

V. UDAKO EUSKAL UNIBERSITATEA

IRUINEA 1.977

E K O L O G I A - III

* NITROGENOAREN ZIKLOA

* METALEEN EKODINAMIKA

* SATSUDUR MOETAK

V. UDAKO EUSKAL UNIBERSITATEA

IRUINEA 1.977

E K O L O G I A - III

* NITROGENOAREN ZIKLOA

* METALEEN EKODINAMIKA

* SATSUDUR MOETAK

NITROGENOAREN ZIKLOA

®

mikel Ioinaz

joseba berriozabal

Aurkibidea

I.- NITROGENOAREN GARRANTZIA: PROTEINAK.

Proteinak eta giza nutriziaren beharrianak	2
Protein iturriak	3
Landareen oztopoa	4
Nitrogeno-finkatzaileak	4

II.- NITROGENOAREN ZIKLOA.

Nitrogenoaren egoera molekularrak	7
Zikloaren barne prozesu naturalak	10
Zikloaren eredu grafikoa	13
Nitrogenoaren inventarium bat	14

III.- GIZONAREN INTERBENTZIOA.

Finkapen artifizial baten premia	16
Leguminatsuen finkapena	16
Industriaren finkapena	19
Ondorioak	21
Erreziklapen baten premia	22

IV.- IKERKUNTZA BERRIAK.

Nitrogenasa	24
Genetikaren arloan	25

ERANSKINA: Euskal baserria eta nitrogenoaren zikloa	
Kultibagaien errotapena	28
Ongarrien fabrikapena	29
Paisaiaren transformatzea	30

Bibliografia	31
--------------	----

Hitzegia	32
----------	----

I.- NITROGENOAREN GARRANTZIA: PROTEINAK

Lana prestatzean, ardura bat ukan dugu geure baitan: nitrogenoaren zikloak gaurko giza populazioarekin duen harremana agertuz, gaiaren praktikotasuna begien bistan uztea, halegia. bestela, Ekologiazko lege abstraktu eta eskema matematikoetatik bakarrik mintzatzean, arrisku bat ikusten dugu. Ekologiaren praktikotasuna ezkutuan geldituko litzateke, eta irakurleak ez luke haren berehalako baliagarritasunik susmatuko. Nitrogenoaren zikloarekiko teoria eta beronen aplikapena, gauza biak agertzea, uste dugu ^{delat} egokiena. Gainera, UEUn gaurkoz daramagun joera bera ere antzekoa da. Goimailako zientzia hutsezko ikerkuntza sakonena baino premiazkoagoa dugu, unibertsital irakaskuntza orokor batetan erabiltzen diren gaiak aztertzea. Dibulgazio ~~hala~~ izango da, beraz, zati handi batetan gure saioa.

Konkretuki, lehen aipaturiko gaiaren interesgarritasuna hara non datzan: Nitrogenoaren arazoa munduko beharrian larri bati, gizartearen elikadurari, lotua dagokio. Giza organismoak, edozein animaliak bezalaxe, hainbat elementu ditu premiazko bere prozesu metabolikoetarako: C, O, H, N, S, P, Ca, Na, etab. Elementuok bi taldetan banatzen dira: kantitate ugari hartu behar direnak, eta kantitate urritan hartu beharrekoak. Kantitate handitan hartu beharreko elementuen artean aurkitzen da nitrogenoa. Baina, nitrogenoa ezin dugu molekula libretako egoeratan hartu, baizik eta proteinetako osagai bat denez, proteinak jatean gureganatzen dugu nitro^ogenoa.

Proteinak eta giza nutrizioaren beharrianak

Hiru eratako gai organikoak hartzen dira kontutan, kantitate aldetik, pertsona baten elikadura lortzeko: azukreak, lipidoak eta proteinak. Hauez aparte, ba dira beste zenbait bitamina eta gatz inorganiko ere; baina kantitateari dagokionez, garrantzirik ez dute. Egunero jaten diren azukre, lipido eta proteinetatik ateratzen du gorputzak, funtzionatzeko behar duen energia. Energia hau Kaloriatan neurtzen da (Kaloria= kilokaloria, biologi arloan). Gehiago oraindik, egunero kontsumitzen diren kaloriak, goian aipaturiko hiru gai organikoen artean, proportzio berezi batetan banatuak hartu behar dira.

Kalorien 50%a azukretik, 20%a lipidoetatik, 10%a proteinetatik lortzea da egokiena. Beraz, gorputzak erretzen dituen kalorien 10%a, gutienez, proteinatan emango zaio berari. Arau praktikogisa, hau erabili ohi da dietetika modernoan: "Gorputz pisuaren kilogramo bakoitzeko, proteina gramo bat jatea komeni da egunero". Adibidez, 70 kg. pisatzen duen lagun batek, 70 g. proteina janda beteko ditu eguneroko protein errekerimenduak. Ez da zaila, datu hauen bitartez, giza populazio osoarekiko kalkuluak egitea. Munduan 4.000 milioi bizilagun garelarik, 280.000 tonelada proteina kontsumitu beharko lirateke egunero. Kalkulu teoriko hauk errealitatetik urrun daudela aitortzea ere derri-gorrezkoa da hemen. Herrialde aurreratuen eta herrialde azpiaurreratuen arteko distantzia, proteina kontsumutan neurtu ahal da polito. Goian esandako minimum hori herrialde aurreratuetan aise betetzen den bitartean, herrialde azpiaurreratuak ez dira hurbildu ere egiten; proteinak (okela, arraultzeak, esnea) jan ordez, azukrea (garia, artoa, arroza) bakarrik jaten bait dute.

Berriro proteinei atxekiaz, azukreek eta lipidoek ez daukaten elementu berezi baten jabe dira proteinak: nitrogenoaren jabe, hain zuzen. Nitrogenoa da protein molekula karakterizatzen duten elementu inportanteenetariko bat. Orok daki, aminoazidoz osaturiko katea luze batzu direla proteinak, eta bai aminoazidoak batabesteari lotzea, nitrogenoari esker gertatzen dela ere. Proteinetatik kanpo azido nukleikoetan ere aurkitzen da nitrogenoa. Hauek ez dute, ordea, nutrizio aldetik, garrantzi apartekorik.

Protein iturriak

Gaurko ikerkuntzaren zenbait produktu sintetiko alde batetara utziz, proteinak ahoratzeko bi bide nagusi ditugu betidanik ezagunak: landareak nahiz haien emaitzak jatea, edo eta animaliak nahiz haien emaitzak jatea. Landareetatik zuzenki proteinak hartzeak ba ditu bere abantailak, eta katea trofikoan zehar i-suriz doan energia hobeto probetxatzea, ez da horietako tikiena. Kontutan hartu behar da, halabaina, landareen protein eskasia. Gainera, aminoazido nahitaezko batzu kantitate urritan aurkitzen dira landare proteinetan, eta janeurri begetariano huts batek nekez horni genitzake haietaz.

Animaliak eta haien emaitzak janez, belarjale izan ordez, haragijale bihurtzen gara, eta katea trofikoan, maila bat goragotik xurgatzen dugu energia. Nola katea trofikoan, maila bate-

tatik hurrengora iragatean, energia gehiena (90%) galdu egiten den, proteinok askoz garestitagoak gertatzen zaizkigu. Okela, arraultzeak, esnea, eta abar dira protein iturri bezala gehien erabiltzen direnak, herrialde aurreratuetan behintzat.

Landareen oztopoa

Landare berdeak, fotosintesiaren bitartez atmosferako karbonoa (CO_2) finkatzeko ("hartzeko"), eta hura azukre bihurtzeko gai dira. Hau dela eta, "lehen mailako produktore" izenez deitu ohi dira askotan. Klorofila eta haren inguruan diharduten entzimak dira prozesu horren erantzule. Beraz, entzima berezi hauk egiten dakielako eta honetarako informazio genetiko bat bere baitan duelako, finkatu ahal du landareak atmosferako CO_2 a. Ez da atmosferako nitrogenoaz berdin gertatzen. Landareek ez dute N_2 a finkatzeko gaitasunik, horretarako entzima berezi baten informazio genetikorik ez dute eta. Landareen nitrogeno iturria, nitrogeno finkatuak behar du izan: nitratoa, nitritoa edo amonia. Gehienek lurrean disolbatua dagoen nitratoa xurgatzen dute beren sustraietatik, "Nitrato reduktasa" izeneko entzima baten eraginez. Entzima honi buruz, ba dira M. Losada espainiar ikertzaileak eginiko lan sakonak.

Konklusio gisa, landareek erabil dezaketen nitrogenoa, aurrez beste zerbaitek finkaturik egon bide da. Hau da, ezin dezakete atmosferako nitrogenoa dohainik har, baizik eta beste "norbaiti" eskatu behar diote, nitrogeno-finkatzaileei, noski.

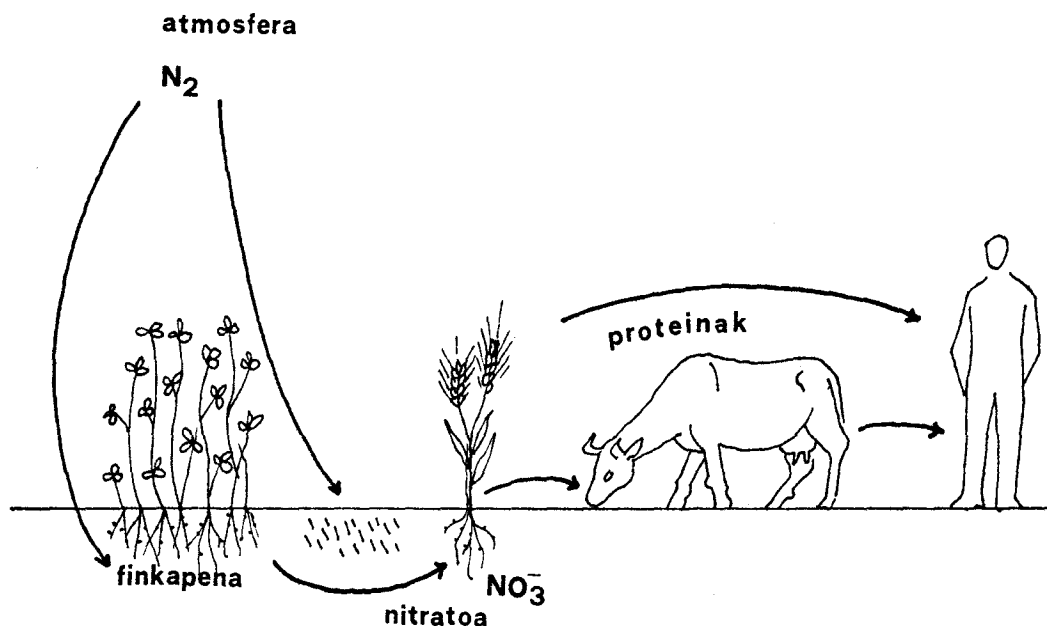
Nitrogeno-finkatzaileak

XIX. gizaldirarte, ez genekien gauza askorik nitrogenoaren finfapen biologikoaz; hau da, organismo bizi batzuren eraginez, landareentzat baliagarri bilakatzen den nitrogenoaz. Nitrogenoaren finfapen biologikoak, oraindik argitu ez diren inkognita askotxo dauzka estalita. Orohar, prozesu biologikoak duen alde-rik miresgarriena zera da: nola demontre tenperatura eta presio normaletan finka dezake nitrogenoa, "Nitrogenasa" izeneko entzima kaskar batek. Prozesu bera ezin daiteke fabrika batetan lor, ehunkada gradutako tenperatuaz eta ehunkada atmosferatako presioz izan ezik. Ikertzaile askorentzat nitrogenasa entzima liluragarria gertatu da, eta ez da gutiagotarako. Mundu osoan dagoken nitrogenasaren kopurua, ez omen bait da kilogramo batzutakoa baino.

Nitrogeno-finkatzaileak mikroorganismoak dira ia denak. Hauk dute, eta ez beste inork, biosfera guztian barrena biologikoki finkatzen den nitrogenoa finkatzeko gaitasuna, nitrogenasaren informazio genetikoaren jabe bait dira.

Mikroorganismo horik guztiok talde bitan bana genitzake: bizi-
modu librea dagitenak, eta goimailako landareekin sinbiosian bizi
direnak. Bizimodu librea esatean, bizi ahal izateko beste orga-
nismoren beharrik ez dutela, adierazi nahi da. Horregatik deitzen
dira~~sinbiotikoak~~ sinbiosia esatean, berriz, goimailako landa-
reekiko harremana ezinbestekoa dela, ulertzen da. Bizimodu honi
"halabeharrezko sinbiosia" deitzen zaio. Baina halabeharrezko
sinbiosiaren eta bizimodu librearen erdian, beste erlazio moeta
batzu ere aurki genitzake. Ba da, hain zuzen, bere energia lan-
dareetatik lortu behar duen zenbait mikroorganismo bizimodu li-
brekorik. Horrelakoak, "asoziaziozko sinbiosi" batetan sailka-
tzen dira. Ezin daiteke, bada, espezie arteko harremanak hain
erraz eta hain klarki sailka.

Prehistoriara jotzen badugu, topatu dira jadanik karbonifero haroan, duela 300 milioi urte, nitrogeno-finkatzaileekin sinbiosian bizi izan ziren landare moeta batzu, "ginkoale" eta "zika-da" izenekoak kasu.



Bizimodu librekoen artean "azotobakteriazeak" duten garrantzia ez da mesprezagarria. Hauk dira, izan ere, belardietan eta, finkatzaile sinbiotiko gabeko, beste ekosistema batzutan nitrogeno gehiena finkatzen dutenak. Ez da erraza izaten halakoen finkapena neurtzea. Baina, zenbait ikertzailek dienez, urtean hektarea bakoitzeko 2 edo 3 kilogramo finkatuko lukete; 5 kg, gehienez ere.

"Alga berde-urdinskak" ere bizimodu libreko finkatzaileak dituzu. Ingurune egoki bat dutenean, kontutan edukitzekoak dira, nitrogeno-finkatzaile bezala. Arroztiak eta antzeko tokiak dira, batez ere, hauentzat aproposenak.

Leguminatsuen sinbionteak dira, halabaina, nitrogeno finkatuaren sortzaile baliotsuenak. Segurki hauk izan dira, laborantzarako probetxagarrienak, eta gehien estudiatuak ere bai. Alfalfa eta antzeko leguminatsuen sinbiosiek, urtero 350 kg nitrogeno finkatu ahal dute hektarea bakoitzeko, soro batetan kultibatzean.

II.- NITROGENOAREN ZIKLOA

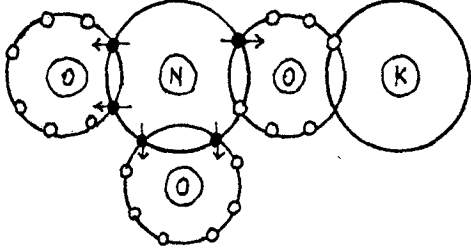
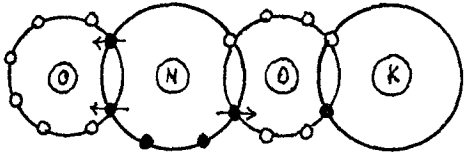
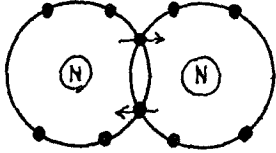
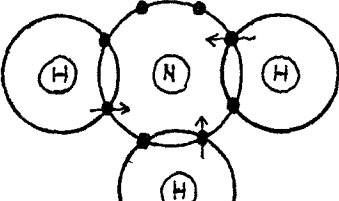
Ziklo hitza aipatzean, ideia dinamiko bat datorkigu burura automatikoki. Nitrogenoaren higidura, aldaketa nahi dugu aztertu; ez bait datza, inola ere, beti toki berdinean eta egoera berdinean, geldirik. Zikloa espazio baten barrenean gertatzen da, Biosfera deitu espazioan eta beraren inguruan. Biosfera ez da lurra inguratzen duen geruza mehe bat besterik. Berau, litosfera (lur eta arroak), hidrosfera (ur gazi eta geza) eta atmosferarekin dago kontaktuan. Hobeto esanda, hiru esferon zati bat dateke biosfera. Bizitzarekin lotura duen edozein elementu, esfera horietan aurkitzen da banatua. Nitrogenoa ere bai. Baina ez dago toki berean, ez eta egoera berean ere. Batetik, denboran zehar, egoeraz aldatuz joaten da nitrogenoa: gatzeko egoeratik gasezkora, eta alderantziz. Bestetik, esfera batetatik bestetara pasatuz dabil nitrogenoa aldi berean. Esferen numeroa mugatua denez, epe baten barruan lehengo bide berdinerara heltzen da. Mila bider bide beretik berribiltze horri esaten diogu zikloa betetzea.

Nitrogenoaren egoera molekularrak

Interesgarria da puntu hau aztertzea, zikloaren barruko aldaketak hobeto ulertzeko. Taula periodikoan nitrogenoak 7. zenbakia darama. Bizitzarekin lotuak dauden beste elementuen gisa, elementu arina da, beraz. Era askotariko molekulak osatuz agertzen zaigu nitrogenoa.

a) Gasezko nitrogenoa.- N_2 du bere formula. Nitrogeno molekularra ere deitu ohi zaio. Berau da, biosferan nitrogenoak duen egoerarik hedatuena, atmosferaren 79% inguru nitrogeno gas honek osatzen bait du. Pentsa, gu guztiok nitrogenozko "itsaso"honek inguratuak bizi garela. Arnasa hartzean gureganatzen dugun gasaren %4a nitrogenoa izan arren, kimikoki ez digu ezertarako balio. Berdin gertatzen zaie landadeei, ezin bait dute inguruan duten gasezko nitrogenoa ezertarako erabili. "Itsasoan" "egarri" bizi dira. Zer dela eta? Ba, nitrogeno gasa guztiz inerte delako. Hau da, N_2 molekula oso erreakziona gaitza da. Ez du hura ezerk hain erraz "erretzen" (oxidatzen), eta ez du berak beste ezer "erretzen" ere, oxigenoak bezala.

Molekulen arteko erreakzioak haien energiazko desnibelak eraginak izan ohi dira: energia altua duten molekulak erreakzionatzean, energia baxuagoa duten beste batzu sortzen dira. N_2 molekula oso energia apaleko egoeratan aurkitzen denez, nahiko zaila da, erreakziona ahal izatea. Erreakzioa bortxa daiteke: baina, kanpotikako energia asko gastatuz bakarrik.

nitrogenoaren balentzia	konposatua	elektron lotura
+ 5	nitratoa NO_3^-	
+ 3	nitritoa NO_2^-	
0	n. gasa N_2	
- 3	amoniakoa NH_3	

b) Ion nitratoa. - NO_3^- formulaz adierazten da. Solidoa da. Karga negatibo bat duenez, anioi bat da. Nitrogeno atomoak bere bost elektroi oxigenoarekin konpartitzen dituenaz, oso oxidatua aurkitzen da. Honegatik esaten da ere, +5 duela bere balentzia. Nitratoa lurlean aurkitzen da, lur poroetako uretan disolbaturik. Buztin lurretan datzanean, ez du izaten oztopo handirik buztin egituraren barnean libreki higitzeko. Lurlean sarturik dauden landare sustraiek, bertatik xurgatzen dute, urarekin batera, proteinetarako behar duten nitrato guztia. Hori dela eta, nitratoa da ugarien erabiltzen den ongarri moeta.

c) Ion nitritoa.- NO_2^- . Bere balentzia +1 du,,ez dago nitratoa bezainbeste oxidaturik. Lurrean aurkitzen den nitritoaren zatirik handiena, Nitrosomonas taldeko bakteriek amonio iona oxidatzean produzitua izan ohi da. Nitritoa nitrato transformatzen dutenak, berriz, Nitrobakter taldeko bakteriak dira.

d) Amoniakoa eta ion amonioa.- NH_3 eta NH_4^+ . Hemen, guztiz erreduzitua dago nitrogenoa. Hiru hidrogenori lotua dagoelako, -3 da haren balentzia. NH_4^+ , ion amonioa, karga positibo batez agertzen da. Berau da zenbait landarek erabiltzen duen nitrogeno iturria, halanola patatak. Ez al da amonioa baserritarrek, patata ereitean, erabiltzen duten "patata Hautsa"? Nahiz eta amoniodun ongarri likidoak egin ahal izan, ez da amonioa ongarri bezala gehien erabilia. Amonioaren desabantaila zera da: karga positibodun katioi bat izanik, buztin lurretan gatibatua gertatzen da, buztina negatiboki kartatuta bait dago. Orduan, amonio iona ezin da libreki lurrean higitu, eta landareari zaila gertatzen zaio hura xurgatzea.

Protein oinharri diren aminoazidoetan aurkitzen den nitrogenoa ere, amonioaren antzeko egoera erreduzituan dago; R-NH_2 egoeraren balentzia -3 bait da.

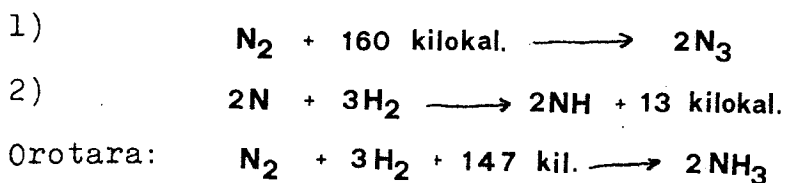
Ba dira nitrogenoaren beste egoera batzu, nahiz eta goikoon garrantzirik guretzat ez izan. Aipatzea merezi dutenen artean hidroxilamina (HONH_2) eta nitroxiloa (HNO) daude.

Zikloaren barne prozesu naturalak

Nitrogenoak molekular egoera batetatik bestetara pasatzean jasaten dituen erreakzio prozesuak, nahiko ezagunak dira. Beste askoren artean, ondoko hauk aipa genitzake: Finkapena, nitrifikapena, amonifikapena eta desnitrifikapena.

a) Finkapena. - Nitrogeno gasa beste edozein egoeratarara eramateari, finkatzea esan ohi zaio. Zergatik esaten da "finkatu"? Nitrogeno gasa eskuratzeko zaila da, oratzeko zaila, kimik arloan. Ikusi dugunez, landareek ezin dute hura hartu. Horregatik, nitrogenoa gasa izatetik beste egoera batetara aldatzeari esaten diogu finkatzea; beste egoera gehienetan landareak hartu dezakelako, oratu dezakelako, hain zuzen. Nitrogeno finkatua, landareek beren eginkizunetarako erabil dezaketenari deitzen diogu. Nitratoa, nitritoa nahiz amonioa izan ohi dira gehienetan.

Finkapen teoriko batetan beharrezko ~~den~~energiaren kalkulua ere egin izan dira. Nitrogeno molekula, finkatu aurrez aktibatua ukan behar du; hau da, N_2 molekula atomo bitan eten behar da. ^{or}Hortan bakarrik, 160 kilokaloria gastatzen dira mol bakoitzeko. Gero, bi nitrogeno atomoak bakoitza hiru hidrogenoz konbinatzean, 13 kilokaloria errekupe ratzen dira. Erreakzio bietan, globalki ikusirik, 147 kilokaloria gastatzen dira.



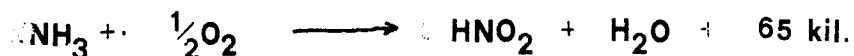
Hauk dira kalkulo teorikoak. Ez dakigu, halabaina, mikroorganismoek entzimatikoki lortzen duten prozesuan gauzak hala ote diren.

Nitrogenoa finkatu ahal duten mikroorganismoek, bai bizimodu librekoek eta bai sinbiotikoek, entzima bat erabiltzen dute honetarako, "nitrogenasa" izenekoa. Honi buruz, zertxobait aipatu dugu eta geroago ere aipatuko dugu gehixeago.

b) Nitrifikapena. - Hitz honetaz, amonioa hartu eta nitrito nahiz nitrato bihurtze prozesua, adierazten da. Bi prozesu ditugu, bada, eskuartean: bata, amoniotik nitritoa lortzea; eta nitritotik nitratoa sortzea, bestea. Ba dira hainbat mikroorganismo erreakzio hauetatik mesedea ateratzen dutenak.

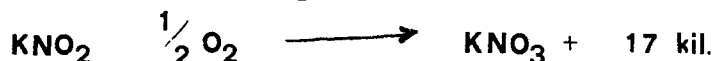
Organismoen artean, energia lortzeko modu bat baino gehiago erabili ohi dira. Landareek, eguzkiaren argitik hartzen dute energia, eta horregatik "foto-autotrofoak" deitzen dira. Beste

batzu, gai inorganikoetatik lortzen dutenak, "kimio-autotrofoak", berriz. Hauen artean aurkitzen dira 'Nitrosomonas' generoko bakteriak. Nitrosomonasak, amonioa nitrito bihurtuz ateratako energiari esker bizi dira. Erreakzioa honela azal daiteke:



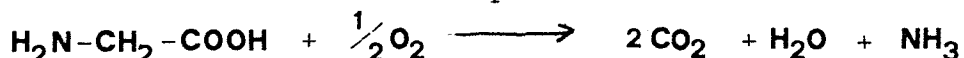
Amoniakoaren eta oxigenoaren konbinaketaz, azido nitrosoa eta ura ateratzen dute. Nitritoazido honen gatza besterik ez da. Transformakuntza honek kanporatzen dituen 65 kilokaloriatako energiaz, ederto bizi ahal dira bakterioak.

