: C-zikloa



(a) Kokobaziloak



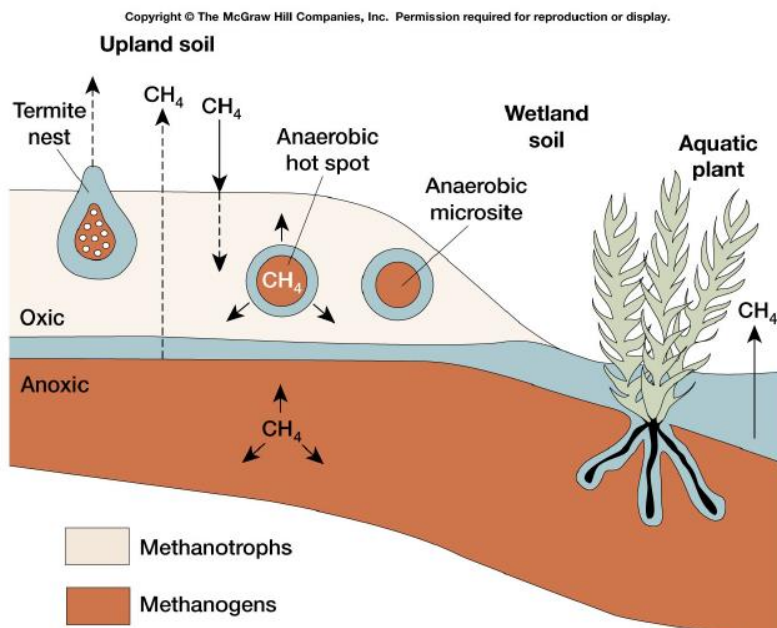
(b) Aktinomizetoen esporak



(c) Onddoen hifak

Algak eta likenak CO_2 finkatuko dute materia organikoa askatuz eta bakterio kimioorganotrofoak eta onddoak materia organikoa erabiliko dute CO_2 a askatuz.

Ziklo biogeokimikoak: metano-zikloa



Bi mikroorganismo motak hartuko dute parte: sakontasunean arkeo metanogenikoak: CH₄ askatuko dute eta gainazalera joango da. Gainazalean aldiz, bakterio metanotrofoak metano horren degradazioa egingo dute.

Lurraren sorrera:

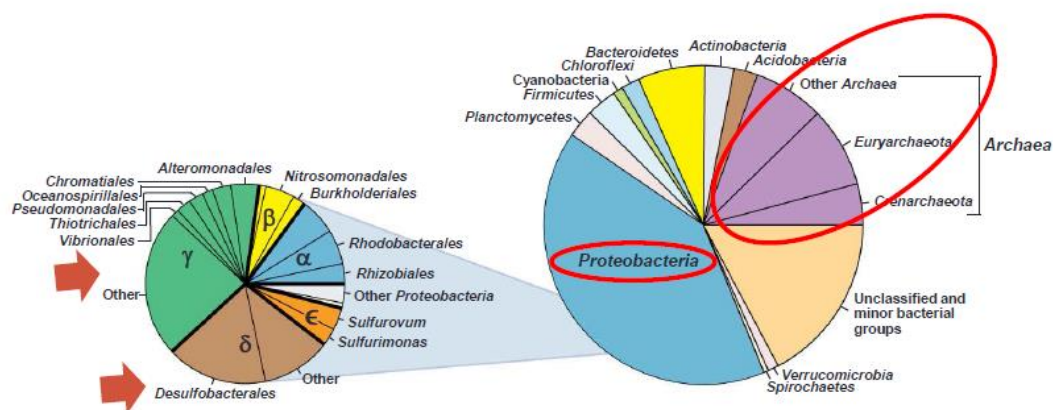
1. Arroketa zianobakterioak, algak, likenak, eta goroldioak ezartzen dira, fotosintesia eta materia organikoaren ekoizpena gertatzen da.
2. Mikroorganismo kimioorganotrofoak hazten dira (prokariotoak eta onddoak): arnasketa egingo dute, CO₂a ekoiztuz (uretan disolbatuta badaude (H₂CO₃) arroka disolbatzen dute).

SEDIMENTUA

Itsas-sedimentua

Itsas sedimentua hartzen dugun lekuaren arabera mikroorganismo dentsitatea aldatu egingo da. Baina talde filogenetikoaren artean, proteobakterioak dira garrantzitsuenak. Gainera, itsas sedimentuetan arkeoak ere garrantzitsuak izango dira, eta batez ere euriarkeoak.

