



Metalak eta bizidunak, harreman korapilatsua

Galarraga Aiestaran, Ana

Elhuyar Zientziaren Komunikazioa



K. WELLER/ARS

Thlaspi caerulescens landarea metal astunen kontzentrazio handia duten lurretan bakarrik hazten da.

Metal astunen definizio askotan aipatzen dute toxikoak direla eta uraren, airearen eta lurzorua poluitzaile potentzialak direla, baita kontzentrazio txikian ere. Dena dela, batzuetan bizidunentzat arriskutsuak izanagatik, denei ez die berdin eragiten, eta, hain juxtu, zenbait bizidunek metal astunekiko duten tolerantzia beste bizidun batzuen mesedetan erabil daiteke.

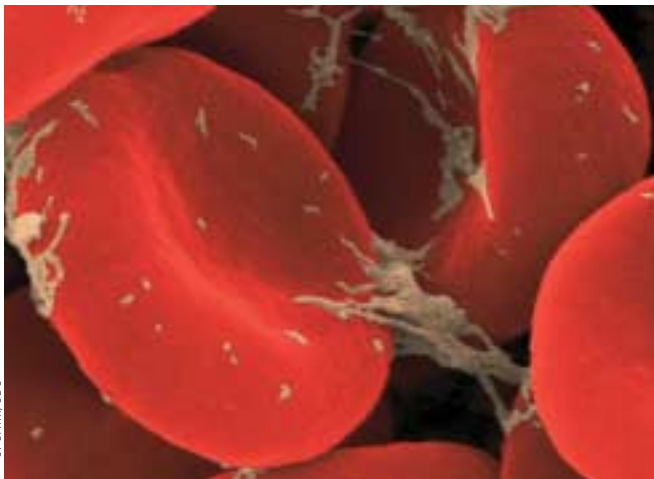
METALAK BIZIDUNEN PARTE DIRA, PARTE TXIKIA BESTE OSAGAI BATZUEKIN ALDERATUTA, baina garrantzitsua, askotariko funtzioak betetzen baitituzte. Giza gorputzean, kaltzioa da metal ugariena (gorputza osatzen duten atomo guztien % 0,23 kaltzio-atomoak dira); hezurren, ehun konjuntiboaren eta muskuluen osagaietako bat da, eta bestelako funtzioak ere baditu.

Beste metal batzuk, organismoan askoz ere proportzio txikiagoan egonagatik, kaltzioa bezain ezinbestekoak dira. Kobaltoa, kobrea, burdina, man-

ganesoa eta zinka, esaterako, mikroelementuak dira, hau da, giza gorputzak mineral horietatik behar duen kantitatea miligramoetan neurtzen da, eta organismoak ez badu gutxieneko kantitatea hartzen, osasun-arazoak azaltzen dira.

Burdina, adibidez, ezaguna da, anemia sortzen delako nahikoa hartu ezean. Hemoglobinarene osagaia da, eta baita energia-metabolismoan parte hartzen duten entzimena ere. Ez da, hala ere, hemoglobinarekin edo globulu gorriekin lotutako metal bakarra. Kobaltoa

Globulu gorriak sortzeko, ezinbestekoak dira burdina, kobrea eta kobaltoa.



J. CARR/CDC

B₁₂ bitaminaren osagaia da, eta globulu gorrien sorrerarekin lotuta dago. Kobrea, berriz, beharrezkoa da hemoglobina burdina eraldatzeko eta janariak duten burdina asimilatzeke. C bitamina xurgatzean ere parte hartzen du.

Bestalde, manganesoak gantzen sintesian parte hartzen duten entzimak aktibatzen ditu, eta zerikusia du C eta B₁ bitaminen asimilazioarekin. Zinka digestio-entzimen osagaia da, eta metabolismoan parte hartzen du.

Mikroelementu diren metal horiez gain, badaude oligoelementuetan sailkatzen diren beste hainbat. Nikela, kromoa eta molibdenoa dira, eta aurrekoak baino are kantitate txikiagoetan behar dira (mikrogramoak). Arearen funtzionamenduan, proteinen garraioan eta glukosaren metabolismoan, eta entzimen osaketan parte hartzen dute, hurrenez hurren.

Aipatutako mikro eta oligoelementu horiek guztiak metal astunak dira. Metal astunek, baina, ospe txarra dute, ingurumenari eta bizidunei kalte egiten dietelako. Noski, beste elementu edo konposatu askorekin gertatzen den bezala, gakoa dosian dago, neurri handi batean. Hala eta guztiz ere, beste metal astun batzuk ez dute inolako funtziorik organismoan, eta dosi txikienean ere toxikoak dira. Merkurioa, beruna eta kadmioa dira horiek.

Alabaina, merkurioa, beruna eta kadmioa ere pertsonen eguneroko bizimo-

“metal astunek ospe txarra dute, baina haietako batzuk ezinbestekoak dira bizidunentzat”

duan daude, beste metal astunak bezalaxe. Bateriek eta pilek beruna, merkurioa, kadmioa eta nikela dute; altzairua burdinez eginga dago, eta horri esker altxatzen dira eraikinak; kobrea argi-indarra eroateko erabiltzen da; autoak egiteko altzairua, aluminioa eta kobrea erabiltzen dira; etxetresna elektrikoak eta laborategietan nola medikuntzan erabiltzen diren tresna asko metalezkoak dira... Argi dago metal astunak ia ezinbestekoak direla.