Beste mikroorganismo talde batek nitritoa nitrato bihurtzen du. Erreakzioa honela ager daiteke:



Mol bakoitzeko 17 kilokaloria kanporatzen dira. Energia hori erabiltzen dute bizitzeko Nitrobakter izeneko bakteriek.

c) Amonifikapena.-Amonifikatzea, nitrogeno konposatuak amonio bihurtzea da. Prozesu honen bidez, gai organikoetan, proteinetan bereziki, dagoen nitrogenoa amonio libre bilakatzen da. Erreakzioaren eredu gisa, glyzina aminoazidoa ipiniko dugu, berau bait da aminoazidoetan sinpleena:



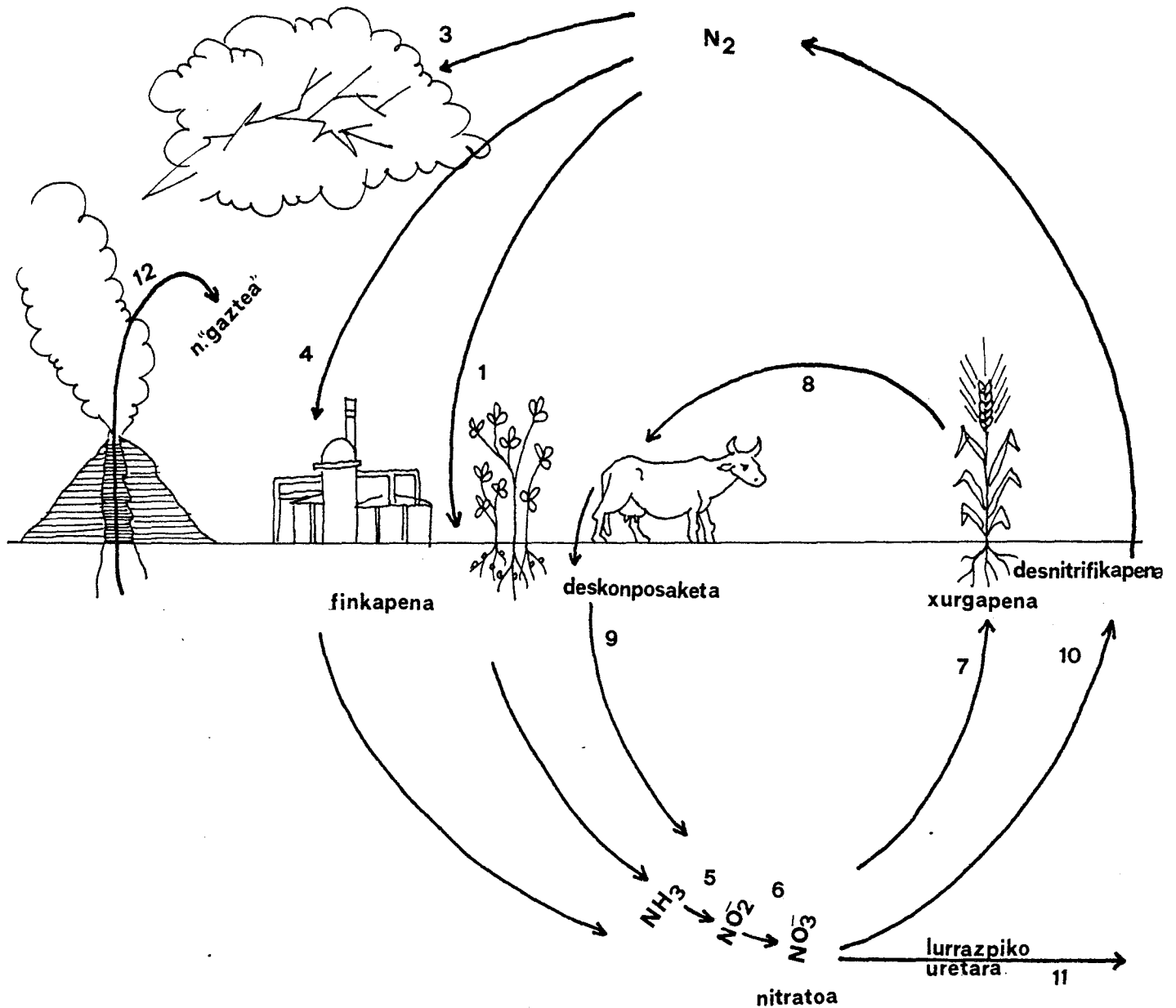
Amonifikatzea duzu, nitrogenoaren erreziklapeneko pauso garrantzitsuenetariko bat. Animalien gorpuak eta landareen desintegrapeneko hondakinak lurrera jausten direnean, deskonposaketa prozesuak desegiten ditu. Lehenik, deskonposaketa mekanikoa gertatu ohi da, agente atmosferikoen, zizareen, barraskiloen eta beste abarren ekintzaz. Honela hasten da osatzen, humus izeneko lur azal berezi bat. Humusean dirauten tenperatura eta hezetasunek, mikroorganismo deskonposatzaileentzat ingurune egoki bat prestatzen dute. Eta han, deskonposaketa kimiko bat daramate, molekula organiko luzeak moztuz eta haien elementuak pixkanaka askatuz. Elementuon artean, proteinetako nitrogenoa ere karbonoarekin duen loturatik askatua izaten da, eta amonio libre bezala geratzen da lurrean disolbaturik.

d) Desnitifikapena.-Finkapenaren alderantzizko prozesua da; nitratoa nahiz nitrito hartu eta gasezko nitrogeno bihurtzea. Bakteria desnitifikatzaileak jadanik XIX. mendean aurkituak izan ziren. Garaiko zientzilaria nahiko kezkatuak zenbiltzan bakteria "kaltegarriok" zirela eta. Mikroorganismo hauen lana kaltetzat jotzen zuten orduan, zeren hain nekez finkaturiko nitrogenoa desgitea besterik ez bait zegoen. Gaurko kezkak alderantzizkoak direla esan behar. Berdur gara ea desnitifikapen prozesua ez ote den oso geldia, egungo finkapen artifizialaren parean. Hala delako sortzen dira hainbat arazo larri nitrogeno finkatua "satsudura" gertatzerainokoak. Puntu hau sakonago aztertuko dugu gero.

Bakteria desnitifikatzaileen inguruneari dagokionez zera esaten da: oxigenoa urri dagoen tokiak direla hauentzat onenak. Oxigenoa ugari egonik, energia gai organikoak oxidatuz lortzea izaten da "merkeena". Oxigenoa urri daukaten lekuak honelakoak izan ohi dira: aintzira, pantano, itsasoko ur sakonak, humus geruzaren azpi azpia eta abar.

Zikloaren eredu grafikoa

Aztertu ditugun transformaketa guztiak eta nitrogenoak biosfera inguruan jasaten dituen garraioak, eredu grafiko baten bitartez erakutsi ahoi dira askotan.



Irudi honetan ez da itsasoko zikloa kontutan hartzen. Hura ere antzekoa izango dela pentsa dezakegu. Oraindik, lurrekoa baino askoz guttiago estudiaturik omen dago.

Atmosferan, ezin bukatuzko nitrogeno erreserba daukagu. Nitrogeno gas hori oxigenoz nahiz hidrogenoz konbinatzean, finkatu egiten da; eta, automatikoki, hidrosferara edo litosferara pasatzen da.

Delako finkapena bi eratakoa da: bata biologikoa, mikroorganismoek dagitena (1); eta bestea abiologikoa, tximistek (3), eta industriak (4) eragina.

Litosferan, amonioa nitrito (5) eta nitrato (6) bihurtzen da, goian aipaturiko bakterien egitez. Nitratoa landareek xurgatzen badute (7), hauen proteina bihurtzen da. Landareetatik belarjaleetara doa (8), gero lehen mailako haragijaleetara, bigarren mailako haragijaleetara eta abar, sare trofikoaren maila goreneraino. Organismo guztion hondakin eta gorpuak lurreratzean, deskonposatuz (9), berriz amonioa sortzen da. Nitratoaren beste zati bat, desnitrifikatzaileen (10) eraginez, nitrogeno gasa bilakatzen da.

Biosferatik kanpora ere alde egiten du zenbait nitrogenok. Uretan disolbatua (11), itsasora joan eta arroka sedimentarietan geratzen da denbora luzetarako. Biosferatik kanpoko nitrogeno "gaztea" ere itzultzen da, bolkanen bidez (12) lur erraiei darien nitrogeno finkatua, batez ere.

Zikloaren eskema hau guztiz sinplea da, eta gehiago balio du ideia orokor bat emateko, errealitatea zehazki isladatzeko baino.

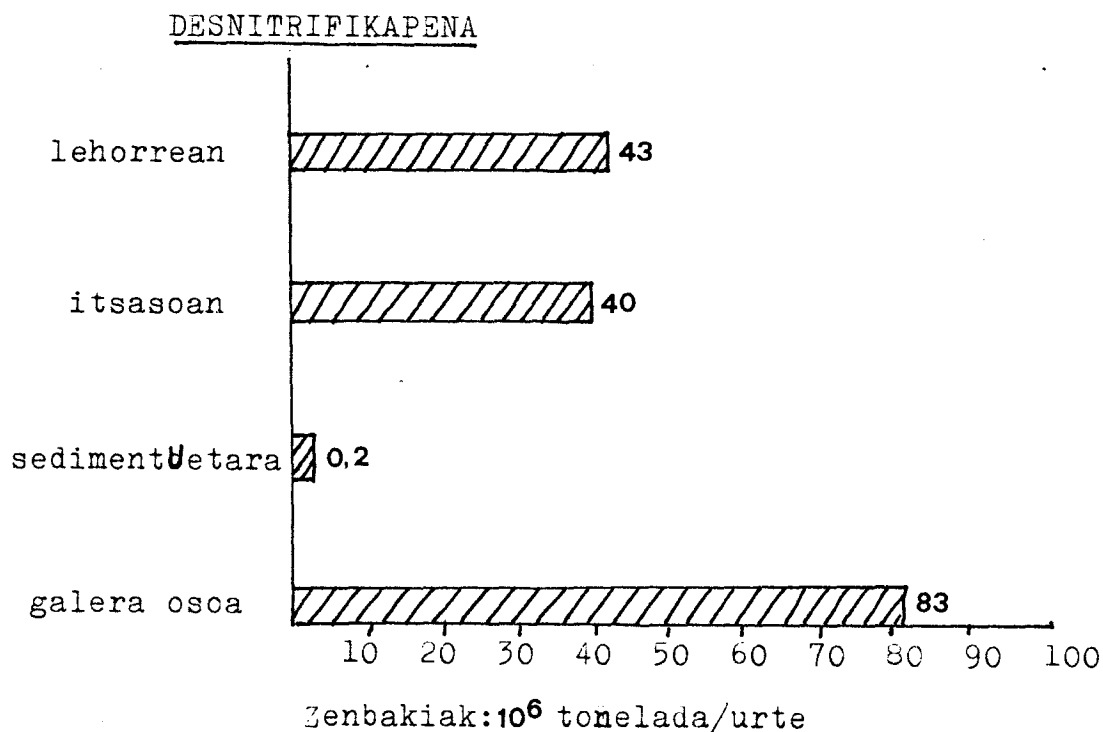
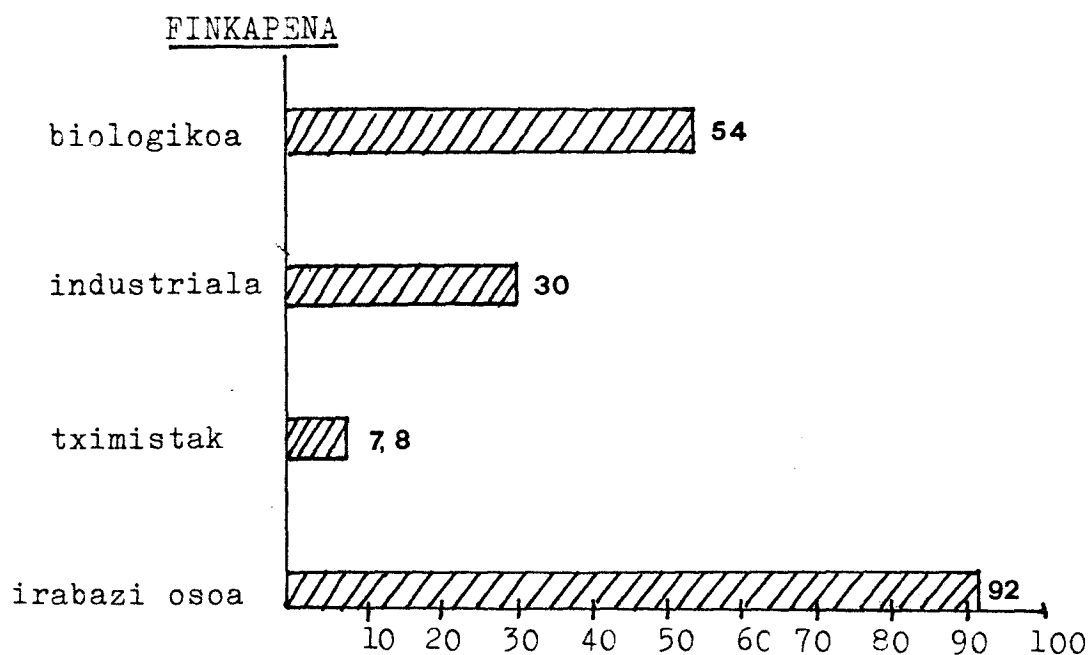
Nitrogenoaren inventarium bat

Ez da erraza biosferako zati bakoitzean dagoen nitrogeno kopurua kalkulatzeko. Bi datu dira nahiko zehatzak: atmosferan datzan nitrogenoaren eta industriad finkaturikoaren kopurua. Beste datuek gutti gorabeherako hurbiltze bat besterik ez dute nahi izan.

LURREAN	organismo biziak 12,2	organismo biziak 0,97	OZEANCAN
	↓	↓	
	gai organiko hila 760	gai organiko hila 900	
	↓	↓	
	nitrogeno inorganikoa 140	nitrogeno inorganikoa 100	
sedimentuak 4.000.000			
lur oskela 14.000.000			

Zenbakiak: mila milioi tonelada.

Finkapenaren eta desnitrifikapenaren gonbaraketa bat egitean, hara zer ikusten den: urtean 92 milioi tonelada nitrogenu finkatu sartzen dira biosfera barruan. Hauetatik, 83 milioi tonelada bakarrik desnitrifikatzen dira (ateratzen dira). Beraz, urtero 9 milioi tonelada nitrogenu finkatu sartzen ari gara biosferan. Nitrogenu hori lurrean, lur azpiko ur biltegietan, hibaletan, aintziretan eta itsasoan ari da pilatzen.



III.- GIZONAREN INTERBENZIOA

Finkapen artifizial baten premia

Mende honen azken 25 urteotan, munduko uzta guztien eskaria doblatu egin da. Gizarteen aitzinamenduak dietetikazko ohiturak aldatu egiten ditu, eta lagun bakoitzeko gero eta janari gehiago behar da, laborantzarako lurrak mugatuak dauden bitartean. Uzten etekina, beste aldetik, nitrogenoa landar^{re}ek berengatu ahal duten neurrian igotzen da gora. Beste bide hoberik lortzen ez den bitartean, nitrogeno horren zati handi bat ongarri nitrogenatutan eman behar zaie landareei. Duela 25 urte, 3,5 milioi tonelada ongarri nitrogenatu erabiltzen ziren urtero. 1974ean, 40 milioi tonelada. Mende honen bukaeran 200 milioi tonelada beharko dira erabili, gutti gorabehera.

Zerealeak dira uzten zatirik handiena osotzen dutenak. Urtean 1.300 milioi tonelada produzitzen dira Munduan. Zerealeek -nitrogenoa finkatzeko sinbiosigai ez direnez- ongarri nitrogenatua guztiz premiazkoa dute.

Finkapen artifiziala aipatzean, bi eratako egite desberdinak adierazi nahi ditugu:

- Leguminatsuak intentsiboki ereitean sortzen den finkapen "eznaturala".

- Industrialki ongarri nitrogenatuak lortzea.

Leguminatsuen finkapena

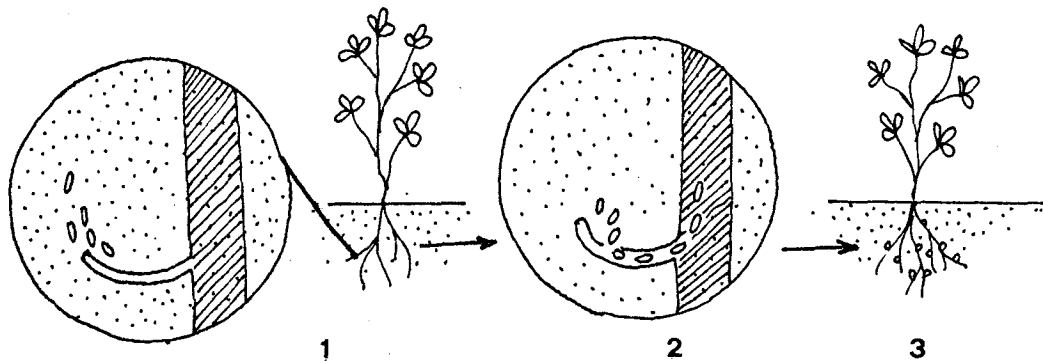
Gizonak, laborantza asmatuz zihoan neurrian, era askotako belarrak bihurtu zituen etxeko, "hezi" zituen. Gehienak bi taldetan bana genitzake: Zerealeak eta leguminatsuak.

Zerealeak dira gaur gehien ereiten direnak, erabilgarrienak ere berak bait dira. Zerealeen artean, garia, artoa, arroza, garagara, oloa eta abar ipintzen dira. Zereal garauak proteina guti du bere baitan, 8-20% bakarrik; baina, karbono hidratoak (azukreak) lortzeko iturri paregabeak dituzu. Irin bihurtuta erabiltzen dira, beste produktu batzu egiteko.

Leguminatsuak dira asko ereiten den beste taldea. Hauen artean baba, leka, ilarra, kakahuetea, dilista, soia, alfalfa, hiru^{sta} eta beste asko daude. Proteinatan zerealeak baino aberatsagoak dira, 20-45% ukan bait dezakete. Ba da, ordea, laguminatsuek zerealekiko duten abantaila interesgarriago bat: leguminatsuak bakterio batzurekin sinbiosia egiteko gai bait dira. "Rhizobium ge-

generoko bakterioak nitrogeno-finkatzaileekin gertatzen da horrela. *Rhizobium* generoaren barnean, espezie askotarikoak daude, eta espezie bakoitza leguminatsuetako espezieren baten zale izaten ohi da. Hau da, babak *Rhizobium* espezie bat izango du ondo dagokiona, eta alfalfak beste bat izango du bere kutuna. Hori ematen da aditza, leguminatsuen eta *Rhizobium*en arteko "espezifikizitateaz" mintzatzean.

Rhizobium bakterioak lurrian bizi ohi dira sakabanaturik. Bizimodu librea dagiten bitartean, ez dira nitrogeno atmosferikoa finkatzeko gai. Leguminatsu baten sustraiak topatzen dutenean (1), sustrai ileetatik edo, sustraiaren barrura sartzen dira (2), landareari zoldura bat (infekzio bat) sortera. Landareak zolduraren kontra erreakzionatzen du bere aldetik, eta bakterien inguruko zelulak ugaltzen hasten da. Honela, bistaz ere ikus daitezkeen nodulo edo gunetxo batzuk formatzen dira landarearen sustraietan, bakteriaz beterik daudenak (3).



Zoldura baten antzera hasi den borroka ez da hain txarto bukatzen. Landarearen eta bakterien arteko "paktu" bat sortzen da nonbait. Azkenean biak lortzen dute elkarrentzako probetxu bat: "sinbiosi" bat osotzen dute. Sustraietako nodulo barruan dauden bakteriek, landareari gai organikoa asko xurgatzen diote. Aldi berean, lur poroetan datzan nitrogeno atmosferikoa finkatzen hasten dira beren proteinetarako. Bakterien kopurua ugaltzen den neurrian, nitrogeno finkatuaren kopurua ere gora doa, noski. Landarea ere nitrogeno finkatu horretaz polito baliatzen da. Batez ere, loratzea aurrera doanean, noduloak desagitzen hasten dira, bakterien gai organikoa landareak digeritzen ditu, eta bai haien nitrogenoa ondo probetxatu ere. Bakterietako batzuk, noduloa desagitean, lurrera itzultzen dira, eta bizimodu librean diraute beste sustrai egoki bat topatu bitartean.

Sinbiosiaren mekanismoa gizaldi honetan izan da, batez ere, aurkitua eta zientifikoki aztertua. Hala ere, aspaldi konturatu ziren laborariak leguminatsuen eta zerealeen arteko diferentziaz. Ondotxo zekiten, jakin ere, lur pobreetan leguminatsuak hobeto hazten zirela zerealeak baino. Eta bai leguminatsuak kultibaturiko lurra, "aberastua" geratzen zela ere. Landarearen uzta sorotik eramanez (eta harekin nitrogeno pila bat eramanez da), bertan geratzen da beste nitrogeno finkatu zati bat sustraietako hondakinetan eta han gelditu diren bakteriengan.

Ikusi dugunez, leguminatsuek zerealekiko zenbait abaila argi ba dute. Bat, ongarri nitrogenatuaren beharrik eza. Bestea, leguminatsuek proteinatan duten aberastasun erlatiboa, dugu. Gainera, Nazioarteko Erakunde batzuk munduko jangaiak ugartzea gomendatzen dutenean, leguminatsuak gehiago kultibatzea eskatzen dute, hauen abailak kontutan izanik.

Hala ere, zera gertatzen da, leguminatsuen kultibapena zerealeen kultibapenaren 10%era iristen dela soilik. Leguminatsuak kultibatzeke erabili sailak, berriz, 15% besterik ez dira zerealenen parean. Egoera honen arrazoiak ugariak dira:

-Ohitura eta ahoa. Gizarte askotan ez dago leguminatsuak kultibatu eta jateko ohiturarik; eta ez da erraza alimentapen usarioak berehala aldatzea.

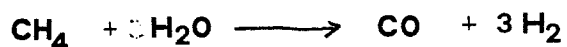
-Leguminatsuak kultibatzeak berekin dakartzan problema bereziak. Nahiz eta leguminatsuak nitrogeno aldetik arazo handirik sortu ez izan, uzta ugariak jasotzean, ordea, beste zenbait minerale kentzen zaizkio lurrari, erritmo bizkorrez. Laborariek diotenez, "leguminatsuak gogortu egiten du lurra". Potasioa eta fosforoa izan ohi dira lehenik urrituak, eta ongarritan lurrari berriz eman behar zaizkionak. Bakteriak berak ere, zenbait mikroelementuren exigitzaile zorrotzak direnez, ez dira molibdenoaren nahiz kobaltoaren eskasian, noiz malki ugaltzen. Mikroelementua esatean lurrean kantitate urria dagoena ulertzen da, baina pixka hura ezinbestekoa dela ere bai. Mikroelementuok ez dira, bada, ongarri bezala kopuru handitan erabiltzekoak. Baina, zenbait lurretan, hektarea bakoitzeko 100 gramo molibdeno hedatzeak, mirariak egin ditzake.

Industriaren finkapena

Gaur, urtero honela finkatzen den nitrogenoa, Lurreko ekosistema gustiek gizona agertu aurretik finkatu zuten oro baino gehiago omen da. Nitrogeno finkatu hau zerealen kultibapenerako eta beste mila prozesu industrialetarako erabiltzen da.

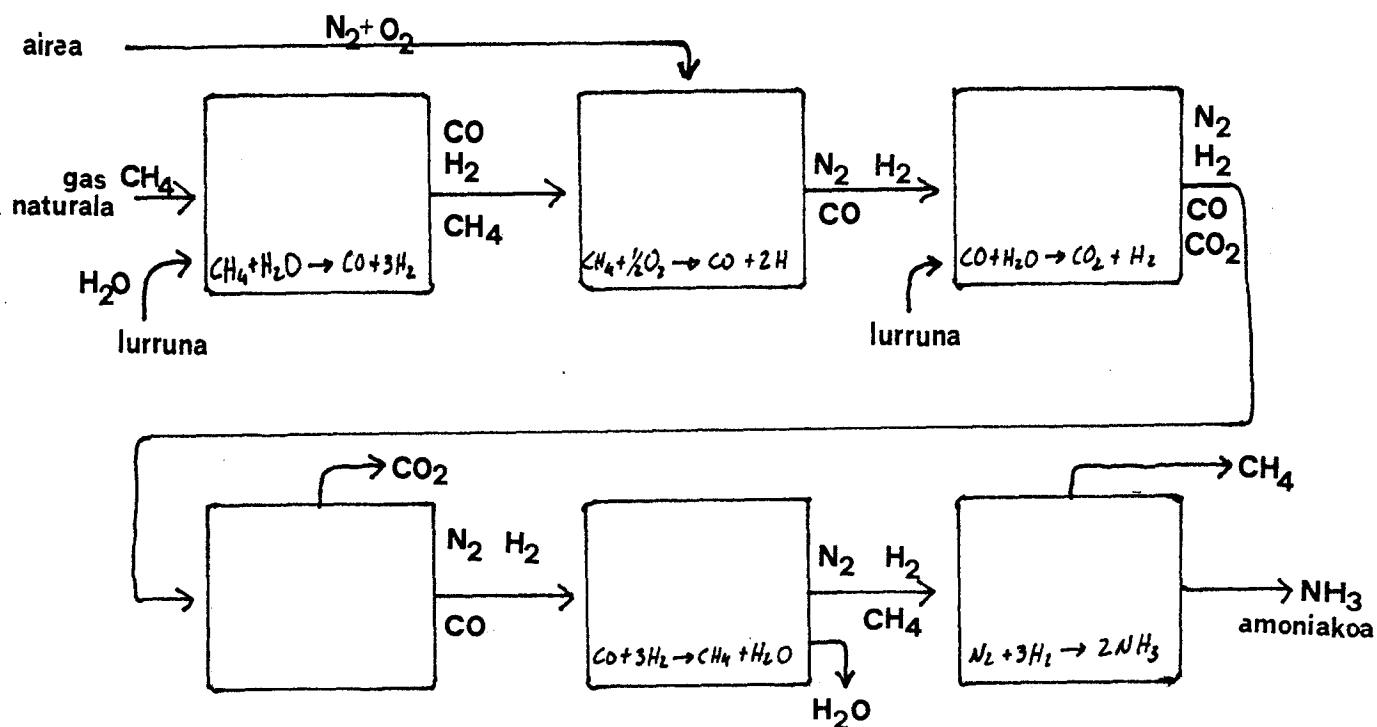
1850 ingurutik hasita, "Chileko nitratoa" izan zen nazio aurreraturak gehien kontsumatua. Mende honen hasieran izugarrizko merkaturak zegoen Chiletik Ifar Ameriketarantz eta Europako lurralde aurreratuetarantz, nitratoa oparo garraiatzen zuena. Chilen, bertako basamortuetan, beste mineralez aparte, nitrato sodikotan aberatsak ziren arroka estratuak esplotatzen ziren. Mineralkiak zuén nitratoa, industrialki purifikatua izaten zen, beste lurraldeetara esportatu ahal izateko.