Prokariotoen konposaketa filogenetikoa



Zenbat eta sakonago egon O₂ gutxiago, goran arnasketa aerobioa eta beheago arnasketa anaerobioa.

Sediment surface Microbial processes in a marine sediment profile

Zone 1. Oxic, oxygen present

Aerobic respiration of organic carbon, nitrification (oxidation of ammonium and nitrite), sulfide oxidation, and Methane oxidation.

Zone 2. Hypoxic, low oxygen, nitrate present

Nitrate respiration of organic carbon, denitrification (special case of nitrate respiration), some fermentation, and methane oxidation

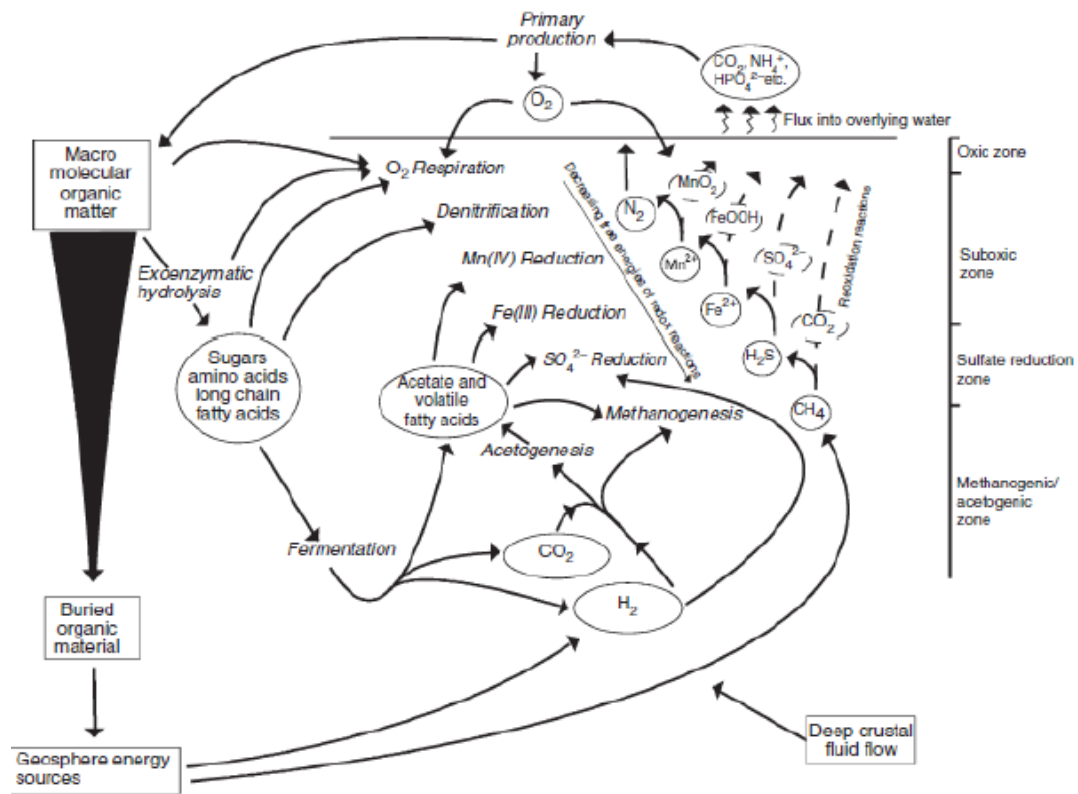
Zone 3. Upper anoxic, no oxygen, sulfate present

Sulfate respiration of low molecular weight organic compounds, fermentation, and Methane oxidation using sulfate as the electron acceptor

Zone 4. Lower anoxic, no oxygen, no sulfate

Methanogenesis and fermentation

Ziklo biogeokimikoak



Schematic of prokaryotic processes of organic matter degradation in subseafloor sediments.

Hau ez da beharrezkoa jakitea. Lur mota ezberdinak konparatzean, lurretik, lakuetatik eta itsas sedimentutik nahiko CO₂ askatzen da baina, besteetatik gutxiago.

Lur desberdinetako arnasketa-aktibitatearen konparaketa