1914. urte inguruan, Lehen Gerra Mundialaz bateratsu, gora jo zuen nitratoaren eskariak, Chileko iturria tikiogia gertatzeraino. Garai hartan, gerrarako lehergaiak fabrikatuz gastatzen zen nitrato asko eta asko. Urte berean Fritz Haber eta Karl Bosch izenekoek nitratoa finkatzeko metodo berri bat eriden zuten, gaur ere industria askok darabilen "Haber-Bosch prozesua", hain zuzen ere. Metodoaren ionharria presio altutan lorturiko finkapen katalitikoan datza. Katalizatzailea Nikel izan ohi da askotan, presioa ehunkada atmosferatakoa, temperatura 500°C-takoa. Funtssezko erreakzioa, nitrogenoa (N₂) eta hidrogenoa (H₂) elkarrekin konbinatuz, amoniakoa sortzea da. Hidrogenoa gas naturaleko metanotik ateratzen da.



Amoniako horretatik nitratoa sortzea ez da zaila, oxigenoaz erraz erreakziona bait dezake.

"Haber-Bosch" prozesuaren eta antzeko prozesuen desabantailak ez dira tikiak. Batetik, H₂ gasa gastatzen da ugari. Hidrogeno hau gas naturaletik nahiz petrolioaren deribatu hidrokarburoetatik lortzen bide da. Ondo dakigu denok zelako preziotan erosten den urre beltz arraio hori. Bestetik, halako presio eta temperatura erdies dadin, energia asko gastatu behar izaten da. Ondorioa, nitratoa garesti. Gero, nitratoaren garraioa, hura biltegietan jasotzea, sortetan hedatzea eta antzeko lanek gorago jotzen dute oraino ongariaren kostua.



USAn ba dira egunero 1.000 tonelada nitrogeno finkatzen duten fabrika izugarriak. Diotenez, mende hau bukatzean sortuko den es-
kariari erantzun ahal izateko, halako 500 edo 600 fabrika behar-
ko lirateke, bestelako teknologi alternatibarik sortzen ez dela.
Gero ukituko ditugun ikerkuntza berrietan ipinita dagoen espe-
rantza ez da, beraz, nolanahikoa.

Ondorioak

Lurrean agertu zenetik hasi zen gizona bere onerako (eta txarrerako) ingurunea transformatzen, bizitzarekin lotuak dauden elementuen zikloak ukituz. Ziklo denetan egin duen esku sartzerik garrantzitsuena, nitrogenoaren zikloan finkapen artifizialaren bidez egin duena, izan da. Lehen, pen^{tsa} genezake, bazzegoela ekilibrio bat finkapenaren eta desnitrifikapenaren artean. Bacteria batzuk finkatzen zuten neurrian, beste batzuk desnitrifikatzen zuten ("desfinkatzen zuten") neurri beretsuan. Orain, desnitrifikatze prozesua gustiz atzeratua geratu da bestearen parean. Gero eta nitrogeno finkatu gehiago ari gara sartzen biosferan barrena. Soroetatik urak eramaten duen nitrogenoa, hirietako hondakin nitrogenatuak pilatzen ari dira. Hortik datozkeen arriskuak ez dira txantxetakoak.

-Ur edangarrien satsudura kimikoa. Maiz, edateko ura lurrean zulatutako putzuetatik ateratzen da. Edateko uretan aurki daitekeen nitrogeno finkatua, neurri batez goitik, toxikoa denez gero, lur azpiko uretara nitrogenoa ihesi joatea, ez da huskeria bat. Honelako lehen arazoak sortu dira jadanik California eta beste toki batzutan.

-Eutrofizapena. Problema latzagoa, biosfera barruan askoz hedatuagoa, eta ondorio hondagarrienak ekar ditzakeena beste hau da. Hitzak berak dioenez, eutrofizatzea "janaria hobetzea" da. Hibaibatetara doan satsudura, pozoinak izan ezik, gatz eta elementu mineralez osotua izan ohi da, parte handitan. Orduan, hibaiko nutrienteak ugaritu egiten dira, hibaia eutrofizatu egiten da. Honela ikusita, hori gertatzea gauza ona dela dirudi. Ba, ez. Eutrofizatzea izan daiteke, ekosistema bat hondatzeko erarik politena.

Adibidez, har dezagun aintzira bat, ekosistema tipi bat bailitzen. Bertan era guztietako organismoak bizi dira: bakteriak, algak, ornogabeak, landareak, arrainak... Guztiok bata bestearekin harremanetan dihardute, elikadura sareen bitartez, batez ere. Espezie bakoitza besteri lotua dago, eta ezin daiteke bizi, besteengandik lortzen duen energia eta abantailik gabe. Hitz batez, ekilibrio fin eta hausterraz batetan dirau halako ekosistema. Aintzira hori urez hornitzen duen hibaia, une batetan, nitrato nahiz fosfato asko garraiatzen hasten bada, aintzira eutrofizaturik doa. Zenbait bakterio eta, batez ere, algak oso azkar ugaltzen dira, tokia duten bitartean. Uretan disolbatua dagoen ~~nitrogenoa~~ ^{oxigenoa} ahituz eta ahituz joaten da. Algak geruza hertsi bat formatzen dute urazalean, atmosferako ^{oxigenoa}

azpira ezin pasa izaterainikoa. Azpiko arrainak eta beste guztiak oxigenoa agortzean, ito egiten dira laster. Azkenik, aintzirak ez du balio ez arrainak haateko ez eta ur edangarri bezala ere. Gainera, algak gai toxikoak botatzen dituzte uretara, eta aintzira pozoindu egiten da. Pixkanaka, aintzira bizi eta aberatsa zingira erdi hil bilakatzen da.

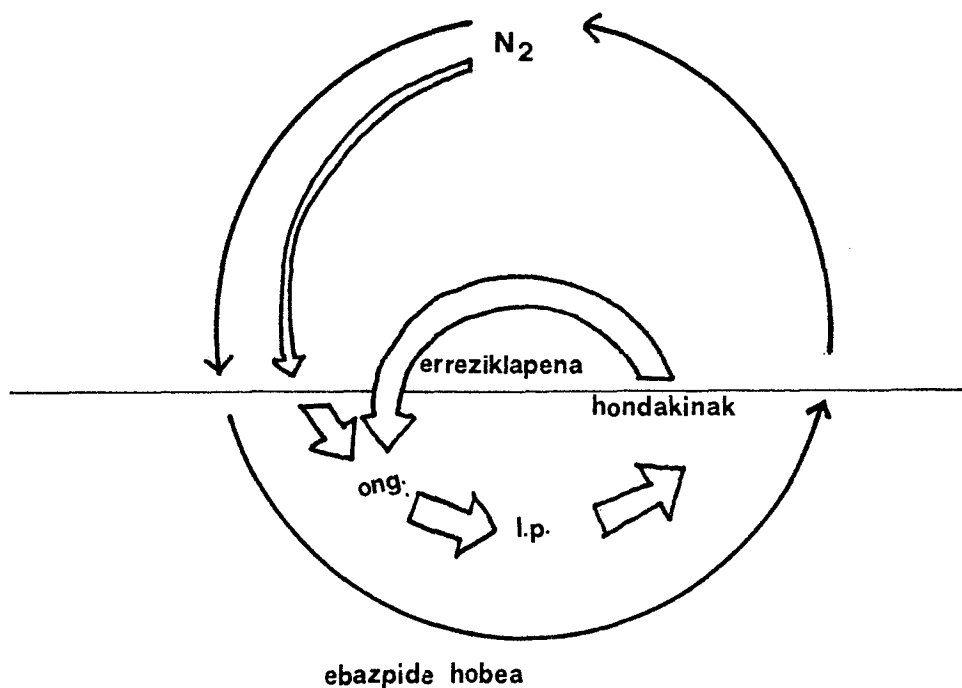
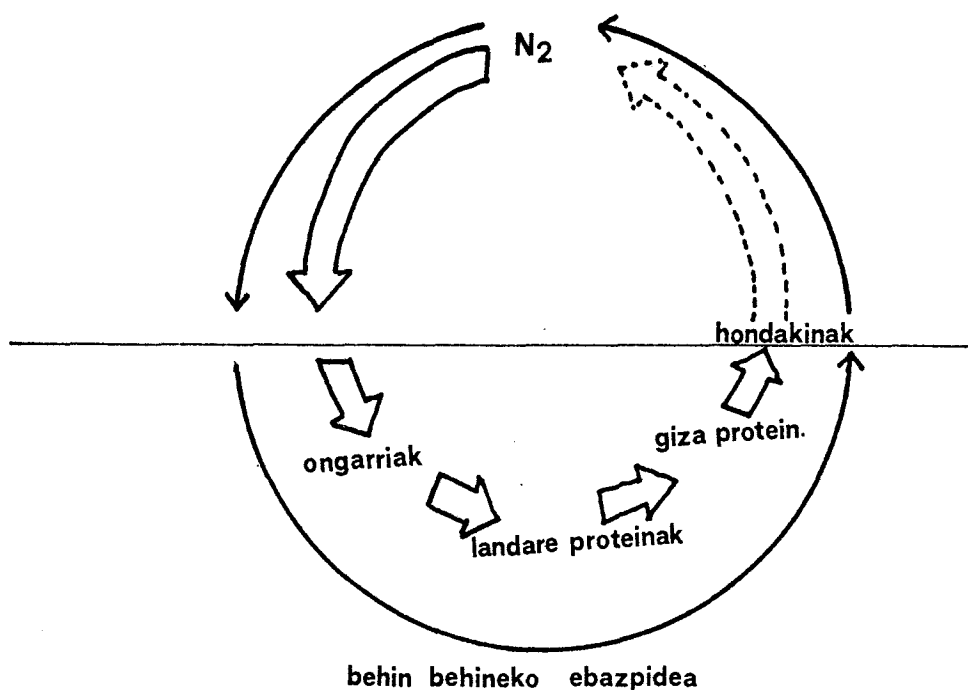
Inork esanen du, segurki, aurrerapenaren zerga ordaindu beharrezkoak direla gauzok. Problema osoa horretan gera baledi, tira. Baina, aintzira adibide bat izan da; gertakari triste bat, hobeto esan. Eta inoiz hori berori itsasoan gertatuko balitz, zer? Eutrofizapen kontzeptua hibai, aintzira eta antzeko kasuetan erabiltzen da. Baita ere erabili behar omen da lehorreko ekosistemak aztertzean. Are gehiago, zentzu zabalago batetan aplikatu behar dela diote ekologoek, Lurreko biosfera osoari aplikatu ere. Fosforoaren, nitrogenoaren eta sufrearen intentsiboki erabiltzetik sor daiteke biosferaren eutrofizatzea, asma ezinezko ondorioak ekarri. Gauza bat dakusagu argi baino argiago: biosferako ekosistema osoaren oinharriak ari gara ukitzen. Eta oinharriekin, jolasik ez.

Erreziklapen baten premia

Gaur finkapenaren prozesuak alderantzizkoak baino erritmo askoz bizkorragoa darama. Epe laburrera, hibai eta aintziren eutrofizapena gertatzen da. Orain arte, nitrogenoa finkatzea da problema; erabilitako nitrogenoa "desfinkatzea" izango problema latzagoa laster.

Giza organismoek, egunero janarietan harturiko nitrogeno kopuru berdina kanporatzen dute ekskrezioaren bidez. Beraz, gaurko hiri handietatik toneladaka isurtzen da nitrogenoa ondoko hibaletara eta itsasora. Berdintsu gertatzen da abel-hazkuntzan dauden abereen hondakinekin ere. Hauen parte ttipi bat besterik ez da erreziklatzen ongarritarako. Hirietako eta abel-hazkuntzako hondakinak errekupea daitezke erreziklatze batetarako, teknologia egokia muntatzea nahikoa bait da horretarako. Hala, ur zikinetatik jasotako nitrogeno finkatua berrerabil daiteke, nitrogeno gehiago finkatu ordez. Eta goiko irtenbidea garestiegia den bitartean, deskutsatzeko planta bereziak eraiki ahal daitezke, errekupea ezin den nitrogenoa bakterien laguntzaz desnitrifikatzeko. Deskutsatzeko prozesu guztien antzera, hau ere dirudienez, ez da "errentagarri" gertatzen. Irtenbidea bilatzen ez zaion bitartean, ez da errentagarria izango ezer erreziklatzea, epe laburretan.

Kontua, ordea, zera da, ea errentagarritasunak izan behar duen hazkunde ekonomikoaren kriterio bakarra, ala ez. Honetan, kontzientzia kolektibo baten gabezia ez da oztopo ttikiena. Pozgarriak dira, alde honetatik, Frantzian hain gartsuki indartzen ari diren ekologisten "alderdi politiko berdeak". 1977. martxoan egin diren munizipal hauteskundeetan, hiritarren botoetatik 10% baino gehiago lortu dute. Eta zenbait hiritan 30%-era heldu dira. Ifar Ameriketara eta Japonen ere ari dira talde berdintsuak sortzen.



IV. IKERKUNTZA BERRIAK

Nahiko argi gelditu da, orain arte ikusitakoaz, ongarri sintetikoaren premia eta hauk lortzeko beharrezko den energiaren kostua. Nitrogenoa finkatzeko bide merkeago bat aurkitzea da arlo hau aztertzen ari den ikerkuntzaren asmoa; eta gaurko egoera gaindi dezakeen alternatiba berri eta egoki baten bila dihardute zientzilari askok. Batak, mikroorganismo finkatzaileen mekanismo entzimatikoa argitaratzen; ^{bestak,} leguminatsuen Rhizobium-az zerealeak infekta erazteaz saiatzeko. Genetikaren arloan ari dira entseiatzen asmorik harrigarrienak. Finkapen ez-biologikoaren arloan, berriz, trantsizioko metaleen eta nitrogenoaren artean osoturiko konplexuek ondorio politak prometatzen dituzte.

Nitrogenasa.

Entzima honetan dago mikroorganismo batzuk nitrogenoa finkatzeko duten gaitasunaren gakoa. Bizitza barnean gertatzen den beste edozein erreakzio kimikoren antzera, nitrogeno gasa amonio bihurtzea ere, entzima baten eraginez egin ahal da. Mundu guztiko hainbat laborategi hospetsutan nitrogenasaz egiten diren ikerkuntzak, kontaezinak dira.

Lehen ikerkuntzek oinharritzko informazio bat lortzera jo zuten: organismo finkatzaileak identifikatu, haien morfologi deskribapena egin, Rhizobium eta leguminatsuen arteko sinbiosia ulertu, bakterio eta leguminatsuen arteko harremanen espezifikitatearen mugak ezagutu, finkapenaren abiadura eta kopurua neurtu, eta abar.

Gero, entzima bera, organismo askotatik izan da isolatua; hau da, haietatik atera egin dute. Entzima isolatua konposagai bitan banatzen dela diote. Bata, Mo eta Fe beregan duen proteina; bestea, Fe bakarrik duena. 1960. urtetik aurrera, erreakzioan gertatzen den mekanismo molekularren bila dabilta zientzilariak. Mikroorganismoetatik isolaturiko entzima erabiliz, saio hoditan finkatu izan da nitrogeno apur bat. Prozesuak ATP asko gastatzen du (energia asko gastatzen du) eta efizientzi aldetik nahiko desanimagarria da. Argitu direnak baino ilunpetan dauden puntuak ugariagoak izan arren, zientzilariek ez dute itxadopenik galtzen. Bestelako bakterio eta mikroorganismo asko "domestikatu" izan dira orain arte. Hauk kultibapen industrialetan haziz, azido organikoak, alkoholak eta ~~eta~~ beste hamaika gai organiko lortzen dira. Zergatik ezingo da, egunen batetan, hori berori nitrogeno-finkatzaileekin lortu?

Nitrogenasari buruz xehetasun gehiago nahi duenak, bibliografian agertzen diren John Postgate eta Hardy-Havelka zientzialarien artikulua ikus ditzake. Berek dakarten informazioaz aparte, bukaeran bibliografia luze bana eskaintzen dute.

Genetikaren arloan.

Nitrogeno-finkatzaileak bakteriak izanik, kromosoma bakar bat dute guztiz sinplea. DNA katea luze bat den kromosoma horretan datza bakteriaren informazio genetikoa, sekuentzia batetan pilatua. Nitrogenasa egiten dakien bakteriarok, informazioa behar du ukan, eta informazio hori DNA katearen zati bat izango da. Horrelako informazio zatiari gena deitzen zaio arruntki. Entzima bat egin eta erregulatzeko gaitasuna duen DNA zatiari "operioia" deitzen zaio. Beraz, nitrogenasaren operioi genetikoa duenak jakingo du nitrogenoa finkatzen, eta ez beste inork.

Ba dakigu, halaber, bakteriak sexugabeak izan arren, parasexualtasun bat inoiz agertzen dutela. Hara: "emaile" deitzen den bakteriarok, "hartzaile" izeneko beste bati gen bat edo operioi bat eman diezaioke, proteinazko hodi batez elkarganatzuz gero. Gertakaria ondo konprobatu dago, eta bakterien arteko DNA zatia elkarri emateaz ez dago dudarik. Konkretuki, jokabide hau penizilina eta beste antibiotikoak bakterien kontra erabiltzean aurkitu zen. Antibiotikoek ez diete bakteriei hazten eta ugaltzen uzten. Hala ere noizbehinka, antibiotikoarekiko erresistentziadun bakteriarok sortu ohi dira mutazioz. Hau da, bakteriarok mutazioz antibiotikoarekiko erresistentzia ematen dion gen berri bat lortzen du. Halako erresistentzia lortu duen bakteriarok erresistentziaren gena beste bati eman diezaioke. Eta bigarren honen ugaltzeaz sortuko den ondorengo guztiak ere, inunizaturik iraungo du; antibiotikoak ez dio kalterik egingo.

Azkenik, bakteriarok beste bati ematen dion DNA zati edo gen hori bi egoeratan geratu daiteke zelularen barruan: bakteriaren kromosomari atxekita (kromosomaren zati bihurtuz) edo kromosomaz aparte geratzen den zatiño bezala. Zelula barruan libre dauden gen berezi hauek "plasmido" izenez deitzen dira. Plasmidoak, beraz, kromosomatik kanpo dauden gen batzuk dira; baina, haien informazioa beharrezko denean, kromosomara ere pasa daitezke.

Hau guztia genetika orokorra da eta guztiz onhartua. Hemen agertu badugu, gero datorrena hobeto ulerterazteko asmo hutsez izan da.

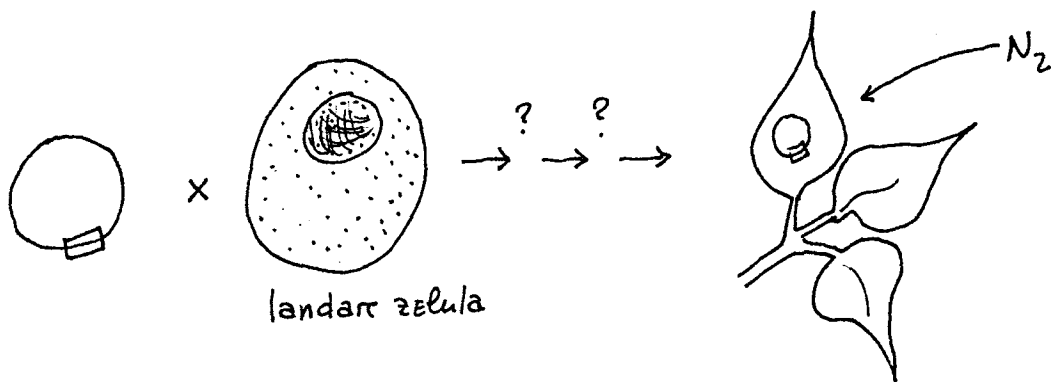
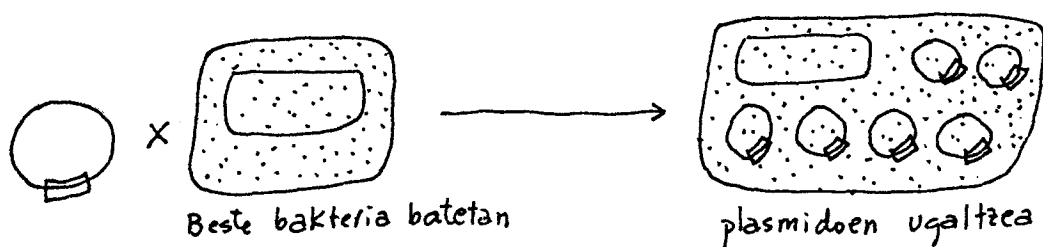
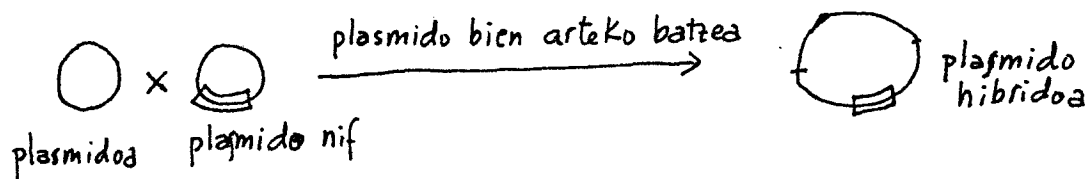
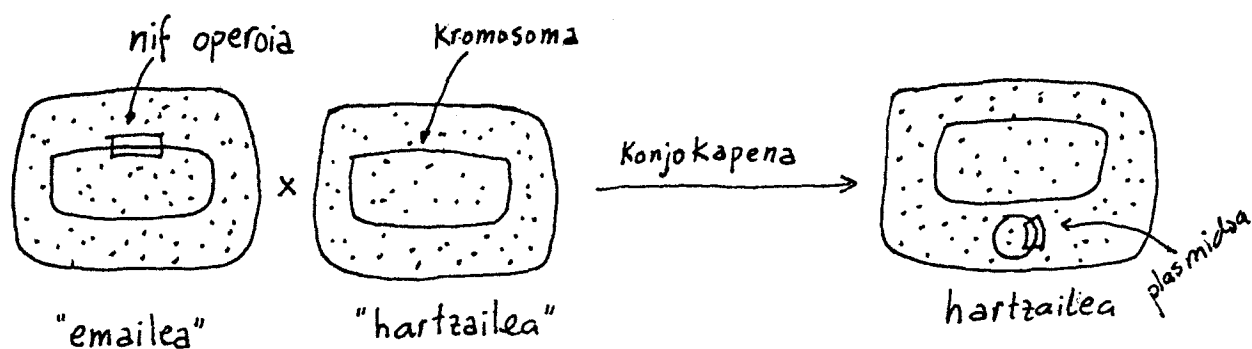
Azken urteotan aurkitu diren asoziaziozko sinbiosien artean, zenbait datu bitxi agertu da. "Trema canabina" izeneko leguminatsu ez den landare batekin sinbiosia dagian Rhizobium tipo bat aurkitua izan da. Eta landare angiosperma ez-leguminatsuen eta aktinomycetes mikroorganismoen arteko sinbiosia ere, ezaguna da. Hemendik bi ondorio sortzen dira: nitrogenoa finkatzen duen sinbiosia leguminatsu ez diren landareetan ere gertatzen dela, eta mikroorganismo sinbionteak ez duela nahitaez Rhizobium izan beharrik.

1960.az geroztik, "herbazea" tropikal batzuren mikroorganismoekiko asoziaziozko sinbiosiak ikusi dira. Belar horien sustrai inguruan aurkitu dituzte bakteriak. Artoa eta azukre kainabera herbazea tropikalak dira, eta ezaguna zen landareon fotosintesi efizientzia, asoziaziozko sinbiosiek esplikatzen dutena. Arroza-ren sustraletan ere era berdineko sinbiosiak agertu dira.

Asoziaziozko sinbiosi guztiok, gero eta kontu gehiagoz ikertzen dira. Xede konkretua, mikroorganismo eta zerealeen artean, antzeko sinbiosi bat sortetzea da. Aurrez lan batzu geratzen dira: landareen eta bakterien arteko afinitatea jakitea, bakterien finkatzaileetatik mutante berriak lortzea, eta abar. Jadanik, amonioa eskretatzen duten mutanteak lortu dira bakterien finkatzaileen artetik. Halabaina, kontsumitzen duten azukrearen eta produzi-tzen duten amonioaren arteko proportzioa ikusita, ez dira egokiak ongarri nitrogenatuak industrialki lortzeko.

Zientzi fikzioaren mugaraino heltzen den beste ikerkuntza sail bat ere, ba dabil inoren eskutan. Nitrogeno-finkatzaile den organismo batetatik finkatzaile ez den beste batetara, nitrogenasaren informazio genetikoa pasatu nahi da. Nitrogenasaren operoia transferitzea bai bakterietan eta bai alga berde-urdinsketan ere lortu da. Teknika honetaz, "Escherichia coli" bakterien espezie ezagunean, nitrogenoa finka dezaken arraza berri bat atera dute. Zergatik ezingo da hori berori bakterien eta zereale zelulen artean egin? Zenbaitek dienez, zerealeen zeluletako kromosoman nitrogenasaren zatitza atxekitzea, kantzerra sendatzea bera baino ere erdiespen handiagoa litzateke. Zeren eta orduan, zerealeak CO₂ finkatzeko gai diren bezalaxe, N₂ finkatzeko ere gai izango bait lirateke, ongarri premiarik gabe.

Hona zertzu pauso emanen liratekeen horretara ailegatzeko: ze-
reale baten zelula isolatuak laborategian kultibatzea, zelulen
barrena DNA zatitxo hori sarteraztea (!), eta gero, desberdintza-
pen prozesuari jarraikiz, zelula bakar horietatik landare osoa
formaeraztea. Zelula isolatuak kultibatzea eta haietatik landare
berri bat bilakaeraztea edonon egiten da. Baina, kromosomen "fi-
txategian" "fitxa berri bat" sartzea...



ERANSKINA

EUSKAL BASERRIA ETA NITROGENOAREN ZIKLOA

Ez dugu bibliografia asko aurkitu honetaz. Euskal baserria "ekosistema" baten antzera tratatzea zen gure asmoa. Ikuspegi orokor bat osotzeko materialerik ez dugunez, ideia bakun batzuz konformatuko gara. Ohar bat: hemen nitrogenoaz esaten dena kaltzioari, fosforoari eta abar aplikatu beharko litzaioke; baina hori gaiaz kanpo ihardutea izango litzateke. Gipuzkoa, Bizkaia, Nafarroa Garaiko iparralde eta Ipar Euskal Herria dira baserri moeta hau dagoen (zegoen) tokiak. Araba eta Erribara aldeek bestelako arazoak dituzte.

Euskal baserria lur barruti baten barruan eraikia aurkitzen da. Ez dezagun ahantz klima heze baten pean dauden lurrak direnik. Baserriaren lurrak bi zatitan banatuak daude: belardi-soroak alde batetik eta oihan-iralekuak bestetik. Zati bakoitzari azalera osoaren 50%a emango diogu, guti gorabehera. Eta nitrogeno finkatua lortzeko bi teknika erabiltzen ditu baserritarrak: kultibagaien errotapena eta ongarriaren (simaurraren) fabrikapena.

Kultibagaien errotapena

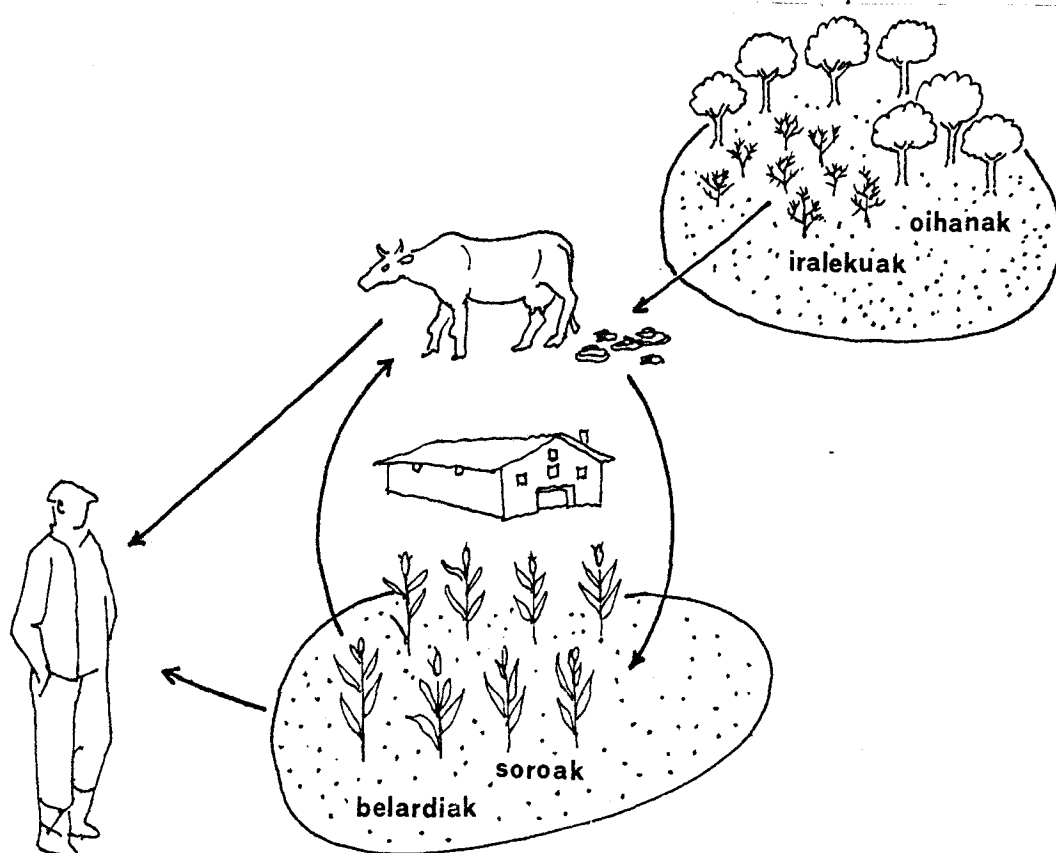
Gaztela eta espainiar Mesetako lurralde garaietan debet ("en barbecho") uzten dituzte urtero soroen erdiak. Horrela, lurren erdiak kultibatzen diren urtean, "atsedenean" egon ohi dira beste erdiak. Klima lehor batetan ureztapenik eta ongarririk gabe, ez dago beste irtenbiderik. Euskal ~~A~~errietan ez dira lurrak debet uzten, kultibagaiak aldatu baizik. Klima hezearen eta simaurraren laguntzaz bakarrik da hori posible. Kultibagaiak tokiz toki aldatzean, lurrari ez zaizkio ~~bat~~mineraleak beti proportzio berdinean kentzen. Nitrogenoari dagokionez guztiz interesgarria da errotapena. Urtegarai batetan leguminatsuak kultibatzen diren tokia aberastua geratzen da, gero zereale bat leku berean ereiteko. Artoa, garia, patata eta harbia konbinatzen dira baba, hiru eta antzekoekin. Egia da aspaldiko zikloan bariante asko sartu direla, kultibagai modernoak kanpotik ekartzean.

Errotapenaz batera, "asoziazio berri" batzu ere sortu ditu baserritarrak, zerealeak eta leguminatsuak toki berean ereitean. Artoarekin batera indabak ipintzean, indabari euskarri mekaniko polita eskaintzen zaio; baina, artoari ere bere sustrai

ondoan geratzen zaio nitrogeno iturria; indaba leguminatsu izanik, haren sustraletan nitrogenoa finkatzen bait da. Era bereko zentzua ukan dezake baba gariartean ereiteak. Baina teknika honen bidez finkaturiko nitrogenoa ez ohi da nahikoa. Ba da beste bide bat, baserritarrak nitrogenoa lortzeko erabiltzen duena.

Ongarrien fabrikapena

Ikuluko behiei "azpiak egitea", haiek lo goxo goxo dagiten izango dela pentsa dezake kaletarren batek. Errealitatea ez da hain erromantikoa. Behien azpian ipintzen den ihaurkina, simaur izeneko ongarria fabrikatzeko da. Ihaurkina behien gorotzez nahasia geratzen denean, pilatu egiten dute baserritarrek. Simaur pilan, bakterien ekintzaz, hartzidura (fermentazio) handi bat gertatzen da, pilaren barnean 50-60 °C-tako tenperatura sortzerainokoa. Simaur horretaz ongarritzen dira gero soro eta belardiak. Lehen esan dugunez, baserriaren sailen erdiak oihan eta iraleku dira, eta sailotatik ekartzen da simaurraren fabrikapenerako lehen mailako materialea. Materiale honi ihaurkina deitzen diote; eta iraz, otez nahiz horbelez egon daiteke osoturik. Beraz, baserri inguruan sortzen den energiaren eta materialean zikloa ez da hertsia, oihanetik ateratzen den gai organikoa ez baita inoiz itzultzen. Oihanaren produktibitateak bete beharko du, ahal ba du, baserritarrak han utzi duen hutsunea. Oihanari kentzen zaion energia, soroetara doa simaurretan. eta sorotik baserritarrak ateratzen duen irabazi exkaxera.



Paisaiaren transformapena

Euskal Herrian bagadi, gaztainadi eta harizti ugarien garai bat izan omen zen. Baserriak oihanetako soiluneetan eraki ziren. Baserritarra, inguruko lurrak lantzean, simaurraren balioaz konturatu zen. Eta honetarako gaia basotik ekartzen hasi zen. Urteetan zehar, etxe inguruko basoak esplotatu zituen. Oihan hertsia aberatsa argitzen joan zen, bakantzen. Sotobasoa garbitu egin zuen, segaz ebaki eta eskuarez batuaz, ahal zuen zakarreia guztia etxeratuz. Oihana urrituz joan zen, berezko ongarri gehiena kendu egiten bait zitzaion. Arbolak, pobretuak eta erituak, hilez eta hilez. Basoa urrituz zihoan neurrian, iraleku gero eta hedatuagoak sortu ziren. Inoiz ira guti zegoelako edo, erreka zokoetatik ateratako ~~irakanda-~~reak mendian birlandatzen zirela ere, gezurra dirudi, baina egia da. Gaurko Euskal Herrian pinuz josiak daude garai hartako iraleku gehienak, hegoaldean behinikbehin. Baina ipar Euskal Herrian ez dago pinurik. Eta ez beste oihanik ere. Ba omen ziren bagadiak, gaztainadiak eta hariztiak. Egun, haien tokian, mendi burusoilak ikusten dira, iraleku hutsak.

Laburpen gisa, irudi bat dakargu. Irudi horretan "behi-soro" zikloa agertzen da, eta oihanetik ziklora sartzen den energia. Beste aldetik, baserritarrarengana datorren energia ageri da, bai sorotik zuzenki (artoa, indaba, patata) eta bai behiaren bidez (esnea, okela) datorkiona. Nahikoa izan da oihanari udazkeneko produkzioaren zati handi bat kentzea, oihan "ekosistematxoa" apurtzeko eta oihana desagertzeko.

Bibliografia

SCIENTIFIC AMERICAN.: La Biosfera. Alianza Ed. Madrid, 1972.

HARDY-HAVELKA.: Nitrogen fixation Research. Science, 9 may 1975.

JOHN POSTGATE.: Relevant aspects of the ... Scientific American, 1971.

ARBURU.: Sobre la formula agrícola en el Pais Vasco.

Munibe, 232. horrialdean, 1955.

Munibe, 44, horrialdean. 1956.

ARANZADI.: Natur Zientziak. Hiztegia. Jakin, 1976.

HIZTEGIA

Oharra_k

Laburdurak honela ulertzen dira:

NZ.:Natur Zientziak. Hiztegia. Jakin.

HM.:Hiztegi modernoa. Kintana.

JRE:Jose Ramon Etxebarriak emanak.

g.: geuk asmatuak edo ekarriak.

Lana makinaz pasatuta gero, geuk asmaturiko zenbait hitzen ordez, beste bat hobe aurreratu dugu. Hori adierazteko, bigarren hitza "komilartean" dator hiztegian.

.....

A

abiologiko (g): abiológico/

afinitate (g) :afinidad/ affinité

aintzira (NZ) : lago/lac

aire (NZ) : aire/ air

aktiba(Tu) (HM) : activar/ activer

aktinomizetes (g) :actinomicetes/

alfalfa (HM) : alfalfa/ lucerne

alga (NZ): alga/ algue

alga berde-urdinska (g): alga verde-azulada/

aminoazido (NZ): aminoácido/

aminoazido nahitaezko(g): aminoácido imprescindible/

amonio(g): amonio

amonifikapen(g): amonificación/

angiosperma (HM): angiosperma/

anioi (HM): anión/

antibiotiko (HM): antibiótico/

arrozti (HM): arrozal/ rizière

artifizial (HM): artificial/ artificiel

asinbiotiko (g): asimbiótico/

atmosfera (NZ): atmósfera/ atmosphère

ATP (adenosil-trifosfatoa) (g): ATP(adenosil-trifosfato)/

aurreratu, herrialde — (g): países desarrollados/

azido nukleiko (g): ácido nucleico/

azpiaurreratu, herrialde —. (g): países subdesarrollados/
azotobakteriazeak (g): azotobacteriáceas/
azukre (NZ): azúcar/ sucre

B

bagadi (HM): hayedo/
balentzia (HM) : valencia/
baliagarritasun (HM): utilidad/
bariante (HM): variante/
basamortu (NZ): desierto/
begetariano (g): vegetariano/
belarjale (NZ): herbíboro/
biosfera (NZ): biosfera/
bitamina (NZ): vitamina/
bizimodu libre (g): vida libre/

D

debet (utzi) (HM): (dejar) en barbecho/
DNA katea (NZ): cadena de DNA
deribatu (HM): derivado
desberdintzapen (NZ): diferenciación/
desintegrapen (g){"-kuntza"}: desintegración/
deskonposatzaile (NZ): descomponedor/
deskutsa(tu) (g): descontaminar/
desnibel (HM): desnivel/
desnitrificapen (g): desnitrificación/
desnitrifikatzaile (g): desnitrificante/
dietetika (g): dietética/
digeri(tu) (HM): digerir/
dilista (NZ): lenteja/
disolba(tu) (HM): disolber/
domestika(tu) (g) ("hezi"): domesticar/

E

ebazpide (HM): solución/
edangarri, ur -. (HM): potable/
efizientzia (HM): eficiencia/
egoera molekular (g): estado molecular/
ekilibrio (HM): equilibrio/
ekologia (NZ): Ecología/
elementu arina (g): elemento ligero/
elika(tu) (NZ): nutrir/
elikapen (NZ): nutrición/
elika(dua) sare (NZ): red trófica/
energia (NZ): energía /
energia altu, baxu (JRE): alta, baja energía/
entzima (NZ): enzima/
entzimatikoki (g): enzimáticamente/
erreakzio (NZ): reacción/
erreakziona(tu) (HM): reaccionar/
erreduzi(tu) (NZ): reducir/
errekerimendu (HM): requerimiento (nutrizzional)/
erreserba (HM): reserva/
erresistentzia (HM), antibiotikoarekiko —.: resistencia al
antibiótico/
erreziklapen (g), ("birziklapen"^(HM)): reciclaje/
erritmo (HM): ritmo/
errotapen (HM): rotación/
eskari (HM): demanda/
eskuare (HM): rastrillo/
eskrezio (NZ): excreción/
espazio (NZ): espacio/
espezifizitate (g) ("espezifikotasun" NZ): especificidad/
esplota(tu), ekonomikoki —. (HM): explotar/
esporta(tu) (HM): exportar/
estratu (HM): estrato/
etekin (HM): rendimiento/
euskarri (HM): sostén, apoyo/
eutrofiza(tu) (NZ): eutrofizar/
eutrofizapen (g) (-zio NZ): eutrofización/
exigi(tu) (HM): exigir/
ezinbesteko (HM): imprescindible/

F

fermenta(tu) (NZ): fermentar/
finkapen (NZ): fijación/
finka(tu) (NZ), nitro_genoa —.: fijar el nitrógeno/
foto-autotrofo (g): foto-autótrofo/
fotosintesi (NZ): fotosíntesis/
funtziona(tu) (HM): funcionar/

G

gen (HM) (gene NZ): gen/
genetiko (HM): genético/
geruza (NZ): capa/
Gingoaleak (g): Gingoales/
goimailako landare (g): planta superior/
gradu (NZ): grado/
gunetxo (HM): nódulo/

H

halabeharrezko sinbiosia (g): simbiosis obligatoria/
haragijale (NZ): carnívoro/
harizti(HM): robledal/
hartzidura (HM) ("fermentazio" NZ): fermentación/
herbazea tropikal (g): herbácea tropical/
hezetasun (NZ): humedad/
hidrokarburo (HM) (-uru NZ): hidrocarburo/
higidura (HM): movimiento/
hirusta (HM): trébol/
horbel (HM): hoja muerta/
humus (NZ): humus/

I

ihaurkin (HM): material de cama para ganado/
inerte (HM): inerte/
infekta(tu) (g): infectar/
infekzio (NZ): infección/
informazio (NZ): información/
ingurune (NZ): entorno, medio/
inmuniza(tu) (g): inmunizar/

ion (NZ): ion/
inorganiko (NZ): inorgánico/
ira (NZ): helecho/
iraleku (HM): helechal/
isola(tu) (HM): aislar/
interbentzio (g) ("eskuharmen" HM): intervención/
inventarium (HM): inventario/

J

janeurri (HM): dieta/

K

kalkulu (HM): cálculo/
kaloria (NZ): caloría/
kantzer (HM): cáncer/
karbonifero haroa (NZ): carbonífero/
karga negatibo, positibo (HM): carga negativa, positiva/
katalitiko (g): catalítico/
katalizatzaile (HM): catalizador/
katea trofiko (NZ): cadena trófica/
katioi (HM): catión/
klima (NZ): clima/
klorofila (NZ): clorofila/
konbina(tu) (NZ): combinar/
konplexu (HM): complejo (metálico)/
kontsuma(tu) (HM): consumir/
kromosoma (NZ): cromosoma/
kultibagai (g): cultivo/
kultiba(tu) (g): cultivar/

L

laborantza (NZ): agricultura/
laborategi (HM) : laboratorio/
leguminatsu (HM) : leguminosa (planta)/
lehen mailako haragijale (g): carnívoro primario/
lehergai (HM): explosivo/
lipido (NZ): lípido/
litosfera (NZ): litosfera/
lurrun (HM) (lurrin NZ): vapor/

M

mekanismo (HM): mecanismo/
metabolismo (HM): metabolismo/
metano (HM): metano/
mikroelementu (g): microelemento/
mikroorganismo (g): microorganismo/
mineralki (JRE): mineral/
mol (g): mol/
molekula (NZ): molécula/
mutante (g) ("mutari" HM): mutante/
mutazio (g) ("mutapen" HM): mutación/

N

nitrifikapen (g): nitrificación/
nitrato (HM): nitrato/
nitrito (g): nitrito/
nitrobakter (g): nitrobacter/
nitrogenasa (g): nitrogenasa/
nitrogenatu HM): nitrogenado/
nitrogeno (NZ): nitrógeno/
nitrogeno-finkatzaile (g): fijador de nitrógeno/
nitrosomonas (g): nitrosomonas/
nodulo (g): nódulo/
nutriente (g) ("elikagai") : nutriente /
nutrizio (g) ("elikadura): nutrición/

O

oihan (NZ): bosque/
ongarri (HM): abono/
operoi (NZ): operón/
organismo (NZ): organismo/
ornogabe (NZ): invertebrado/
osogai (HM): componente/
oskol (NZ): corteza/
ote (HM): árgoma/
oxidapen (NZ): oxidación/
oxida(tu) (NZ): oxidar/

P

paisaia (HM): paisaje/
paktu (HM): pacto/
pantano (g){zingira HM): pantano/
parasexualtasun (g): parasexualidad/
penizilina (HM): penicilina/
petrolio (NZ): petróleo/
plasmido (g): plásmido/
populazio (NZ): población/
poro (NZ): poro/
pozoin (NZ): veneno/
prehistoria (g) (historiaurre HM): prehistoria/
presio (HM): presión/
produktibitate (NZ): productividad/
produktore (NZ): productor/
produktu (NZ): producto/
proteina (NZ): proteína/
prozesu (HM): proceso/
purifika(tu) (HM): purificar/
putzu (HM): pozo/

S

saio hodi (JRE): tubo de ensayo/
sedimentari (HM): sedimentario/
sedimentu (HM): sedimento/
sega (HM): guadaña/
sekuentzia (NZ): secuencia/
simaaur (HM): estiércol/
sinbionte (g) (sinbiosi-lagun NZ): sinbionte/
sinbiosi (NZ): sinbiosis/
sinbiotiko (HM): simbiótico/
sotobaso~~x~~ (g): sotobosque/

T

taula periodiko (g): tabla periódica/
teknologia (HM): tecnología/
tenperatura (NZ): temperatura/
toxiko (NZ): tóxico/
transferi(tu) (HM): transferir /
transformakuntza (HM): transformación/
transizio metale: (g): metales de transición.

U

usario (HM): uso, costumbre/

uzta (HM): cosecha/

X

xurga(tu) (HM): absorber/

Z

zakarrerria (HM): broza/

zereale (g) (labore HM): cereal/

zikada (g): cícada/

ziklo (NZ): ciclo/

zingira (HM): pantano/

zoldura (HM) ("infekzio" NZ): infección/

METALEEN EKODINAMIKA

Jazinto Iturbe

METALEEN EKODINAMIKA

SARRERA:

Ekologiari buruzko ikastaldian, lan honen tokia.

Ekologiaren barnean, eta, are gehiago, ekosistemaren kontzeptuan, "ekilibrio" ideia zeharo beharrezkoa da. Hain zuzen, ideia horren inguruan zientzia berri honen muina kokatzen da. Desekilibrioa sortzen denean, ekosistema osotzen duten elementuek ondorioak —normalki txarrak— pairatzen dituzte, eta, nahiz eta beste asko egon ere, satsadura eta poluzioa dira nabarienak. Poluzioaren agente edo instrumentuak —desekilibricaren ondorioak berak— ugari dira, baina ugarietak oinharritzko konposatu kimikoak dira, hala nola anhidrido karbonikoa, karbono monoxidoa, anhidrido sulfurosoa, nitrogenoaren oxidoak, fosfatoak, merkurioa, beruna, DDT-a, eta abar. Horietariko asko, ikastaldi honetan ikusita egonen dira, elementuen zikloetan batez ere; baina aurrekoekin lotura gutti duten elementu batzu —metaleak, balegia— ukitu gabe geratuko ziratekeen, arazoia, duten bereizketa kimikoa berbera zelarik.

Hemen, metaleen ekilibrioari hurbilketa bat egiten saiatuko gara, beraien toki eta inguruarekin; eta, halaber, ikusiko da nola gizonak, beste gauza askoren artean, metaleen zikloa ere aldatu egin duela, poluzioa eta gaixotasunak ekarriz.

II

METALEAK MUNDUAN

Elementu baten desekilibrioaren ondorioa poluzioa dela esan dugu. Poluzioz zer ulertzen den explikatu beharko da. Hemen zientifiko ez den, baina erabilgarri den definizioz baliatuko naiz; hots, polutzaile zera da, "gizonari ingurua zuzenki edo zeharki, kaltegarri edo molestagarri egiten dion zer guztia, baldin eguneroko bizitzean desarroilatzen duen aktibitate baten bidez bere organismora heltzen bezaio".

Galdera pare bat ateratzen zaigu berehala: eguneroko bizitzean metaleak organismora hel daitezke? Eta heltzen badira ere, kaltegarriak dira? Lehen galderari erantzuna ematea, norbaiti huskeria irudituko zaio, begiak irekitzea edo betaurrekoak garbitzea nahiko bailitzateke. Baina nola askorentzat numerorik gabeko egia ez dagoenez, numeroak hor doaz.

Munduko produktu mineraleen balorea jartzen badugu —minerale energetikoak kanpo— hiru laurdenak minerale metalikoek osatzen dute; burdina, kobrea, urrea, zinka, estainua, beruna, zilarra eta bauxita garrantzitsuenak izanik —meatzetatik ateraturiko balorea hartzen dut oinharritzat—.

Baina kontutan eduki behar duguna zera da, metaleen portzentaia, lurraren azalean, 25%-eraino ez dela iristen, eta interesgarri diren minerale askoren portzentaia, oso txikia dela, hala nola:

beruna, kobrea, zinka, nikela,	0,01%	Bakoitzak
estainua,	0,001%	
zilarra, merkurioa,	$10^{-4}\%$	
urrea	$10^{-6}\%$	

Azken zifrak, lur tonelada bakoitzeko, 10 mgr. urre dagoela esan nahi du.

Beraz, metaleen eguneroko usadioak, beraien izen arruntekin familiarazi egin gaitu, baina kontutuan eduki behar duguna ere zera da, metaleok lur azalean hain urriak izanik, lur-reko leku ezkutuetatik atera behar direla, lurraren superfiziean dagoen biosferarekin kontaktuan jartzen direla, eta azken bi mendeotan gizonak, humanitateak, ukan dit^uen metale-
aiekiko harremanak ugaritu egin direla, metaleen ekilibrioa apurtuz, edo, era lehunago batez esanik, aldatuz.

Honen froga bezala Groenlandiako izotzetan dagoen berun kantitatea emanen dut

1750.ean formaturiko izotzetan,	20	mikrogr Pb/ gr ur
1800.ean " " ,	40	"
1850.ean " " ,	60	"
1900.ean " " ,	90	"
1950.ean " " ,	180	"
2000.ean, berdin segitzen bada,	500	"

Hau ikusita, metaleak inguruan ditugula ezin izanen du inork uka, eta gainera inguru hur batetan, atmosferan, airean, zeren, bestela, nola zukeen urak beruna harrapa, hau ez balitz airean egon?

III

METALEAK KALTEGARRIAK

Bigarren galdera dator orain. Metaleak, kaltegarriak ote? Poluitzaile direla ez dago ukatzerik, poluzioaren eman dugun definizioaren arauera, behintzat, baina, aurrerapenaren izenean pairatu behar dugun poluzio moeta bat da, ala, alderantziz, metaleek poluzionaturiko inguru batetan egonik, inguruori osasunerako kaltegarri litzateke, eta "aurrerapen" soziala pertsonarentzat kaltegarria litzateke ?

Hau azaltzea baino, hobe da koadro batetara joatea.
(ikus lehen koadroa).

Metaleek, numerotan, elementu kimikoen nagusigoa dute.



inofentsiboak dira



oso arriskugarriak, eta nahiko eskurakorak



B₁₂ bitaminarekin erreakzionatzen dute (honen arrazoa, aurrerago ikusiko da)



Elementu toxikoak, baina ez-solubleak edo arraroak

Markatu gebeak daudenak arriskugarriak ez direla ez du esan nahi, baizik eta klasifikagaitzak direla.

Metale batzu ez dira kaltegarriak; alderantziz, portzentaia egokietan beharrezkoak dira gizonen edo animalien bizitzarako. Izen orokor bat dute, "Oligoelementuak", eta orain arte aurkituak hauk izan dira: Fe, Mg, Mn, Ca, Zn, Cu, Co, Mo, V, Cd.

Periodic Table of Elements

1 H Hydrogen																	2 He Helium						
3 Li Lithium	4 Be Beryllium																	5 B Boron	6 C Carbon	7 N Nitrogen	8 O Oxygen	9 F Fluorine	10 Ne Neon
11 Na Sodium	12 Mg Magnesium																	13 Al Aluminium	14 Si Silicon	15 P Phosphorus	16 S Sulphur	17 Cl Chlorine	18 Ar Argon
19 K Potassium	20 Ca Calcium	21 Sc Scandium	22 Ti Titanium	23 V Vanadium	24 Cr Chromium	25 Mn Manganese	26 Fe Iron	27 Co Cobalt	28 Ni Nickel	29 Cu Copper	30 Zn Zinc	31 Ga Gallium	32 Ge Germanium	33 As Arsenic	34 Se Selenium	35 Br Bromine	36 Kr Krypton						
37 Rb Rubidium	38 Sr Strontium	39 Y Yttrium	40 Zr Zirconium	41 Nb Niobium	42 Mo Molybdenum	43 Tc Technetium	44 Ru Ruthenium	45 Rh Rhodium	46 Pd Palladium	47 Ag Silver	48 Cd Cadmium	49 In Indium	50 Sn Tin	51 Sb Antimony	52 Te Tellurium	53 I Iodine	54 Xe Xenon						
55 Cs Cesium	56 Ba Barium	57 La Lanthanum	58 Hf Hafnium	59 Ta Tantalum	60 W Tungsten	61 Re Rhenium	62 Os Osmium	63 Ir Iridium	64 Pt Platinum	65 Au Gold	66 Hg Mercury	67 Tl Thallium	68 Pb Lead	69 Bi Bismuth	70 Po Polonium	71 At Astatine	72 Rn Radon						
87 Fr Francium	88 Ra Radium	89 Ac Actinium																					

57 La Lanthanum	58 Ce Cerium	59 Pr Praseodymium	60 Nd Neodymium	61 Pm Promethium	62 Sm Samarium	63 Eu Europium	64 Gd Gadolinium	65 Tb Terbium	66 Dy Dysprosium	67 Ho Holmium	68 Er Erbium	69 Tm Thulium	70 Yb Ytterbium	71 Lu Lutetium
89 Ac Actinium	90 Th Thorium	91 Pa Protactinium	92 U Uranium	93 Np Neptunium	94 Pu Plutonium	95 Am Americium	96 Cm Curium	97 Bk Berkelium	98 Cf Californium	99 Es Einsteinium	100 Fm Fermium	101 Md Mendelevium	102 No Nobelium	103 Lw Lawrencium

IV

METALEEN PROPIETATEAK

Gaur eguneko mundu industrializatuan metaleen erabilkerak beraien propietateak aprobetxatzearekin zer ikusi handia du. Zenbait metale ez da beren propietate fisikoen edo kimikoen kausaz, balore konbentzional edo estetiko batez baizik —urrea, zilarra, platinoa, adibidez—.

Propietate zeintzu diren ? Oso aldakorak dira. Gehienak solidokoak --merkurioa salbuespena, berari erabilpen asko emanik--, distira metalikokoak, kolore gris-zilarrezkoa gehienak, dentsitate oso aldakorra —ura baino erinagoak batzu, dentsitate altuenekoak beste batzu—. Fusio puntuak ere asko aldatzen dira, irakin puntuak bezala, baina generalean, oso altuak dira. Ez dira inoiz, edo ia inoiz, libre aurkitzen, oxigenoarekin gehinetan elkartuak baizik. Metaleak propietate fisikoak aprobetxatzeko erabiltzen badira, aurkitzen diren mineraletatik atera egin behar dira. Prozesu honek energia asko behar ohi du, eta hau da metaleak atmosferara joateko bide egokia, eta gure organismoetarako bide zuzena.

Metaleen egoera arrunta, naturan aurkitzen diren egoera, hategia, ez da kaltegarria edo oso gutti da, metaleok ziklo geologiko batetan sarturik baitaude eta, edo biosferaren eta gizonaren eboluzioan ez baitira sartzen edo ongi elkarrerlazioan sarturik baitaude.

Historian zehar, soilik metaleak lantzen zituztenek metaleen gaixotasunetara zeuden arriskaturik, baina azken denboratan

metaleak libro daude, ziklo geologikoak hankaz gora jarriak izan dira, eta metaleen erreakzioek pertsona hil dezakete.

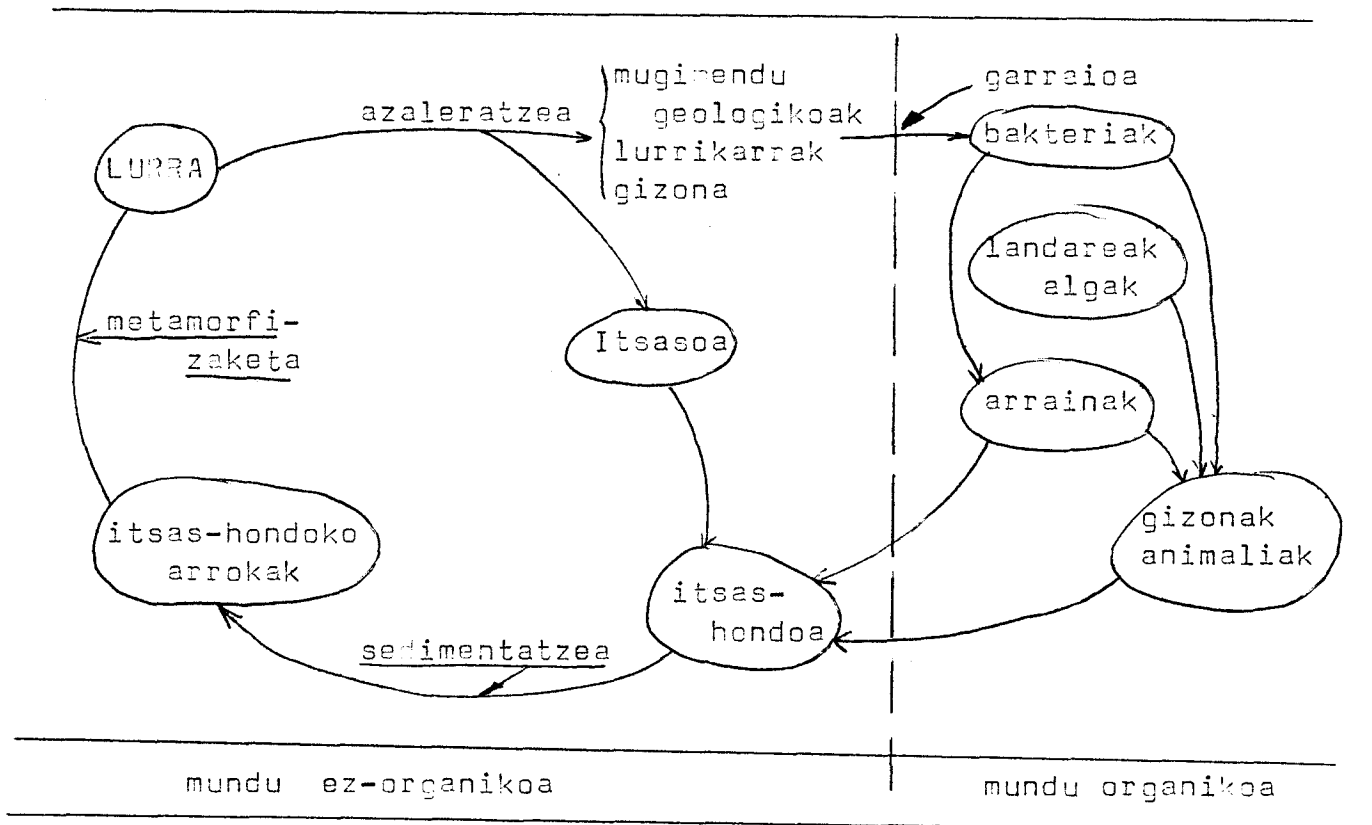
Esan dugunez, metale asko propietate fisikoen kausaz erabiltzen dira —maleabilitatea, konduktibitatea, gogortasuna...—, baina metaleok erreakzio kimikoak paira ditzakete. (Propietate hauek metale horien bizitze praktikoa ematen dute, hala nola burdina —erabilgarria— eta burdina (III) oxidoa —oso gutti erabilgarria). Beste metale batzu beraien propietate kimikoen kausaz erabiltzen dira, katalizatzaileak, adibidez.

Pertsonekin kontaktuan jarritz, metaleak organismoetara sar daitezke, erreakzio kimikoak direla medio. Hain zuzen, metaleek asimilagarriak izateko, zenbait erreakzio kimiko pasatzen dute; Kobaltoaren kasua oso argia da horretan.

V

METALEAK GIZA ORGANISMOETARA SARTZEN DIRA

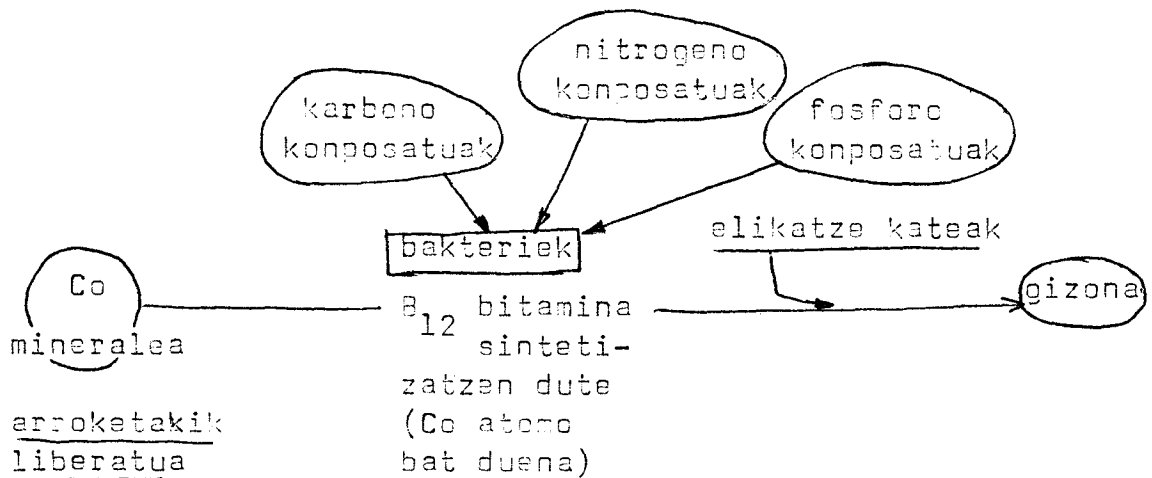
Metaleen erreakzioak direla eta, metaleak giza organismoetan ere sartu daitezke, eta metaleen zikloetan naturalki gizona agertzen da. Ziklo-eredu bat hau da:



Koadroa ikustea baizik ez dago bi gauza nabaritzeko:

- bakteriek duten garrantzia bizi organismoek metaleak absorbi ditzaten. Hain zuzen, bi munduen arteko lotura egiteko bide bakarra da hau.
- metale guztiak edo gehienak, erabiliak izan ondoren itsasora edo itsas-hondora doaz. Produkzioa handitu den aldetik itsasoa munduko zimaurretia bihurtu da.

Ziklo hori betetzen duen adibide bat kobaltoa da, ondoko koadroak erakusten duenez.



Honela, metale asko^k/giza bizitzereko beharrezko diren konposatu batzu osotzen du.

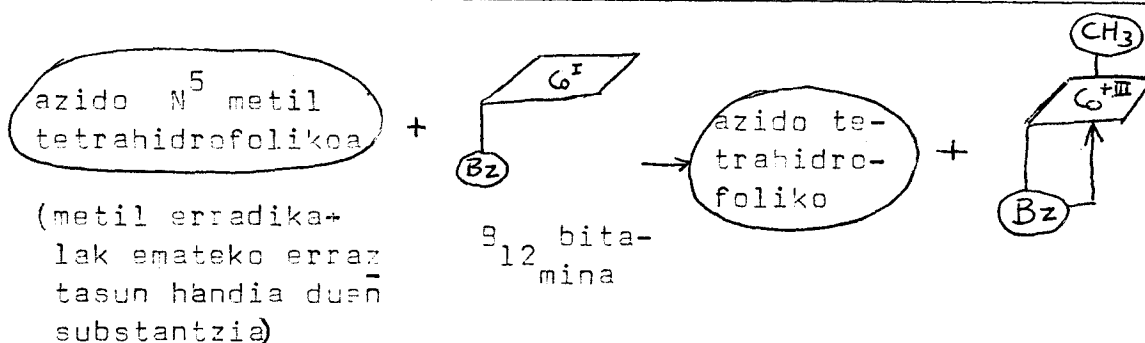
Baina beste metale batzuk, bide propiorik ukan ez arren, giza organismoetan sartzen dira, beste metale batzuk irekitako biodeetatik, hain zuzen. Adibidez, kobaltoari esker, gizonak merkurioa asimilatzen du, eta hau oso kaltegarria da.

VI

MERKURIOAREN KASUA

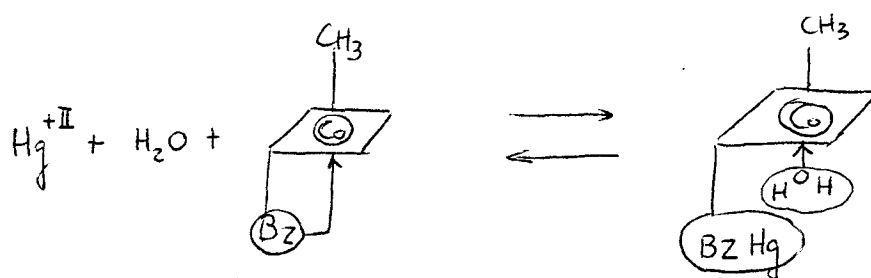
Merkurioa, berez, ez da asimilatzen, baina konprobatua izan denez, bakteriei esker, metale hori metilatu egin daiteke, eta metilmerkurio konposatua ematen du, asimilagarria berau. Nola metilatzen da ? Ikus dezagun.

- 1.- B_{12} bitamina molekulan dagoen kobalto atomoa oxidatze gradu beherenean dago (+ I) eta metilatu egin daiteke:

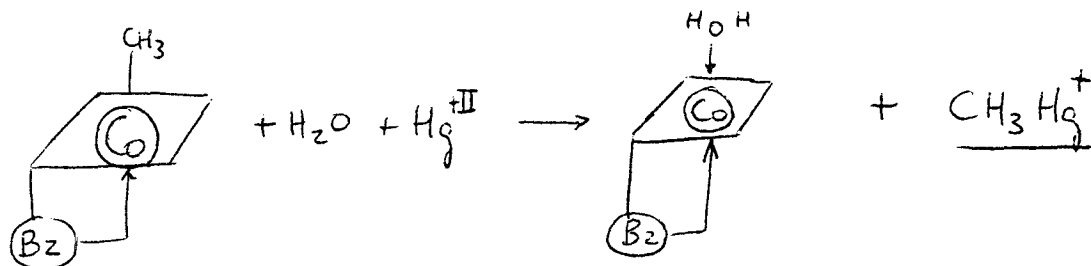


B_z bentzil imidazol izeneko base bat da kobaltoren koordinatze inguruan kokatua.

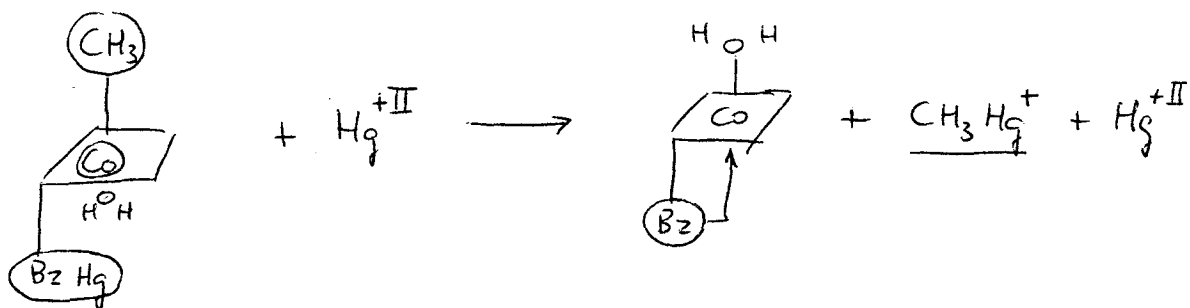
- 2.- Orain metil kobaltoak merkurioarekin erreakziona dezake, ekilibrio bat sortuz:



3.- Ekilibrioan lortzen diren bi konposatuok, merkurio gehiagorekin erreakzionatzen dute, metil merkurio emanik:

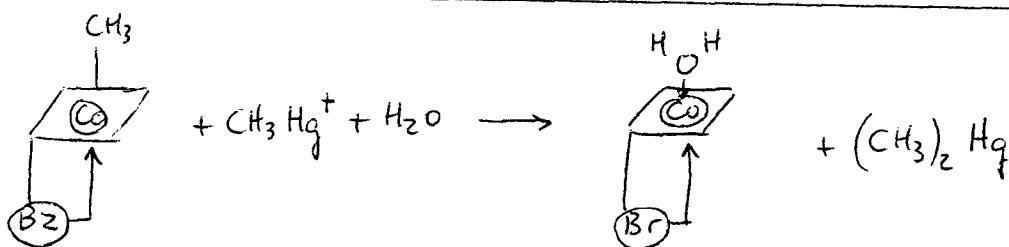


erreakzio hau behekoa baino 1000 aldiz bizkorrago da.

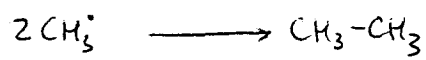
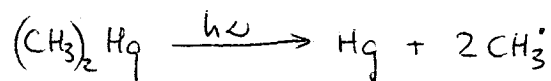


4.- Eta metil merkurioarekin zer ? Bi bide ditu

4a) dimetil merkurioa sortu, kobalto metilatu gehiagorekin:



gero, dimetil merkurio hau, airean, argiaren energia dela medio, fotolisatu egiten da:



(edo beste hidrokarburu batzu)

Baina erreakzio hauek ez dira askotan erakusten, erreakzioak hauek

izanik:

- dimetil merkurioa formatzeko erreakzioaren abiadura oso

altua da.

- formatzen bada ere, organismoetan, uratan bizi diren orga-

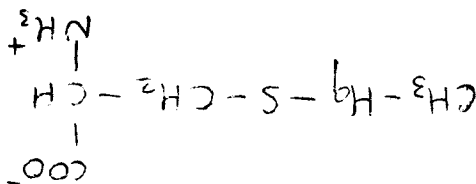
nismetan batez ere, ez dago argiz deakomposatzeko biderik,

eta metil merkurioa organismoetan asimilatzen da. (4b)

4b) Elgarren bidea, organismoak asimilatzen da. Gizonarengan,

metil merkurioa zisteinarenkin loturik doa, hots, aminoazido

baten itxuran:



Kompleku hau, odolaz zehar, leku guztietara heldzen da. Kon-

posatu honen garrantzia handia da. Arriainen muskuluetan

agertzen den metil merkurioaren 95%a zisteina-metil mer-

kurioaren formaz agertzen da.

Gero, arraina jaterakotan, odolara pasatzen da, eta ner-

bioa sistema zentralera heldzen; bertan, ba dirudi zenbait

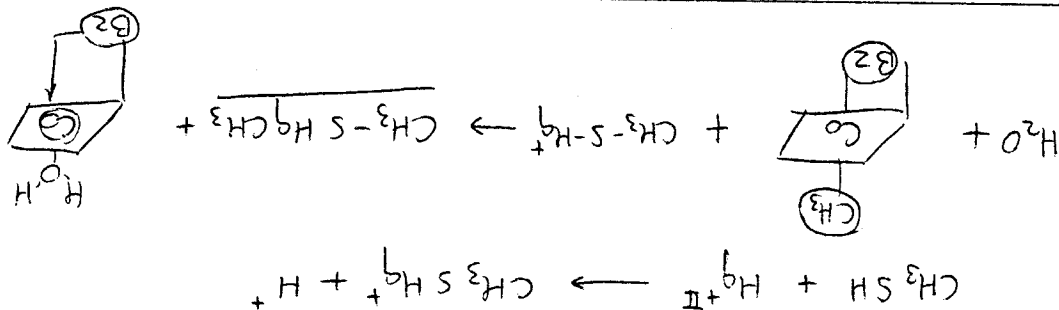
entzima desaktibatzen egiten dituela, zelularen lisa, apurtzen

lotuz: gaitasuna --erregulagaitza, nerbioa zelulak

ez baitira erregulatu --edo heriotza.

VI.2 KRUSTAZOEN DUTEN MERKURIOA ASIMILATZEKO BIDEA

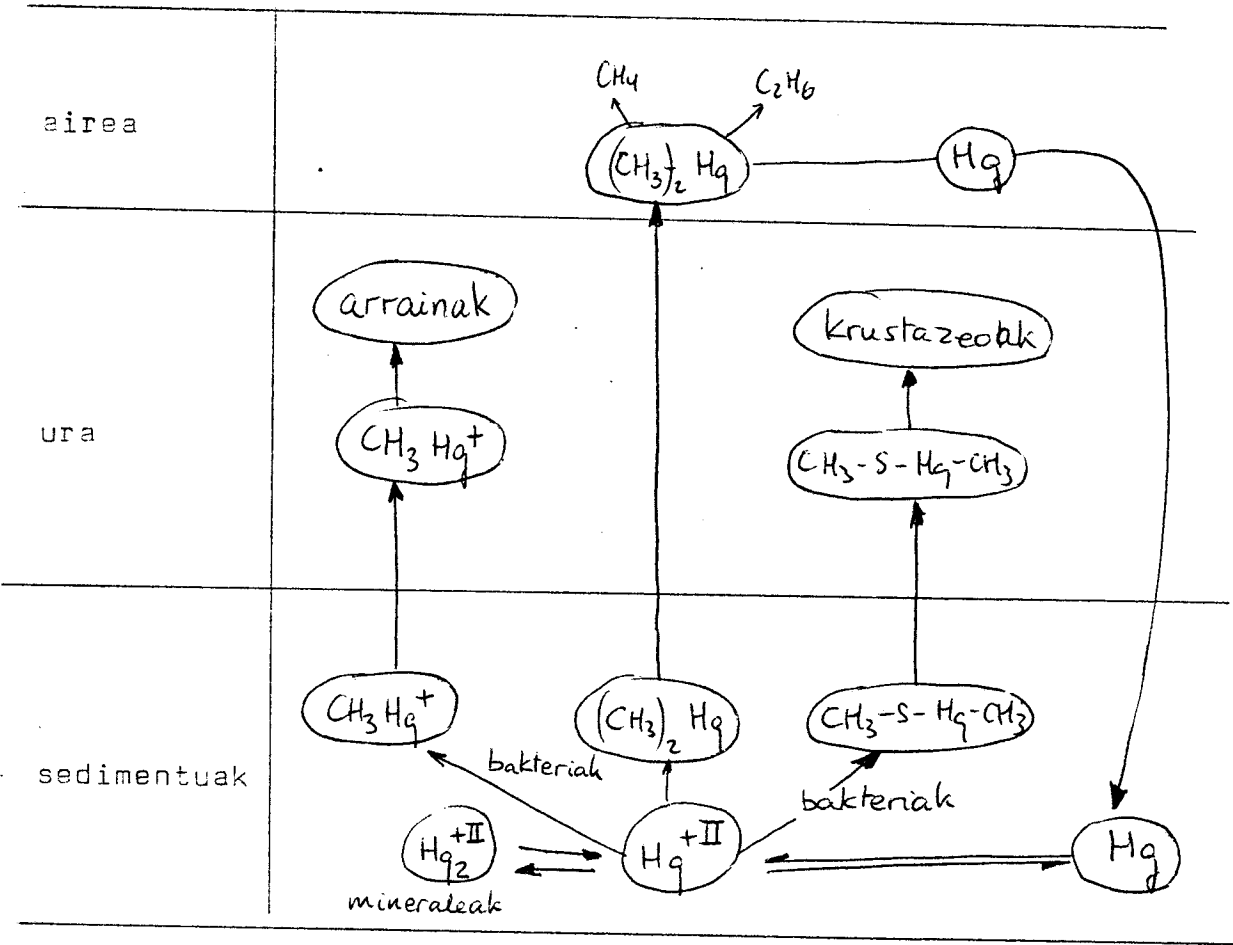
Krustazoen kasua pixka bat desberdina da. Hona hemen koadroa:



Ikusten denez, hemen ere merkurioa metilatzeko kobaltoaren presentzia beharrezkoa da, metil merkurio tiometil emanik. Konposatu hau, arrainetan dimetil merkurioarekin gertatzen den bezala, ezin daiteke argitan deskonposa, argirik ez baitzaie heltzen.

VI.3 MERKURIOAREN ZIKLOA

Datu hauekin, merkurioaren zikloa presta dezakegu:



Arrainek eta krustazeoek ezin dute merkurioa desasimilatu. Pertsonaren alimentezioan jartzerakoan kaltegarriak gerta daitezke, gertatu den bezala Minamata-n (1953.ean). Bertan, binil kloruroaren sintesia, azetaldehido abiaprodukto bezala erabiltzen zuten. Hondarretan,

portzentaia oso txiki batetan, merkurio botatzen zuen, arrainek eta krustazeoek asimilatzen, eta janari hori zuten pertsonengan gaixotasuna ihusi zen. Gero, berriro ere gertatu zen Niigata-n, Omata-n eta Oyabe hibaletan, Japonian. Pakistanen eta Irak-en ere gertatu zen, azken honetan 400 heriotza baino gehiago gertatuz.

VIII

Bibliografia

La Recherche, 7 (70) 711-719 (1976)

"Cours de Chimie" J. Amiel Dunod Université. Paris, 1971.

Beste metale batzuren ekodinamikak aurkitzeko, adibidez,

Chemistry in Britain, 10, 202 (1974)

Chemistry in Britain, 9, 400 (1973)

Chemistry in Britain, 11, 354 (1975)

Chemistry in Britain, 13, 180 (1977)

Eta beste toki askotan

VII

BUKAERA

Metilatze prozesua metaleak bizi organismoetan sartzeko bide bat da, eta bide honen giltza B_{12} delako bitaminak du. Horrela, hain kaltegarri den merkurioaz aparte, estainuaren, paladikaren, urrearen, teluroaren, platinoaren, selenioaren, teluraren, sufreakaren eta artsenikoaren kasuetan ikusi izan da.

Metilatu konposatu gehienok pozointsuak dira. Antipozoinak ? Merkurioa baino bizkorrago metilatzen diren elementuak aurkitu behar dira, eta pozointsuak ez direnak, noski; baina pertsonak salbatu arren, animaliak ez lirateke salbatuko. Beraz, soluzio bakarra ziklo geologikoen kontrolea izatea izanen da, zeren, azken batez, gizonaren eraginez apurtu dira zikloak, eta orain erresultatuak ordaintzen ari gara.

V. UDAKO

EKOLOGIA

EUSKAL

UNIBERTSITATEA

S A T S U D U R M O E T A K

J.R.Etxebarria

AURKIBIDEA

	<u>Hbr.</u>
Sarrera	2
Egurats satsudura	6
Satsutzen duten gai nagusi eta arriskugarrienak	6
Poluzio iturriak	7
Egurats satsudura Bizkaian	9
Egurats satsudura eta meteorologia	11
Uren satsudura	13
Satsugaien sailkapen laburra	13
Satsudura eta bizidunen jokabidea	15
Satsudur iturriak	16
Euskal Herriko uren satsudura	17
Bero satsudura	19
Mundu mailako problemak	20
Maila lokaleko problemak	20
Satsudura erradioaktiboa	23
Erradioaktibitateak materiaren sortzen dituen ondorioak	24
Erradioaktibitatea eta ziklo biologikoak	26
Erradioaktibitatearen iturriak	28
Erradioaktibitatea satsudura gisa	30
Zarata satsudura	31
Zarata gertakari fisiko gisa	31
Zaraten ondorioak bizidunengan	32
Zarata iturriak	33
Satsudur egoera Euskal Herrian	35
Satsudura eta ekologiari buruzko euskal bibliografia	37

SATSUDUR MOETAK ETA EUSKAL HERRIAREN KASUA
=====

Natura etengabe aldatzen ari den bizidunen eta bizigabeen multzo bat da. Animaliek, landareek eta mineralek (ura, airea, lurra,...) osotzen dute, ekosfera deitzen den multzo hori. Ekosferan aldaketak eta eboluzioak etengabe gertatzen ari diren arren, bertako aktibitateak orekan irauten duela esan dezakegu. Oreka dinamikoan, noski, inoiz ere ez baitago geldirik, baina oreka, zeren eta autorregulatzerako dituen mekanismoek bide seguru eta finko batetatik baitaramate, zenbait perturbazio gorabehera.

Ekosferá kontaezineko ekosistemez osoturik dago. Ekosistema hauk interreflazonaturik daude, eta horietariko batetan gertatzen diren aldakuntzek, ingurukoak ere asaldatzen ditu. Elkarren arteko erlazio horik guztiz konplexuak dira, baina beharrezkoa dugu horik ezagutzea, ekosfera osoaren ekilibrioa baldintzatzen dituzten faktoreak ezagutuz joateko.

Eguzkitiko energiaren bereganatzea kontsideratzen badugu, ekosfera sistema irekia da, kanpotik baitatorkio energia. Baina bestela, sistema hertsiki bezala kontsidera dezakegu: Bertako materialeak ekosfera barruan geratzen dira, eta haien aldakuntza guztiak ere ekosfera barruan gertatzen dira, elementu desberdinen zikloak osotuz. Dena dela, ziklo hauetan hondakin batzu sortzen dira eta hauekin batera elementuen parte bat alferrik galdu egiten da. Hau arriskugarria gerta daiteke, hondakin horik berriro ere ziklo biologikoetan sartzen ez badira, edo eta zikloetan birsartzean kalteak baldin badakartzate. Horrela, bada, oreka ekologikoa hondakinen erabilkera zuzenaren eta kontrolearen menpean aurkitzen da.

Puntu honetara heldurik, gizonak oreka ekologikoan duen eragina aztertu behar da. Gizona eragile ekologiko naturala da, ekosferako elementua izanik. Bere bizitzean hondakinak sortzen ditu beste bizidun guztiek bezala eta ekosistemen aldakuntza naturalean naturalak ez diren faktoreak sar ditzake. Bestalde gizonaren boterea beste inolako bizidunena baino askoz ere handiagoa da. Eta prezeski, botere izugarri horren kausaz, kalte izugarriak sor ditzake ekosferan.

Problema, gizonak sortzen dituen hondakinen eraginean datza. Zientziaren eta industriaren aitzinamenduaren ondorioz, gizonak Naturan li-

bre ez dauden elementu eta konposatu kimikoak fabrikatzen ditu, edo eta beste batzu, kantitate handitan fabrikatzen ditu. Hauetariko batzu ongi birtziklatzen dira Naturako ziklo biologikoen bidez eta ez dute problema berezirik sortzen. Hala ere, beste batzu toxiko dira edo eta kontzentrazio altutan kaltegarri gerta daitezke; batzuk espezie konkretuen aurka jotzen dute, eta berorien bizitzea arriskutan jartzean, ekosistema osoen bizitzea edo eta oreka jartzen dute arriskutan. Eta txarrago dena, honelako prozesu asko irrebertsibleak ohi dira

Beraz, gizonaren eragina beldurgarria dela eduki behar dugu kontutan. Izan ere, jadanik hainbat hibai eta errekatoko ekosistemak desegin ditu, eta kontrolerik gabeko egintzengatik lur eremu joriak basamortu bihurtu ditu (Marokko-ko Rift ingurua, Estatu Batuetako zenbait lurralde eta abar). Honelatan, gizonak sortzen dituen hondakinen arazoa, seriozki aztertu behar da, eta haik kontrolatzen ikasi beharko du.

Sarrera honen bidetik, satsuduraren problema agertuko zaigu aurrez aurre. Baina, zer da satsudura ?. Ezer baino lehenago, kontzeptu hori argi utzi behar dugu. Definizioa baino hobeki, azaldu egingen dugu hitz horrekin esan nahi duguna, nahiz eta aurreko lerroetan ideia eta kontzeptu hori erabilia dugun. Satsudura hitzarekin, gizonak sortzen dituen hondakin artifizialak aipatu nahi ditugu, zeintzuk ekosistemen orekaren aurka joka baitezakete, Esan bezala, satsudura gisa hondakin artifizialak kontsideratzen dira. Hauk industriren produktuak izaten dira gehienetan eta horrela bizitze modernuarekin gero eta hondakin gehiago sortzen dira. Hauk estrainu gertatzen zaizkie ekosistemei, ez baitira ziklo biologikoetan sartzen edo eta sartzean toxiko gertatzen baitira, eta horrela zikloen oreka apur baitezakete.

Zein da, ekologoek satsuduraren problemaren aurrean egiten duten planteamendua ? Zer esanik ez, ekologoentzat satsuduraren arazoa hila bizikoa da. Beharbada, bi irtenbide erraz aurki ditzakete: Lehena aurrerapen eta aitzinamenduaren aurka jotzea lehengo bizimoldeetara itzuliz eta bizitze modernoak dituen abentailak ukatuz, eta bigarrena, gaurko egoera gordetzea. Dena den, bi irtenbide hauk ez dira inola ere

egokiak, ekologiaren beraren oinharritzko printzipioak ukatzen baitituzke. Azken batez, esan bezala, ekosistemen oreka ez da gauza estatiko bat, dinamikoa baizik, eta oreka dinamiko horretan aldaketak eta adaptazioak etengabe gertatzen dira. Horrela, beraz, gizonak berak ere oreka dinamikoa lortu beharko du eta bere superbizimena berak sortzen dituen aldaketei buruzko egokitze eta adaptazioaren menpean dago. Gizonak kontrolatu eta ordenatu egin beharko ditu, sortzen dituen aldaketak.

Satsuduraren arazoan, gizonak — eta ekologoek bereziki — arazo horrek epe luzetara sor ditzakeen ondorioak aurrikusi behar ditu eta zientziaren, industriaren eta teknologiaren aurrerapenak satsudura kontrolatzeko erabiltzea izanen da haren ardura. Honela, teknologiak ekosistemen oreka sostengatzera lagundu behar gaitu. Hots, ekologoak ez doazke teknologiaren aurka, baizik eta berorren laguntzaz, sor daitzekkeen desekilibrioak gainditzera.

Edozein modutan, beraz, ekologoek aurpegi eman behar diote satsuduraren arazoari. Eta horretarako, lehenik eta behin problema hau sakonki ezagutu behar dute, ezagupen horretan finkatuz ebazpide egokiak proposatu ahal ukateko. Guk ere, problema hau nolabait konpontzen hasteko, satsudura moeten sailkapen bat eginen dugu lehendabizi, moeta hauek dituzten ezagugarriak eta berezitasunak banan banan aztertuz joateko.

Lehen mailako sailkapen arrunt batetan, bost multzo nagusitan klasifikatuko ditugu satsudur moetak:

- A) Egurats satsudura
- B) Uren satsudura
- C) Bero satsudura
- D) Satsudura erradioaktiboa
- E) Zarata satsudura

Has gaitezen, bada, hauk guztiok banan banan aztertzen.

A) EGURATS SATSUDURA

Eguratsa edo atmosfera, Lurra inguratzen duen geruza bat da Bertan dugu airea, eta bizitzeko behar dugun oxigenoa. Oxigenoarekin batera, hainbeste gas dago airean: nitrogenoa, karboniko anhidridoa, ur lurruna gas nobleak eta abar. Baina gas guztiok portzentaia egokitan daude nahasirik, eta portzentaia horik oso gutti aldatzen dira natural-ki. Gas horien portzentaia aldatzean, problema gogorrak sor daitezke bertan bizi diren bizidunengan. Gasez gainera likidoak (hala nola ura) eta solidoak (polen garauak, lur partikulak..) ere ba daude suspentsi-
oan. Hauk guztiok naturalki daude, eta soilik istripu natural bat da-
goenean aldatzen dira lokalki (sumendi baten leherketaren ondoren, adi-
bidez).

Egurats satsudura zer den hitz bitan azalduko dugu. Eguratse-
an, egoera arruntean ez dauden gas, likido edo solido partikulak (ge-
hienbat kaltegarri) agertzen direnean, airea satsuturik dagoela esaten
dugu. Modu berean, nahiz eta gas arrunt eta naturalak agertzen diren,
beraien portzentaia neurritz kanpo aldatzen denean ere, airea satsuturik
dagoela esaten dugu.

A.-1) Satsutzen duten gai nagusi eta arriskugarrienak

Azter ditzagun lehenik eta behin eguratsa poluitzen eta sa-
tsutzen duten satsugaiak. Satsugai moeta asko dago. Denak aztertu ezin
ditugunez, nolakoak diren nolabait ikusteko, sailkatu egingen ditugu,
gero sail bakoitzeko satsugaien ezagugarriak aipatzeko. Hiru multzo
nagusi egingen ditugu: gai toxikoak edo pozoinak, keak edo hauts parti-
kulak eta azido sortzaileak.

- Gai toxikoak. Ardura gehien gai toxikoekin eduki behar da, po-
zoingarriak izanik kalte handiak egin diezazkigukete eta. Eta
ez soilik guri; animalia eta landareei ere bai. Satsugai hauen
artean CO delakoa (karbono monoxidoa) aipa dezakegu. Gaizki bu-
rututako erreketetan sortzen da, eta odolletara pasatzen da ar-
nastuz. Han hemoglobinarekin konbinatzen da karboxihemoglobina
sortuz. Laster ekar dezake heriotzea.

Beste adibide bat lantegi batzuk jaurtikiriko konposatu fluoratuen kasua da. Fluorosis izeneko gaixotasuna sortzen dute. Eritasun hau behiengan agertzen da nabarien —hauen bidez gizonengan ager daiteke— ez okelatarako eta ez esnetarako bihurtuz.

- Keak eta hauts partikulak. Keak ohi dira arinen kezkatzen gaituztenak, errazen eta argien (irakur ilunen) ikusten baitira. Baina gehienetan ez dira hain arriskugarriak izaten. Denborarekin depositatu egiten dira eta zuzenki ez dira gizonarengan sartzen. Dena den, landareetan depositatzean zenbait animalia landare-jaletara pasa daitezke bertako konposatu kimiko kaltegarriak. Hirietan sortzen duten problemak ez ohi dira hain kezkarriak, inguru guztiak zikintzen dituztela kenduz.

- Azido-sortzaileak. Azido-sortzaileak modu berezi batez aztertuko ditugu, berauk baitira gure lurraldean garrantzirik gehien dutenak, Bilbo inguruan batez ere hauen artean eta multzoaren ordezkari gisa, anhidrido sulfurosoa aztertuko dugu.

Gas hau lantegietan erretzen diren fuelolioek, ikatzek eta abarrek beren barnean duten sufreakaren kausaz sortzen da. Eguratsean baldintza berezi batzutan egonik, anhidrido sulfuroso hau, anhidrido sulfuriko bihurtu daiteke eta azkenik berau azido sulfuriko. Honela, azido honen aerosolak sor daitezke, eta hauek kalte gogorrak egin ditzakete arnaste bideetan.

A-2) Poluzio iturriak

Satsudura nonbaitetik etortzen da, noski. Satsudura sortzen duten elementuak, satsudur iturriak deitzen ditugu. Era askotako satsudur iturriak daude, baina egurats poluzioa aztertzen ari garenez gero, gaur eguneko bizimodu modernoak kontutan harturik, lau multzo nagusitan klasifikatuko ditugu: autoak eta beste ibilgailuak, etxetako berogailuak, hondakin erregailuak eta lantegiak.

- Autoak . Hainbat dira, gasolina edo gasolioa erretzean askatzen diren satsugaiak : CO, hidrokarburuak, SO₂ , SO₃ , berun oxidoak, 3-4 bentzopirenoa (oso gutti).... Erlatiboki, problema hau hirietan sentitzen da gogorren. Garrantzi gehien CO delakoak du, toxikoa baita, eta motoreak gaizki erregulaturik egonik asko sortzen baita. Hotzetan arrankatzean sortzen da batez ere, eta garaie eta kale hestuetan problema gogorrak sor ditzake. Bere ondorioak pertsona, animalia eta landareetan sentitzen dira. SO₂ eta SO₃ delakoek ez dute garrantzi handirik erlatiboki. Berunaren kasua, ordea, kezkarriagoa da. Jakina denez, gasolinen oktanaia hobetzeko berun konposatuak gehitzen dira. Beruna, ordea oso toxikoa da. Gainera bere ondorioak pilatu eta akumulatu egiten dira eta horregatik kontuz ibili behar da. Beruna, bestalde, ondoko katearen bidez sar daiteke gure gorputzean: Autopisten inguruetako baratzetako landareen gainean depositatu egiten dira zerbait berun konposatu. Gero barazkiak ongi garbitu gabe jaten baditugu, berun hori odolera iragan daiteke. Bukatzeko, 3-4 bentzopirenoa aipatuko dugu, zeren eta oso kantitate txikitik sortzen den arren, kantzerigeno edo kantzer-sortzaile baita.

- Etxeetako berogailuak

Ikatz, fuelolioak eta beste erregaiak dituzten konposatuen kausaz sortzen dira. Lurralde hotzetan, kalefakzio sistema boteretsuak behar direnez, problema gogorrak sor ditzakete eta horregatik legeak jarri dira erregai garbiak erabiltzera behartuz. Gure lurraldeko klima hain gogorra ez denez, erlatiboki, poluzio iturri honek ez du ia garrantzirik. Bestalde, etxeetan erabiltzen ditugun erregaiak — butanoa kasu — erregai garbiak direla esan dezakegu. Ongi erretzen dira eta, gehigarri ez baitute, ez dute CO₂ delakoaz besterik sortzen ia.

- Hondakin erregailuak

Kasu honetan zabortegetan dauden erregailuetaz ari naiz. Jakina denez, gaur eguneko gizon modernoak zaborreria handia sortzen du. Zaborreria bildu eta zabortegetara eramaten da, eta

kutsapen eta eritasun iturri izan ez dadin, bertako erregai-
luetan erraustu egiten da. Dena den, erreketak ez ohi da era-
batekoa eta horrela, gaizki erretako konposatuak, hautsak eta
hidrokarburuak liberatzen dira.

- Lantegiak

Bukatzeko, lantegiak aipatu behar ditugu. Hauk dira
gure lurraldean poluzio iturririk garrantzizkoenak. Beren ke-
bideetan gora, hainbat tonelada zikinkeria jaurtikitzen dute
eguratsera. Lantegietatik era guztitako satsugaiak jaurtikitzen
dira, nahiz erreketen ondorio, nahiz erreazio kimikoren on-
dorio izanik. Dena den, aipagarriena SO_2 delakoa dateke, gure
lurraldean hauxe baita lantegiek gehien jaurtikitzen dutena.
Baina modu berean, konposatu nitrogenatuak, fluoratuak, hauts
partikulak, karbono monoxidoa, metalak (Pb, As, ...) eta abar
aipatu beharko genituzke. Bestalde, lantegi bereziek beren
konposatu espezifikoak jaurtikitzen dituzte, eta horrela, zen-
bait satsugairen arazoak lantegi konkretuen inguruetan kokatu-
rik eta zentraturik ohi daude.

A-3) Egurats satsudura Bizkaian (Bilbo inguruan prezeski)

Orain Bizkaiko aireari buruzko zenbait datu emanen
dugu. Aurretiaz esan behar dugu, ez dela batere erraz datu fidaga-
rriak lortzea, daudenak erdi sekretuan gordetzen baitira. Dena dena,
orain emanen ditugunak fidagarriak dirateke, Industri Ministergoak
prestaturiko datu batzutatik aterak baitira.

Lehenik eta behin emisio osoari buruzko datuak emanen
ditugu. Esan dezagun ezen datu hauk Bilboko Ezker Ugarranari dagozkiola
gehienbat industria puntuan. Koadroa 1.973. urteari buruzkoa da.

1973. urtea (toneladak)

Satsudur iturriak	SO ₂	Hauts partikulak	CO	Denetara
Autoak	2.000	3.000	47.000	58.000
Etxeetako berogailuak	4.400	450	2.500	8.000
Hondakin erregailuak	145	2.320	12.000	19.635
Industriak	138.000	46.000	4.200	214.000
Denetara	144.545	51.770	66.300	300.435

Beraz egunero 395 tonelada SO₂, 140 tonelada hauts eta 182 tonelada CO jaurtiki ziren batezbeste Bilbo inguruko eguratsera (denetara 820 tonelada satsugai).

Ikus dezagun orain , zenbat zikinkeria dagoen etengabe Bilbo inguruko eguratsean. Ongien ezagutzen delarik, SO₂ delakoaren kontzentrazioa 195 mg/m³ izan zen. Honetaz, legeak permititzen duen kontzentrazio maximoa 150 mg/m³ dela esan behar da. Dena den, hori batezbesteko balioa da, eta sarri hori baino gehiago dago, hurrengo tauletan ikus daitekeenez.

SO - ren kontzentrazioa					
400 mg/m ³			800 mg/m ³		
baino gehiago			baino gehiago		
URTEA	Zenbat egun		URTEA	Zenbat egun	
1970	51		1970	7	
1971	64		1971	6	
1972	56		1972	6	
1973	87		1973	10	

Edozein modutan, marka hauk guztiok 1975.eko agorrilaren 19an deuseztu ziren, zeren eta egun horretan, Lutzana-Barakaldon 10 aldiz neurtu izan ziren 3.000 mg/m³ baino gehiagoko kontzentrazioak. Hori dela

eta, Bilbo Haundia antolakundeak "Eskualde Kutsatua" denominazioa eskatu zuen.

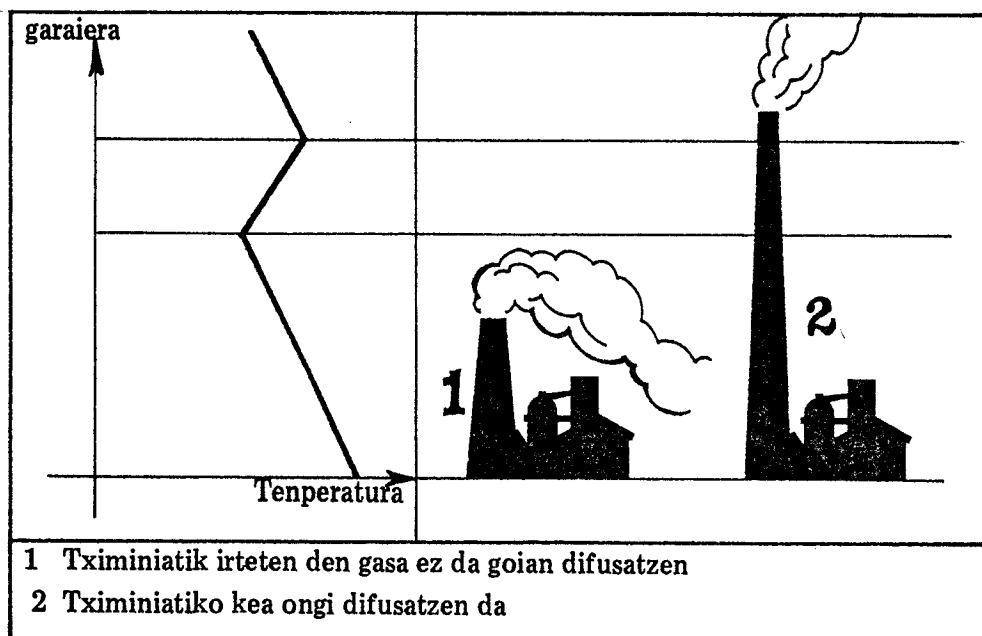
Bizkaiko eskualde batzutan problema gogorrek daude, bestalde, zenbait satsugai konkreturekin. Hauxe da Mungian Ferro-Enamel ize-neko industriarekin gertatzen zaiena eta Somorrostron "Derivados del Fluor" izenekoarekin. Kasu bietan, satsugai fluoratuen kausaz, fluorosia sortu izan da inguruetan.

A-4 Egurats satsudura eta meteorologia

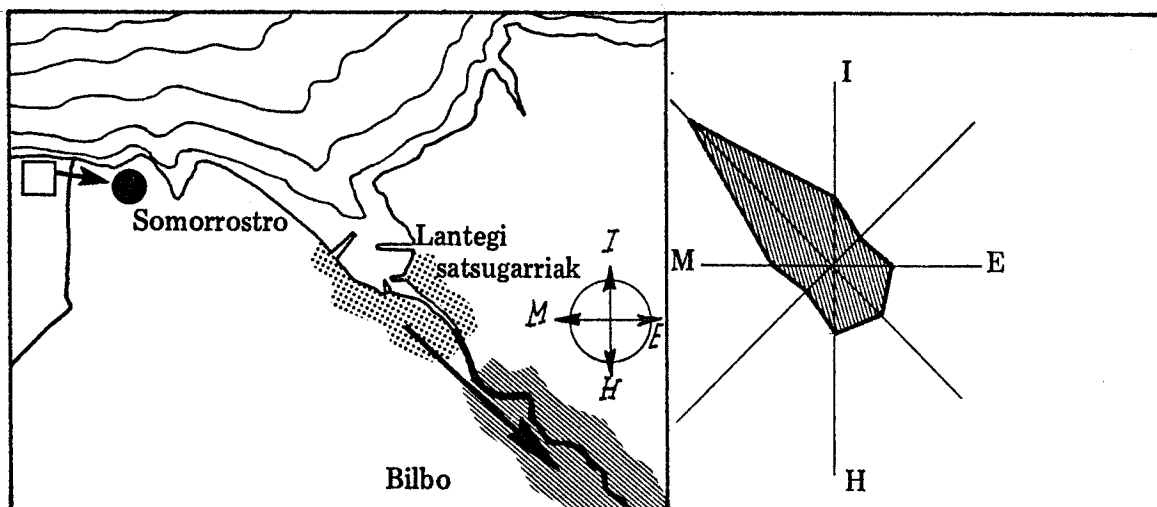
Egurats satsuduraren arazo honetaz oso interesgarria da meteorologiak jokatzeko duen papera. Faktore meteorologikoek positiboki edo negatiboki eragin dezakete satsuduraren aitzinamendu eta ondorioetan. Aipa ditzagun, bada, faktore hauek zeintzu diren.

Batetik hezetasuna eta eguzkia ditugu. Biak dira garrantzizko $\text{SO}_2 \rightarrow \text{SO}_3 \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4$ prozesuan. Zenbait erreakzio fotokimiko eguzki baldintza batzutan gertatzen dira. Honela, bi faktore horiek satsugaiekin nahastean, smog famatua alpatuko ditugu: Batetik Estatu Batuetako Los Angeles-ekoa eta bestetik Londresekoa. Lehenengoa, NO eta hidrokarburoak izpi ultramoreen eraginpean erreakzionatzen dute. Londresekoa, lainoa eta ke azidoaren (SO_2) arteko erreakzioa da. Dena den, kasu bietan smog arriskugarria sortzen da, honek dituen ondorio guztiekin.

Oso garrantzizkoa da, modu berean, gasen difusioa. Horretarako tximiniak prestatzen dira, ahalik eta garaienak, difusioa laguntzeko. Hala ere, honelako kasuetan inbertsio termikoaren arazoa aztertzea behar litzateke. Dakigunez, garaierarekin atmosferako airea hoztuz doa arruntki. Batzutan, ordea, beroago dauden kapa batzuek eta hauek berrera (hesi) antzerako bat sortzen dute eta ez diote keari gorantz pasatzen uzten. Horrelakoetan, kea difusatu beharrean, beherantz zuzentzen da. Eskematikoki, hurrengo irudian azaltzen da arazoa.



Bukatzeko, haize dominanteen arazoa aipatuko dugu. Dakigunez, haizea leku guztietatik etor daiteke, baina urtean zehar duen direkzioen estatistikak frogatzen duenez, direkzio desberdinetatik haizeek ez dute frekuentzia berbera. Frekuentzia hau, tokiko, haizeen arrosaren bidez adierazten da. Gehienetan direkzio batetatiko haizeak askoz ere frekuentzia handiagoz agertzen ohi dira, eta horregatik, haize dominanteak deitzen dira. Haize dominanteak oso kontutan hartzekoak dira lantegiak eta hiriak antolatzean, zeren eta, azken batez, beroriek eramanen dituzte nagusiki lantegiek jaurtikitzen dituzten satsugarriak.



Industriaguneen kokatze desegokia

Bizkaiko haizeen arrosa

Bizkaiko industriaren kokatzearen kasuan, ikusiko dugunez, meteorologiak argiroki jokutzen du satsuduraren alde. Batetik, haize dominanteak Ipar-Mendebaldetikoak dira; hain zuzen ere, direkziorik egokiena, ezker ugaraneko lantegiek sorturiko satsugaiak Bilbo aldera eramateko. Antzera gertatzen da Somorrostroko fluorosiaren kasuan, non poluzioa Santander-eko Ontonetik baitatorkio. Bestalde, Bilbo inguruan oso ugariak dira inbertsio termikoak. Beraz, egoera ezin larriagoa da.

B.- UREN SATSUDURA

Airea bezala, ura ere guztiz beharrezkoa da bizidunentzat, azken batez ura eta airea baitira bizidunak higitzen direneko inguruak; eta haietan elikatzen dira. Bestalde, dirudienez, uretan sortu zen lehen bizitze modua eta gero handik iragan zen lehorrera.

Uretan, uraz gainera, beste gauza asko dago: mineralak, gatzak, mikrobizidunak, zenbait gas disolbaturik —hauen artean, bizidunek behar duten oxigenoa ere— eta abar; eta horik guztiok portzentaiak egokitan agertzen dira. Aipaturiko gaien portzentaiak neurritz kanpo irteten badira, nekez irauten dute bizirik uretako bizidunek. Honelatan, bada, esandako portzentaiak artifizialki eta naturalak ez diren kausez aldatzean, edo eta uretan ez dauden gai kaltegarriak agertzean, urak satsutu egin direla esaten da.

Uren satsadura ikastaro honetako hurrengo gaien sakonkiago eta espezifikokiago —Euskal Herriari begira— aztertzen dela kontutan hartuz, puntu honetan laburki eta eskematikoki ukituko dugu, generalki sortzen diren arazoak aipatuz.

B.-1 Satsugaien sailkapen laburra

Hemen ere, airearen poluzioaren kasuan bezala, era desberdinetako satsugaiak daude. Dena den, sailkapen pixka bat desberdina egingen dugu. Bi multzo nagusi egingen ditugu: gai kimikoak eta bakterio patogenoak:

- a) Gai kimikoak. Satsugai bizigabeak dira. Biziaren aurka jokutzen duten elementu edo konposatu kimikoak dira. Bost azpimultzotan klasifikatuko ditugu:

-Azidoak eta baseak. Uraren pH faktorea aldatuz, zuzenki jokatzen dute bizidunen aurka; biziak pH egokiak behar ditu, posible dadin. Industri prozesuetan erabiltzen diren azido asko, inolako kontrolerik gabe hibai edo itsasoko uretara jaurtiki izan dira, mikrobizidun arrain eta hegazti askoren heriotzea ekarriz.

-Pozoinak. Hemen metale batzu sartu beharko genituzke, hala nola artsenikoa, beruna, merkurioa, eta zenbait konposatu berezi, hala nola, zianuroak. Oso kantitate txikitik agertu arren oso arriskugarriak dira.

-Intsektizidak. Zenbait lekutan asko erabili dira eta erabiltzen dira intsektu-izurriteak burrukatzeko. Gehiegi erabiliak izatean, bi kalte-moeta sortu dituzte. Intsektuak hiltzeko asmatu ziren, baina intsektu gehienak hiltzen zituzten arren, intsektu gogorrenak bizirik irauten zuten. Horrela selekzio artifizial bat egin dute, intsektu-arraza sendagoak sortu dira eta hauei ez diete kalterik egiten. Bestalde, intsektizidak uretara pasatu dira eta horrela urak satsutu dituzte.

-Petrolioak. Petrolioak itsasoen satsuduran nagusi agertzen da sarri. Ura baino dentsitate baxuagoa duenez, ez da urperatzen, hots, ur azalean gelditzen da. Horrela, oso biskotsua izanik, kapa mehe baina zabal bat sortzen du ur eta airearen artean, oxigenoaren pasaketa galeraziz. Planktona hilez, beronekin loturik dauden arrain eta hegaztiei kalte izugarriak sortzen dizkie. Honela sorturiko marea beltzak, itsasoan beldurgarriak badira, are beldurgarriago gertatzen dira kostaldean gertatzean, hondartzak, arrain haztegiak eta beste hondatuz eta arrantzaleei eta kostaldeko gainontzeko herritarrei kalte izugarriak ekarriz.

-Detergenteak. Etxeetan gero eta gehiago erabiltzen diren detergenteak uretara pasatzen dira azken batez. Bestalde, detergenteak uretan ematen dituzten azken elementuak oso kaltegarriak gerta daitezke.

Detergenteetatik hitz egiten ari garela, satsugai kimikoen biodegradagarritasunaz hitz egitea komeni da. Oso garrantzizkoa da, satsugaien izaera iraunkorra edo ez-iraunkorra.

Satsugai batzu iraunkorrak dira, hau da, uretan egon arren, ez dira aldatzen ez desegiten. Solidoak badira, horretan diraute, eta likidoak badira, diluitu egiten dira, baina beti han geratzen dira. Horrek problemak sortzen ditu, zenbait plastikorekin gertatzen den bezala.

Beste satsugai batzu ez dira iraunkorrak; aitzitik, aldatuz doaz uretan, degradatu egiten dira. Degradatze bidean satsugaiak aldakuntza fisiko edo biologikoak pairatzen ditu; horregatik oso garrantzizkoa da, satsugaiak nola degradatzen diren jakitea zeren eta pauso horietan pozoinak edo gai kaltegarriak sor baitaitezke. Bestalde, degradatze prozesuan, bizidun degradatzaile batzuk eragin handia dute, zenbait hidrokarburo eta gai organiko ur eta CO₂ bihurtzera lagunduz. Horrelatan, bada, detergenteen kasuan biodegradagarriak direla esan ohi da, gero uretan desegin egiten baitira. Baina, hala ere, detergenteok oso kaltegarriak gertatzen dira —hau propagandan esan ez arren— zeren eta biodegradagarriak izan arren, degradatze prozesuan sortzen diren zenbait konposatu oso kaltegarri eta satsugarri baitira.

b) Bakteria patogenoak. Bakteria patogenoak askoz ere arriskugarriago gertatzen dira hibai eta aintziretan, itsasoetan baino. Hibai eta aintziretako urak erraz kutsatzen dira, eta gero, kutsaduraren kausaz, gaixotasun iturri bihurtzen dira. Itsasoan bakteriok ez dute horrenbeste kalterik egiten, eta hau, itsasoko ura oso gazia delako, eta bertan bakteri hiltzaile diren mikrobizidun batzu daudelako.

B.-2) Satsudura eta bizidunen jokabidea

Aurreko lerroetan ikusi dugunez, bizidunek jokabide aktiboa dute satsugaien degradapenean. Dena den, horretaz gainera, katea trofikoetan trinkotze prozesu batetan parte hartzen dute bizidunek. Bai satsugai kimiko eta bai bakteria gaixogarrizailleen kasuan, uretako bizidunen jokabidea oso berezia izaten da batzutan: trinkotu eta kontzentratu egiten dituzte pozoinak edo bakteriak, eta gero gizonak —edo beste animaliek— uretako emaitzak jatean, ondorio gogorrak pairatu behar ditu.

Horixe izan zen prezeski, Japoniako Minamata izeneko arrantzale herrian gertatu izan zena. Herri horretan badi bat dago eta bertara hibai baten urak heltzen dira. Hibaian gora, lantegi batek merkurio pixka bat jaurtikitzen zuen uretara; uretan merkurioaren portzentaia hain txikia izanik, satsudurari buruzko legeak agintzen zuen neurrietatik behera zegoen, eta lehen pauso batetan ez zen kaltegarri gertatzen. Baina, hibaian behera, uretako bizidunek trinkotu egiten zuten merkurioa eta, azkenean, badiako arrainak jatean, hango arrantzaleek dosi hilgarri batez hartzen zuten merkurioa —arrainean kontzentraturik—, eta hil egiten ziren.

Antzeko gauza bat gertatu zen duela bizpahiru urte Napoli-n (Italia) ere bakterio batzurekin. Muxil haztegiak ur kutsatuz inguratuturik zeuden. Muxilek gorde eta kontzentratu egiten zituzten bakterioak, eta, muxilak jatean —itxuraz ongi eta eder baitzeuden— izurria hedatu zen.

B.-3) Satsudur iturriak

Hainbat dira uren satsudur iturriak, baina denak ez aipatzearren, hiru multzotan banatuko ditugu: lantegiak, etxeak eta petroliuntziak.

-Lantegiak. Gai kimiko gehienak jaurtikitzen dituztenak dira (azi-
doak, metaleak,....), baina horietaz gain, zenbait aldaketa fisikoren sortzaileak ere badira. Jakina denez ura labeak errefrigeratzeko eta abarrerako erabiltzen da. Hauetan, pozoirik bota ez arren, temperatur aldaketak eta kolpeak jasan behar izaten dituzte mikrobizidunek eta horrela ere hil egiten dira. Gure Herrian, papertegiekin sortzen duten satsadura da gehien ikusten dena, haien kausaz hibai gehienetako bizitzea hilik baitago.

-Etxeak. Honetaz kontutan hartu behar dira,gizonak sortzen dituen hondakinak: gorotzak, garnua eta beste. Hauek problema gogorrak sortzateke sanitatearen aldetik kutsadura eta izurriaren sorburuak izan baitaitezke. Horregatik,hiri handietan ongi ebatzi behar den problema bat da. Bestalde, detergente eta beste substantzia batzue ere oso kontutan hartzekoak dira.

-Petroliuntziak.Urtero bizpahiru milioi tonelada petrolio geratzen dira itsasoan. Zergatik? Bi arrazoi nagusi dira: istripuak eta petroliuntzien garbiketa. "Torrey Canyon" izeneko petroliuntzia erdibitu zenetik,hainbat istripu gertatu izan dira petroliuntziekin, "Urkiola" izenekoarekin gertatu arte. Eta ba dakigu,horrelako istripu baten ondotik datozen marea beltzek,nolako kalteak egiten dituzten. Baina, istripuez gain, petrolio beste bide isilago batetatik ere ba doa itsasora; eta isilago izateagatik, ez pentsa arriskugarria ez denik, Urrunetik ekarritako petrolio portuan utzi ondoren, berriro ere petrolio bila joatean, 200.000 toneladatako petroliuntzi bakoitzak 300 tonelada petrolio jaurtikitzen ohi ditu itsasora, bere biltegiak garbitzeko aitzakiaz. Untziaren garbiketaren izenean, itsasoa zikintzen dute.

B.-4) Euskal Herriko uren satsudura

Nahiz eta ikastaro honetan horri buruzko beste gai bat dagoen, laburki bederen zenbait iruzkin egingen dugu hemen gai honi buruz. Jakina denez, papertegien kausaz lehen mailan,eta beste industria guztien kausaz gero, Bizkaia eta Gipuzkoako hibai gehienak erabat satsuturik daude. Diogun, adibidez,Ferrer eta Precedo jaunen arauera urtero 5.000 tonelada azido sulfuriko jaurtikitzen direla guttienez bi probintzietan. Gainera, azido hori 10 entrepesatatik dator gehienbat.

Bilbo Haundian, bestalde problema gogorrak daude alkantari-
len eta superportuaren kontura. Batetik jadanik mareen kontura Bilbo-
ko Hibaizabalen gora Peñaraino mareak daude eta hauekin batera ur ku-
tsatua berriro sartzen da barrura. Kontutan har ezen, batezbeste, ma-
rea bakoitzarekin 15 milioi metro kubiko ur sartzen direla.

Bestalde, alkantarilen kolektore nagusia superportuko eremu
barruan sartzen delarik, are zailago gertatuko da uren garbiketa. Gai-
nera, superportuko en eraikuntzak berak zailagotu egiten du arazoa, ber-
tara etorriko diren untziek are gehiago satsutuko baitute.

C) BERO SATSUDURA

Zenbait lantegitan, labeak errefrigeratzeko hibai edo itsasoetako ura hartzen da. Honela ur hori beroturik itzultzen da, eta modu honetan beroaren satsudura sortzen da uretan. Bero satsudura, ur korronte naturalak artifiziaalki berotzean datza. Inork pentsa dezake, ezen ura berotzean zikintzen ez denez, ez dela kalte berezirik egiten, baina, ikusiko dugunez, berotzearen kausaz ondorio arriskugarriak sor daitezke.

Gaur egunean problema honen sortzailerik garrantzikoena, elektrizitatea lortzeko egiten diren zentrale termikoak dira, bai erreagai arrunta (ikatz, fuelolia) erabiltzen dutenak eta bai erreagai nuklearra erabiltzen dutenak. Batez ere, azken hauk.

Zentrale termikoetan, erregaia erabiliz askatu egiten da bero kantitate handia, eta ziklo termodinamiko batez, bero hori probetxatu egiten da lehenik lan mekanikoa bihurtuz, eta gero, berau elektrizitate bihurtuz. Ziklo termodinamiko horretan, "iturri hotz" bat behar da, eta gehienetan, iturri hotz gisa, itsasoa, hibai edo aintziraren bat aukeratzen da. Bertatik ur hotza hartzen da; eta ura zentraletik iragatean, ur ^{hori} berotu egiten da.

Orain arte, bero satsudurak ez du garrantzi handiegirik ukan, ez baitzegoen zentrale termiko gehiegirik. Baina, egun, zentrale hidroelektriko berriak egitea geroago eta zailago denez, eta bestalde, geroago eta energia gehiago behar denez, egiten diren zentrale gehienak termikoak dira. Hauetan guztietan, energiaren alferrik galtze maila oso handia da. Honela zentrale termiko arruntetan, askatzen den beroaren 60% jaurtikitzen da iturri hotzeko uretara. Zentrale nuklearren kasuan, arazoa are larriagoa da, 70% a galtzen baita. Zentraleok tamainttikitakoak balira, ez lukete problema gogorrik sortuko, baina kontututan hartu behar da, zentrale nuklearren tamaina izugarria dela. Gaur egun, 1000 MW-takoa ohi da zentrale komertzialen talde bakoitzaren potentzia elektrikoa, eta zentrale batzutan bi edo lau talde daudela jakin behar da. Honek esan nahi du, 2000 MW-etako zentrale batetan 4.600 megawatt inguru alferrik galtzen direla, eta itsasoko urak berotzeko erabiltzen direla. Horrelako zentrale bat errefrigeratzeko

behar den ur kantitateaz konturatzeko, diogun ezen 2000 MW-etako zentrale batek egun bakoitzean 10 °C-tan bero dezakeela, Bilboko itsasadarrean marea bakoitzarekin sartzen den bezainbeste ur.

Ikusia dugu, beraz, zein den bero satsuduraren jatorria. Baina, zeintzu dira beroak sor ditzakeen problemak? Bi multzotan banatuko ditugu: 1.- Mundu mailako problemak 2.- Maila lokaleko problemak.

C.-1) Mundu mailako problemak

Energiaren sorreraren premia mundu guztian zehar sentitzen delarik, mundu guztian zehar daude hedaturik bero satsudura sortzen duten zentraleak. Horregatik, mundu mailan eragin sor daiteke klimaren erregulatzean eta ozeanoen dinamikan.

-Klimaren aldakuntzak. Uretako tenperaturaren aldaketak gehitu egiten du uraren baporaketa eta, horrela, hodeien sortzearen mekanismoa asaldatzen da. Hodeitasunean gerta daitezkeen aldaketek, Lurraren isladatze gaitasuna alda erazten dute eta honek aldaketak sor ditzake tenperatura atmosferikoan eta, azken batez, kliman. Sistema atmosferikoa oso delikatua da bere ajusteetan eta horregatik, zenbait toki konkretutan egin daitezkeen aldaketek, ondorio gogorrak izan ditzakete.

-Itsas korronteen dinamika eta bero satsudura. Itsasoko uren dinamika bi faktore nagusiren menpean aurkitzen da: uren salinitatea eta uren tenperatura. Hauen eraginaren konbinaketaz sortzen dira itsas korronteak, sakoneko urak azalera igoteko korronteak eta beste. Hori-ekin batera elikadurak garraiatu egiten dira, populazio planktonikoak nahastu eta hedatu egiten dira, eta oxigenoaren solugarritasuna kondizionatu egiten da.

Edozein modutan, ez ditugu ongi ezagutzen kliman eta ozeanoen dinamikan bero satsudurak sor ditzakeen ondorio zehatzak, eta horregatik, adi egon behar dugu prozesu irrebertsiblerik gerta ez dadin.

C.-2) Maila lokaleko problema

Aurreko puntuan ikusi dugunez, mundu mailan sor daitezkeen ondorioetaz ez daude gauzak lar argi. Baina maila lokalean argi ikusten da zeintzu izan daitezkeen eta zeintzu diren bero satsudurak sortzen dituen problemak:

-Erreakzio kimikoen abiaduraren aldaketa. Prezeski, abiadura hori bizkortu, azeleratu egiten da tenperaturaren altxaketarekin eta horrek ondorioak ditu animalien —kasu honetan, arrainen— hazkunderan. Gainera ez da modu berean azeleratzen organismo desberdinen hazkunderaren abiadura. Birsortzeko ahalmena masan hazteko baino gehiago bizkortzen da eta horrela tamaina ttikiagoa izanen dute. Eta ondorenen kopurua sortzaileen tamainaren arauerakoa denez, ur berotako organismoek produktibitate ttikiagoa ukanen dute.

-Tenperatura eta pozoinak. Uraren tenperaturaren altxaketarekin, pozoinen aurreko suszeptibilitatea gehitu egiten da, eta organismoak afektatuago geratzen dira. Honetaz, kontutan eduki behar da, satsuduraren kausaz gero eta pozoin gehiago daudela uretan.

-Oxigenoaren galpena. Uren tenperatura igotean, urak oxigenoa disolbaturik gordetzeko duen gaitasuna ttikitu egiten da. Uretako bizidunen bizitz erritmoa, berriz, handitu egiten da, beraien metabolismoa bizkortu egiten baita. Oxigeno gehiago behar eta gutiago egon. Hemen sortzen da lehen problema. Gainera problema hau gaizki-agotu egiten da bakterio deskonposatzaileen faltaz, oxigenoa kontsumatzen duten hondakinen gorakadaz. Gainera, itsasoko bakteriek oso gogorki pairatzen dituzte tenperatur aldaketak.

-Itsasoko faunaren aldaketa. Arrainak denbora guztian higitzen ari dira elikapen bila. Baina higidura hori oso loturik dago uren tenperaturarekin. Populazio subespezifikoko batzu oso tenperatura konkretutan bizi dira soilik (hiru gradu gorabehera). Bestalde, planktona eta algak dira lehen mailako elikadurak eta hauek ur beroetan aldakuntza kaltegarriak pairatzen dituzte. Orohar, itsasalde hotzetan beroetan baino plankton aberatsago dago. Honetaz, Bizkaiko Golkoko urak biogeografikoki "hegoaldekoago" dira Kantauri itsasoko beste urak baino.

Algei buruz ere berdintsu esan daiteke. Tenperaturaren goraketak gehiago bizkortzen du arnasketa, fotosintesi prozesua baino. Bestalde, alga arruntan ordez alga zianofizeoen hazkundera laguntzen da eta hauek ez dira haiek bezain egokiak itsasoen produktibitateari begira. Eta gainera, alga hauek biomasa handia aitzina dezakete, ez baitira janak gertatzen, beste gauza batzuren artean berorien deskonposaketan sarri gai toxikoak sortzen baitira.

-Espezien banaketa geografikoa eta temperatura. Temperatura da espezien banaketa geografikoa erregulatzen duen faktorea. Horrela, bero satsudura dagoen lekuetan, espezien aldaketa bat gertatzen dateke, eta itsasalde hori inguruetakoko faunaz deskonektaturik geratzen da. Honek espezien kopuruaren beherakada dakar eta horrela ekosistemaren estabilitatea ere beheratu egiten da, zeren eta dibertsitatea estabilitatearen garantia baita. Ekosistema horik guztiok osoturik dago. Flora eta faunaren artean elikadur kateak daude, eta espezie batzu besteren elikadura dira. Espezie guztiak batera daude ekilibrioan, eta horietako baten galpenak sistema osoa asaldatzen du, ekilibrioa aldatuz. Denbora pasatuz, behar bada berriro lortuko da ekilibrioa, baina segur asko ekosistema berria oso desberdina izanen dateke. Ekologiaren problema zera da, ezin dituela aldakuntza horik aurrikusi.

-Indirektuki sortzen den satsudura kimikoa. Zentraleen inguruko uretan espezie bereziak hazten dira eta, ikusi denez, deskarga hodiak hertsiki egiten dituzte. Uraren zirkulapenean arazo larririk ez pairatzeko, hipokloritoak eta lixibak erabiltzen dira, bizi-dun horien egintza galerazteko. Orain, ozonoa ere erabiltzen da, hau oso oxidantea izanik. Dena den, edozein kasutan arazo bat konpontzeko satsudura kimikoa sortzen da.

Teknikoki ikusiz, horik dira zuzenki ikusten diren ondorioak. Hala ere, bero satsuduraren ondorioak, beste satsudur moetarenak bezala, soziologikoki ere aztertu behar dira. Kasu honetan, gainera, argi dago ezen maila lokalean arrantzan eragin handia ukan dezakeela bero satsudurak, zeren eta arrainen higidurak, espezien banaketa geografikoa, itsasoko faunaren aldaketa eta abar asaldatzen baditu, arrantza-sistemak erabat ukituak gera baitaitezke.

D.-) SATSUDURA ERRADIOAKTIBOA

Ezer baino lehenago, erradioaktibitatea zer den azalduko dugu laburki. Dakigunez, atomoek bi parte nagusi dituzte: nukleoa eta elektroaiak. Atomo batzuren nukleoak iraunkorrek dira, hau da, beti irauten dute modu berean. Baina beste nukleo batzuk, eziraunkorrek izanik, izpi berezi batzu jaurtikitzen dituzte beren iraunkortasuna lortzeko. Izpi hauk abiadura handiz irteten dira, hots, energia handiz, eta, horregatik, gero ondorio batzu sortuko dituzte materiarekin topo egitean.

Nukleo eziraunkorretatik berez irteten diren izpi horik, izpi erradioaktiboak dira. Prozesu erradioaktiboa estatistikoki aztertu behar den zerbait da. Horrela, ikusten da ezen gorputz erradioaktiboen aktibitatea moteldu egiten dela denborarekin. Moteltze horren bizkortasuna neurtzen duen magnitudea erdi-bizitza da. Erdibizitza gorputz erradioaktiboaren aktibitatea erdira jaisteko eragaten den denbora da. Erradioisotopo bakoitzaren ezagugarri konstantea da.

Moeta desberdinetako izpi erradioaktiboak daude. Ezagunekak ondoko laurak dira:

-Alfa(α) izpiak: Helio nukleoak dira. Masa handia eta elektrokarga positiboa. Materia barnean ibilbide laburra dute.

-Beta (β) izpiak: Elektroaiak dira, nukleotik jaurkitzen diren elektroaiak (eta ez azal elektronikotik). Masa txikia eta elektrokarga negatiboa. Materiaren barnean α izpiek baino ibilbide luzeagoa dute, baina edozein modutan ez luzeegia.

-Gamma (γ) izpiak: Energia handiko izpi elektromagnetikoak dira. Beraz ez dute elektrokargarik eta ez masarik ere pausagunean. Hauek sakonera luzetan trabertsatzen dute materia.

-Neutroiak. Elektrikoki neutroak direlarik, ibilbide luzeak dituzte. Hauek hidrogeno atomoekin topo egitean egiten dute efekturik handiena, topaketen bidez materia ionizatuz.

D.-1) Erradioaktibitateak materian sortzen dituen ondorioak.

Abiadura handiz higitzen diren izpiez osoturik dagoenez, bistakoa da, materia trabertsatzean nolabaiteko ondorioak sortuko dituela. Ondorio hauk bi multzotan bilduko ditugu: edozein materia trabertsatzean sortzen diren ondorioak alde batetik, eta materia bizia trabertsatzean sortzen dituztenak bestetik.

-Materia hila. Erreakzio nuklear desberdinak sor daitezkeen arren, laburki esanik, azken ondorioa materiaren ionitzatzea dela esan dezakegu. Metaleen kasuan, bestalde, sare kristalinoetan defektuak sor ditzake, dislokazioak sortuz eta metaleen hauskortasuna sortuz.

-Materia bizia. Dena den, prozesu erradioaktiboa satsuduraren ikuspegitik aztertzen ari garenez, materia bizian duen eragina ezagutzea interesatzen zaigu. Zeintzu dira erradioaktibitateak dituen ondorio biologikoak eta, azken batez, ekologikoak?.

giza gorputzean, eta animalengan halaber, erradioakzioak kalte somatikoak sor ditzake. Kalte somatikoak erradioaktibitatea jasan duten pertsonak pairatzen dituztenak dira: eritasunak edo eta gorputzaren funtzionamenduaren aldaketak. Hasteko, esan dezagun, materia ionizatzean molekula organikoen funtzionamendua alde dezaketela, eta kasu batzutan, molekula horik luzeak direla, apurtu ere bai. Horrela, proteinak eta abar degradaturik gera daitezke, edo apurturik ere. Beste batzutan elementu erradioaktiboak zelulak osatzeko erabil daitezke, eta orduan kaltegarriago dira, erradioaktibitate iturri iraunkorra bilakatzen baitira, eta etengabe kalte egiten geratzen baitira. Hauxe da, prezeski, iodo erradioaktiboarekin gertatzen dena. Iodo guztia, erradioaktiboa zein iraunkorra, tiroidean kontzentratzen eta pilatzen da, kimikoki isotopo guztiak berdina baitira. Iodo erradioaktiboak, tiroidean finkatzean, erradiazioen bidez guruin horren funtzionamendua alda dezake. Hauxe izan zen, Bikini atolonean gertatu zena. Leherketa atomiko esperimental bat egin zen, eta haize aldaketa ezusteko batek Marshall irletarantz eramane zituen hondakin erradioaktiboak. 1968. urtean, leherketa nuklearra gertatzean 10 urte baino guttiago zi-

r n haurren arteko 85%-ek anormaltasun tiroideoak zituzten, asko kantzerdunak gainera.

Antzera gertatzen da estrontzio 90 isotopoarekin ere. Hau kimikoki kaltzioaren antzerakoa izanik, hezurren osogarri izatera pasa daiteke, eta hezurretan dagoela etengabe sortzen ditu erradiazioak. Bestalde honen erdi-bizitza oso luzea da (28 urte ia) eta horrek esan nahi du denbora luzean eraginen duela. Estrontzio honen eraginez, globuluxka gorrien beherapena gerta daiteke (anemia) eta odolaren koagulapen prozesua ere alda daiteke.

Kalte somatikoez gain, kalte genetikoak ere sor daitezke. Arazoa, heredentzia daramaten geneak apurtzean sortzen da. Izpi erradioaktiboek apur egin dezakete genea osotzen duten DNA molekula, edo eta bestela klabe genetikoa alda. Horrela, mutaketak gertatzen dira, hau da, heredentziarako karaktere berriak agertzen dira, eta mutaketa hauen ondorioak ez dira soilik irradiatu den izakiarengan geratuko. Aldiz, bere ondorengoengana pasatuko eta hedatuko dira, honek ekar ditzakeen kalte eta anormaltasun guztiekin.

Izatez, eta zergatik den ez dakigula, mutaketa batzu espontaneoki gertatzen dira. Honela, fruituen euliaren kasuan —*Drosophila melanogaster*— 1000 euliko bik mutaketa espontaneoak dituzte X kromosoman. Baina espermatozoideak 3.000 r ntgenez 10 minutuz irradiatuz, mutaketen kopurua 100-era igoten da, hots, 50 aldiz gehiago. Euli horren bizitza 15 egunetakoa delarik, irradiapen denboran mutaketak 100.000 aldiz bizkorrago gertatzen direla esan dezakegu.

Arratoien artean eginiko esperimentuen bidez ikusi denez, irradiapen artifizialen kausezko mutaketak lehengo euliaren kasuan baino 10 aldiz ugariago direla esan daiteke. Giza gorputzaren kasuan 25 r ntgen bakoitzeko mutaketa bat gertatzen dela ikusi izan da.

Kalte genetikoei buruz erradioaktibitatearen ondorioak akumulatu egiten direla esan behar da. Eta kalte somatikoetaz, gorputzaren atal guztiek ez dutela modu berean erradioaktibitatea jasaten. Bestalde, irradiapen maila handia ez bada, ez dugu ezer

sentitzen erradioaktibitatea jasaten ari garen bitartean, X izpiak erradiografia egiten ari garelarik ezer sentitzen ez dugun bezala. Eta hori da erradioaktibitateak duen beste arrisku bat, guk sentitu gabe kalte egin diezagukela halegia.

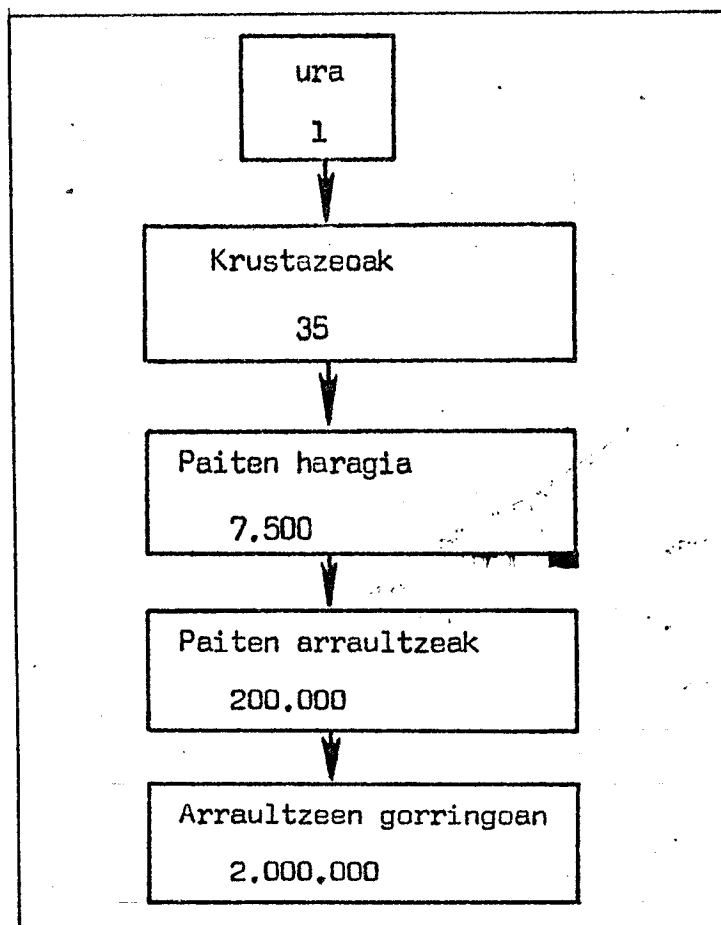
D.-3) Erradioaktibitatea eta ziklo biologikoak

Erradioaktibitateak bizidunen gorputzaren kanpoaldetik edo eta barnealdetik eragin dezake. Baina nola sartzen da gizonen edo animalien gorputzean? Batzutan zuzenki arnasten dugun airearekin edo eta edaten dugun urarekin. Dena den, kasu hauetan isotopo erradioaktiboak kontzentratzen ^{etikia} ohi da. Aldiz, elementu horiek kate biologikoetan sartzen, kontzentratzen askoz ere handiagoa bihurtzen da.

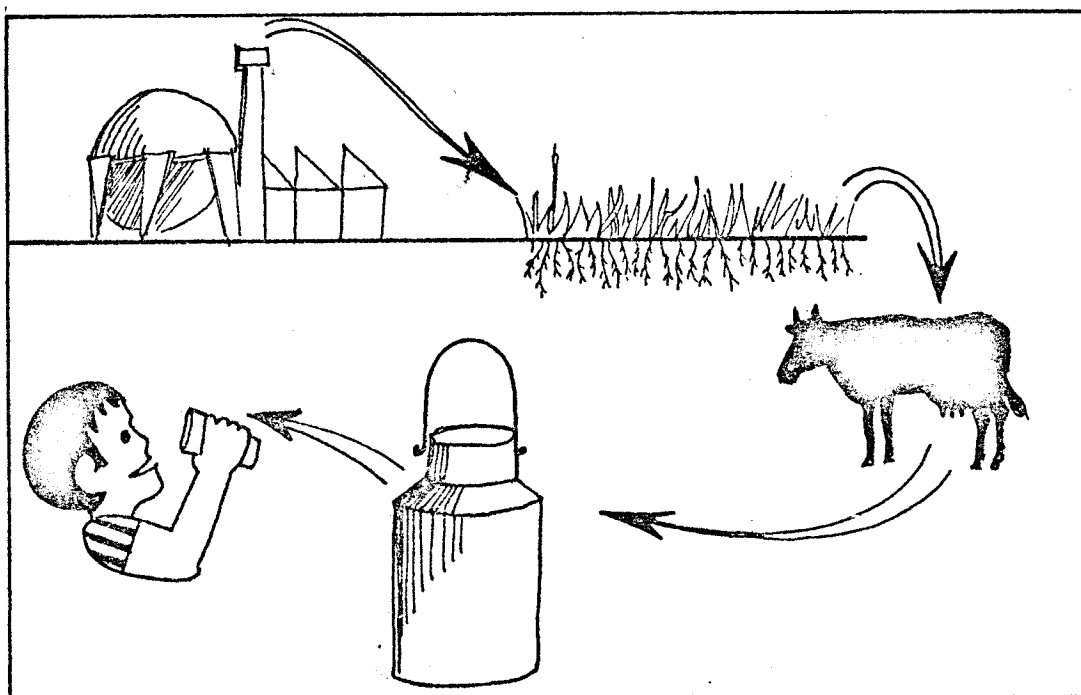
Has gaitezen uretan disolbaturik dauden gaiekin. Uraren satsuraren kasuan, bizidunen jokabidea aztertu dugu: elementu batzu asko trinkotzen dituzte. Gauza berbera gertatzen da hondakin erradioaktiboekin. Honela Sr 90 delakoa molusku eta krustazeoen oskolean finkatzen da. Eta bizitze luzea duenez, pilatu egiten da. Arriskugarriago da ordea Zn 65 eta Co 60 isotopoekin gertatzen dena, hauk animalia horien parte jangarrietan finkatzen baitira.

Kontzentratze prozesu horien neurriaren ideia bat edukitzeko, zenbait datu emanen ditugu. Oak Ridge-ko zentralen inguruko uretako planktona, dagoeneko ura baino 10.000 aldiz erradioaktiboago da. Handford zentralaren alboan pasatzen den Columbia hibaiko arrainek, urak baino 140 zink erradioaktibo gehiago dute eta 2.200 Cesio erradioaktibo gehiago.

Alboko koadroan Columbia hibaiko bizidunengan fosforoaren kontzentratzearen biderketa ikusten da, erreferentzia gisa uretan dagoena 1 baititzen hartuz.



Airera doazen hondakin erradioaktiboetan bi multzo egiten ditugu. Alde batetik tritioa bezalako gas arinak ditugu. Hauk goratz doaz. Bestetik, poliki poliki lurrean depositatzen diren beste elementu batzu daude. Hauen artean Sr 90, Cs 137 eta I 131 dira garrantzizkoen eta arriskugarrienak. Ikuz dezagun tritioaren prozesua zein den.



Honela I 131 gero edateko den esnetara pasatzen da: goitik lurrera, lurrean uraren bidez filtratu, sustraiek xurgatu, belarrera pasatu, behiak belarra jan, esnetara pasatu eta haurrak edan. Ez da harritzekoa, beraz, zentrale batetan istripu bat gertatzean inguruko abeldagietako esnearen salpena debekatzea.

Estrontzioarekin berdintsu gertatzen da, hau ere esnetara iragaten baita. Cesioa, ordea, haragian trinkotzen da.

D.-4) Erradioaktibitatearen iturriak

Erradioaktibitateak ondorio kaltegarriak ukan ditzakeela kontutan hartuz, oso garrantzizkoa da nondik datorren jakitea, modu honetan kontrolatu ahal izateko. Bi multzonagusitan sailkatuko ditugu erradioaktibitatearen iturriak: naturalak eta artifizialak. Lehenak nahitaez gertatzen dira, baina bigarren moetakoak gizonaren eraginaren kausaz sortzen dira eta, beraz, nolabait kontrolatu egin behar ditugu.

a) Erradioaktibitate naturala. Jaio garenetik gure gorputza erradiazioen menpean dago. Erradiazio horiek jatorri desberdinak dituzte:

-Erradioaktibitate kosmikoa. Gure Galaxiatik eta Eguzkitik batez ere, izpi erradioaktibo asko heltzen dira. Atmosferak nolabait babestu egiten gaitu nolabait, baina hala ere parte bat gureganaino heltzen da. Itsasoaren mailan batezbeste hartzen den dosisa 30 milirem urteko da. Dena den dosis honek gorabehera handiak ukan ditzake. Garaierarekin handiagoa da, atmosferaren babesa txikiagoa izanik. Eta honela, hegazkinez Parisetik New York-era joanik 2,5 milirem gehiago edo hartzen dira. Kontutan eduki behar da ezen hegazkin supertsonikoak 20.000 metrotako garaieran ibiltzen direla.

-Lurreko haitzen erradioaktibitatea. Haitzetan zenbait elementu erradioaktibo egon daitezke. Ugarietak, uranioa, torioa eta potasio 40a dira. Berauen kontzentrapena asko aldatzen da lur batzutatik bestetara. Lur bolkanikoak eta granitikoak dira erradioaktibitate gehien dutenak. Denetara, batezbesteko balorea, urteko 50 milirem ingurukoa da.

-Gorputz barneko erradioaktibitatea. Batez ere, airea arnas-
tean, edariak edatean eta janariak jatean sartzen zaigu erra-
dioaktibitatea. Hemen ere gehien agertzen den erradioisotopoa
K-40 da, Batezbesteko dosia 20 milirem urteko da.

b) Erradioaktibitate artifiziala. Azken urteotan zenbait teknika
berri asmatu eta aitzinatu dira izpiak sortzeko edo materiale e-
rradioaktiboak erabiltzeko eta probetxatzeko. Ikus dezagun zein-
tzu diren iturri garrantzizkoenak.

-Medikuntza eta izpiak. Medikuntzan, zenbait gaixotasunen sen-
daketan, X eta γ izpiak erabiltzen dira. Bestalde, zenbait e-
rradiosotopo markatzaile gisa erabiltzen dira, erradiografia
bereziak ateratzeko. Populazioak batezbeste hartzen duen do-
sisa 35 milirem urteko-koa da. Medikuek zer esanik ez, pre-
kauzio bereziak hartu behar dituzte.

-Bizitze arrunteko irradiazioak. Etxeko zenbait aparailu iz-
piak bidatzen dituzte. Hauen artean telebista eta erloju fos-
forezenteak ditugu. Denetara, urteko 3 mrem jasaten ditugu.

-Zentrale nuklearrak. Zentrale nuklearrek, berez, erradioi-
sotopoen kantitate izugarriak dituzte beren barnean alboko
taulan ikus daitekeenez.

1000 MW-ETAKO ZENTRALETAN IRAUNKORKI DAUDEN
ISOTOPO ERRADIOAKTIBOEN KOPURUA

Isotopoa	Periodoa	Kopurua (Curie-tan)
Iodo - 131	88 egun	$7,2 \times 10^7$
Iodo - 133	20 ordu	$1,0 \times 10^8$
Estrontzio - 90	28 urte	$5,2 \times 10^6$
Estrontzio - 89	53 egun	$7,2 \times 10^7$
Cesio - 137	30 urte	$6,6 \times 10^6$
Xenon - 133	5 egun	$1,4 \times 10^8$
Kripton - 85	11 urte	$6,0 \times 10^5$
Kripton - 85m	4 ordu	$1,7 \times 10^7$
Fisio produktuen kopurua		$1,2 \times 10^{10}$
Aktinidoen kopurua		$3,1 \times 10^9$

E.-) ZARATA SATSUDURA

Satsudur moeten laburpen honekin bukatzeko, ezin dugu ^{utzi} aipatu gabe, gure egunotako zibilizazioan gero eta eragin handiagoa duen satsudur moeta bat: zarataren satsudura. Ezin esan daiteke zaratak ezer "zikintzen" duenik, ikusten ez den fenomeno bat baita. Baina bizidunengan eragin handia ukan dezakeenez, eta artifizialki ere sortzen denez, kontutan hartzekoa da.

E.-1) Zarata gertakari fisiko gisa. Izatez, zarata izenarekin soinua adierazten da edo, zehazkiago esanik, soinu ezatsegina. Eta soinua den aldetik, fenomeno fisikoa. Espazioko puntu batetan —zarata iturriak— bibrapen bat gertatzen da, eta bibrapen hori espazioan zehar hedatzen da, uhin gisa. Gehienetan espazio hori airea da, baina beste materialeetan ere gertatzen da soinuaren hedapena, batzutan ongi eta bestetan gaizki (isolatzaileetan). Azken batez, iturrian bibrapen energia bat askatzen da, eta energia hau hedatu egiten da inguruetan. Soinu-uhina gure belarrietako tinpano mintzera heltzean, bibraerazi egiten du eta entzumen prozesua hasten da. Prozesu honetan kirioek eta zerebroak garrantzi handia dute, gero zaraten ondoriotan ikusiko dugunez.

Gertakari fisikoa denez, neurgailu egokiak erabiliz ^aerrazki neur daiteke zaraten intentsitatea. Zaraten intentsitatea, bibrapen energia da; eta erraz froga daitekeenez, iturritiko distantziaren koardatuaren arauera moteltzen da. Gehiago sartuko ez bagara ere, diogun, intentsitate hori erosoago adierazteko, kalkuluetan unitate berezia erabiltzen dela: dezibela (dB).

Dezibela, izatez, kantitate erlatibo bat da. Zarata baten intentsitatea erreferentziazko zarata batenarekin konparatzen da:

$$10 \log \frac{I}{I_0}$$

I: zarataren intentsitatea

I₀: erreferentziazko intentsitate maila

I₀ erreferentzia maila 0,0002 mikrobaretako (μbar) zarata presioari dagokio.

Hitzarmenez, erreferentzia horri zero dezibeleko zarata maila dagokio. Zarata hau gela guztiz isolatu batetan belarri oso fina

duen pertsona batek senti dezake.

Formularen arauera 10 aldiz zarata intentsitate handiagoa

$10 \log 10 = 10 \text{ dB}$ izanen ditu

100 Io intentsitateko zaratak, aldiz:

$$10 \log 100 = 10 \times 2 = 20 \text{ dB}$$

Eta generalean, 10^n Io intentsitateko zaratak

$$10 \log 10^n = n \times 10$$

120 - 130 dB₂gora, zaratak min handia egin dezake eta tinpano mintza apurtu ere.

E.-2) Zaraten ondorioak bizidunengan.

Gizonari dagokionez bi eratako ondorio kaltegarriak sor ditzakete zaratek. Alde batetik kalte fisikoak, eta bestetik, kalte psikikoak.

a) Kalte fisikoak. Kalte fisiko posibleen zerrenda bat aipatuko dut. Alde batetik, une bateko zarata bortitzegiak tinpano mintza apur dezake. Denok dakigunez, soldadutzan, lehergailuekin edo kainoiekin aprobak egitean, ahoa zabalik edukitzea gomendatzen da, zeren, eta ahoa eta belarria Eustakioren tronpen bidez komunikaturik daudenez, horrela tinpano mintzaren alde bietan presio berdintsua gorde nahi baita, leherketaren presioz tinpanoa apur ez dadin.

Horretaz gainera, zaraten kausaz belarri burrunbadak gerta daitezke. Eta zarata handiko tokitan lan egiten duten pertsonak gorraldiak ukaten dituzte, eta denborarekin gortasun progresiboa. Kasu batzutan gortasun osora ere heltzen da.

b) Kalte psikikoak. Lehenago esan dugunez, entzumen prozesuan nerbioek aparteko garrantzia dute, berak baitira seinaleak zerebrora eramateko bideak. Eta azkenean zerebroak interpretatu behar ditu seinaleak. Hauek ezatseginegiak badira, zerebroa eta nerbio sistema behar dena baino gehiago kitzikatzen da eta alterazio psikikoak agertzen dira.

Kitzikapenaren kausaz egonezin psikikoa sortzen da; eta horrela zaraten kausaz neurosiak ager daiteke. Bestalde agresibitatea eta haserrekortasuna asko areagotzen da.

Alterazio psikikoen ondorioz zenbait alterazio fisiko ere gertatzen dira. Zaratak sorturiko tentsioaren kausaz, zenbait gu-ruinen funtzionamendua aldatu eta moteldu egiten da. Gehien sufritzen dutenak urdaileko guruinak dira. Horrela, azkenean, zaraten kausaz urdaileko eritasunak sortzen dira.

Dena den zaraten ondorioen mailak faktore askoren dependen-
tzia du. Alde batetik, pertsonen adinak garrantzi andia du. Berrogei urtez gora zaraten kausaz sorturiko problemak konpondu ezinezkoak ohi dira. SexuaK ere ba du zerikusirik: Emakumezkoek gizonezkoek baino sentsibilitate finagoa dute. Zarata moetak ere garrantzia du. Monotonoa denean, denborarekin entzumena ohitu egiten da eta nerbioak erlaxatu. Horrela, filtro antzerako bat bagenu bezala, konturatu ere ez gara egiten zaratarik dagoenik. Alderantziz, zaratarik txarrenak bat-batean gerta-
tzen direnak dira, kirio sistema prestatu gabe harrapatzen baitute.

Orain arte esandakoak, pertsonen buruzkoak izan dira nagu-siki. Baina animaliak eta landareak ere, bizidunak izanki, antzerako efektuak pairatzen dituzte zaraten kausaz: Bai fisikoak eta bai psi-
kikoak ere. Horrela, kuiekin egindako esperimenduetan ikusidenez, 110 edo 120 dB-etako zarata artean egonez gero bi edo hiru ordugarrenean konpor-
tamolde arraroak dituzte: kuiak burrukatzen hasten dira elkarren kontra, zoroak bailiren.

E.-3) Zarata iturriak.

Gure eguneroko bizitzean, nonnahi ditugu zarata iturriak. Etxetik hasita, zarata sortzen duten hainbat aparailu baititugu. Hoz-
kailua, ikuztailua, telebista, irratia,.... zenbat haserre ez ote den sortzen, ordu desegokietan horrelako aparailu batez zarata handiegia ateratzen delako!

Gero, hor ditugu lantegiak. Batetik, bertan lan egiten duten langileek zarata izugarria jasan behar izaten dute, eta bestetik lan-
tegi inguruetan ere neurritz kanpoko zarata egoten da.

Hirietako kaleetan zarata maila handia ohi da. Autoak, autobusak
,... presiogailuak eta abar.

Baina zaratarik bortitzenak hegazkinek lurraltzean eta lurrur-
tean sortzen dituztenak dira. horrela aireportu inguruetan problemak

izaten dira zaratarekin. Zarata desberdinen maila konparatiboki ikus-
teko, hurrengo koadro hau jarriko dugu.

Ohizko zarata mailak

Zarata iturritik bitarte batera.	Dezibelak	Giroei dagokienez.
50 Z.P.ko sirena 30 metrotara.	140	Taberna batetan (gehienez).
	130	
Prentsa hidraulikoa (metro ba- tera)	120	Submarino baten motor-gelan. Reakziozko motorren entse- gugela batetan.
Mailu neumatikoa (metro t'erdi- ra)	110	Denda haundi batetan. DC-6 hegazkin baten barnean.
Autoaren klaxona (metro bate- ra)	100	Geltoki haundi batetako itxa- dongelan. Metro barnean.
Trenaren txistua (150 metrotara)	90	Autobus baten barnean. Auto itxi baten barnean hiri- ko trafikoan.
Kamiol ttipiak (10 metrotara) Autoak (3 metrotara)	80	Idazteko makinak dituen bule- goan. Trafiko haundia (10 edo 20 metrotara).
Hizketa hotsa (metro batera)	70	Bataz besteko trafikoa (30 metrotara). Bulego publikoa. Industri ingurua.
1.500 KVA eta 115 KV.ko tran- formadorea (60 metrotara)	60	
	50	Bulego pribatua. Trafiko ttipia (30 metrora). Bataz besteko bizilekua.
	40	Hiri haundi batetako maila beherena gauzez.
	30	Irrati estudioa (hizketan). Irrati estudioa (musika).
	20	Film estudioa.
	10	
Gizaki gaztearen entzumen maila beherena 1.000 Hz etik 4.000 Hz.era	0	

Irudi hau Elhuyar aldizkarietik harturik dago:

-SAGARNA, A. Soinuaren fisika, Elhuyar, 2. zenbakia, 1975.eko martxoa.

SATSUDUR EGOERA EUSKAL HERRIAN

Euskal Herrian garrantzi handia du satsuduraren arazoak, Eguratsa satsuturik dago, Bizkaiko eta Gipuzkoako eskualde industrialetan batez ere, eta Bilbo inguruan nagusiki. Urak satsuturik eta kutsaturik daude; kasu honetan ere, Bizkaiko eta Gipuzkoako hibaiek ikusirik, ez da horren dudarik geratuko. Itsasoa ere satsuturik dago; gure hondartzetara hainbat eta hainbat egur plastiko, alkitran eta bestelako zikinkeria moeta asko heltzen da. Hirietan zarata jas^angaitza dago. Eta abar.

Geroari begira, zer plangintza dago? Dirudienez, oraindik ere gehiago zikindu eta satsutu nahi da. Bestela, ikus zer gertatuko den azken urteotako proiektu hauekin. Batetik, zentrale nuklearrak eraikitze-ko proiektuak agertu dira, eta horietako bat ia bukatuturik dago. Honek satsudur moeten bilduma osotuko du, satsadura erradioaktiboa eta bero satsadura sortuz. Inguruan hainbat herriska eta herri dagoen arren, Sondikako aireportua zabaldu egin dute, Bilbo Handiaren hazkundera bertan baino ez dela posible kontutan hartu gabe. Gainera, aireportuko pisten parean Bilboko ospitale berria egiten ari dira. Nola konponduko dute zaraten problema? Nola uler horrelako jokabiderik eta planifikapen faltarik?

Gai honen azalpenean frogatu nahi ukan dudanez, satsuduraren arazoa problema teknikoa izateaz gain, problema ekologikoa da. Beraz, superbizimen problema bat. Eta gizonak konpondu egin beharko du arazo hau, segurki bizi nahi badu. Bestalde, Euskal Herriaren lurraldea ttikia eta oso populatua egonik, problema hau larriagoa da, eta ikusi dugunez, orain arte oso ardura ttikiz erabilia. Zer egin?

Lehenik informazio maila dugu. Informatu egin behar da jendea, zeren eta arazo hau ez baita soilik ekologoena, populazio osoarena baizik. Eta informatzeko, ongi ezgutu^a behar da; satsudur moeta desberdinak eta ziklo ekologikoetan duten eragina ongi ezgutu^a behar dira.

Gero, bigarren pauso batetan, neurriak —gure kasuan oso urgenteak izan beharko dute— hartu beharko dira. Lehen mailan, neurri teknikoak, satsadura garbitzeko. Eta bigarren mailan, eta epe luzetara begira, mentalitate aldaketa bat lortu beharko dugu, zeren eta guztiona den problema hau konpontzeko, guztion egintza koordinatu eta arrazionala erabili beharko baitugu, eta horrek zenbait arazo ekologikorekiko balore

eskala aldatzea eskatzen du.

Eskoletan ekologi baloreak erein eta landu egin beharko dira, eta satsadura kritikatzuz, beronen aurkako egintzak promozionatu beharko dira. Lantegietan, enpresa gizonen mentalitatea aldatu beharko da, eta horretarako, inoiz autogobernurik badugu, Natur Inguruaren Ministergoak neurri gogorrek hartu beharko ditu.

Euskal Herria oso degradaturik dagoen arren, oraindik ba dagoke salbabiderik. Baina neurriak zenbat eta lehenago hartu, hainbat eta errazagoa izanen da osabidea.

=GUZTIOK DUGU HITZA=