Hainbeste erabiltzen direnez, ez da harrizkoa ingurumenera iristea, sortzen dituzten kalteak saihesteko edo gutxitzeko teknologiak eta metodoak dauden arren. Asko metatu egiten dira, gorputzak ez baititu kanporatzen, eta, gainera, kate trofikoan igo ahala, kontzentrazioa handituz joaten da. Hau da, kate trofikoaren oinarrian dauden bizidunek metala metatzen dute, haiek jaten dituztenek ere bai, eta, beraz, kontzentrazioa handitu egiten da... horrela, kate trofikoaren goiko mailara iritsi arte. Eta hor dago gizakia, hain juntu.

Dosi-kontua baino gehiago

Hala eta guztiz ere, dena ez da dosi-kontua; metalen toxikotasuna duten forma kimikoaren arabera ere bada. Adibidez, merkurio elementua ez da ia batere toxikoa ahotik hartuta, gutxi xurgatzen eta arin kanporatzen delako. Aitzitik, merkurio-lurruna biriketara xurgatzen da eta intoxikazio kronikoak eta akutuak sortzen dira.

Oro har, metalen konposatu organikoak ez-organikoak baino kaltegarriagoak dira; esate baterako, merkurioa eta kadmioa duten konposatu organikoak ez-organikoak baino 10-100 aldiz toxikoagoak dira. Baina beti daude salbuespenak, eta, artsenikoaren kasuan, konposatu ez-organikoak dira toxikoenak. ➔



ARTXBOKOA

Gizon-emakumeak metal astunez inguratuta bizi gara.

Metal astunak itsasoan

Metal astunen pozoitze handienetakoak arrainak janda gertatu dira. Japoniako Minamata badian 1956an gertatutakoa adibide garbia da: plastiko-lantegi batek isurtzen zuen metilmerkurioa arrainetan eta itsaskietan metatu zen. Inguruko biztanleek jan egin zituzten, eta 44 pertsona hil ziren urte hartan. Beste askok ondorio larriak jasan zituzten, eta hurrengo belaunaldian ere sumatu zuten eragina.

Beharbada gertakari horrengatik eta antzekoengatik, oso zabaldua dago janariaren bidezko metal astunen iturri nagusia arrainak eta itsaskiak direlako ustea.

Askotan gertatzen den bezala, baina, ustea erdi ustela da. Euskal Herrian janariarekin hartzen den merkurio gehiena arrainetatik eta itsaskietatik badator ere, Frantziako leku batzuetan iturri nagusia perretxikoak dira. Euskal Herriko biztanleek hartzen duten beruna batik bat alkoholdu edarietatik dator, eta, ondoren, ogitik eta frutetatik.



Frantzian, perretxikoen bidez hartzen dute merkurio gehien eta, Euskal Herrian, beruna batez ere ardotik dator.

Kadmioaren iturri nagusiak, berriz, zerealak eta barazkiak dira, eta baita tabakoa ere erretzaileetan.

Edonola ere, janariaren bidez eskuratzen den metal astunen kontzentrazioa toxikoa izatetik oso urruti dago, eta horren gaineko araudia izugarri zorrotza da. EAEn AZTI-Tecnalia ardura-



Berez, harrapari handietan metal astunak metatzeko arriskua dago, baina eragile askok parte hartzen dute.



Janariaren bidezko metal astunen iturri nagusia arrainak direlako ustea erdi ustela da.

tzen da itsas espezieetan dagoen metal astunen kontzentrazioa aztertzeaz, eta, hango Victor Valenciaren esanean, oso zaila da kontsumitzailearentzat arriskutsuak izan daitezkeen kontzentrazioa iristea, ez baitute azken produktua bakarrik kontrolatzen, uren kalitatea ere zaintzen dute.

Kontrolak alde batera utzita, Valenciak azaltzen du metal astunen bide biogeokimikoak oso konplexuak direla. Hasteko, kontuan izan behar da metal astunak edo beste edozein elementu diluitu egiten direla itsasora heltzen direnean. Horrez gain, itsas uraren konposizioa dela eta, normalean konposatuak eratzen dira, beste batzuekin elkartzen dira, eta hauspeatu egiten dira. Horrengatik, itsasoko uretan metal astunen kontzentrazioak oso txikiak dira, ur kontinentaletan egoten direnak baino txikiagoak.

Berez, harrapari handietan (atunak, marrazoak...) metatzeko arriskua egon badago, baina horretan ere eragile askok parte hartzen dute, eta ez dago arau orokorrik. Izan ere, "kate trofikoan metalak metatzen doazela esaten bada ere, beti ez da horrela gertatzen", ohartarazten du Valenciak. Zati bat kanporatu egiten dute eta, gainera, zikloaren arabera, kontzentrazioa aldatzen doa. Ostretan eta muskuilu gazteetan, adibidez, kontzentrazioa egonkortu egiten da: metatzen jarraitzen du, baina aldi berean hazi egiten dira.

Azkenik, metal baten isurketarekin erlazionatutako bat-bateko heriotzak sarritan ez direla metalaren erruz izaten dio Valenciak. Gehienetan, disoluzioaren azidoak hiltzen ditu bizidunak, ez disoluzioan dagoen metalak. Hiltzaileak oxidatzaileak (lixibak), azidoak eta baseak izaten dira.

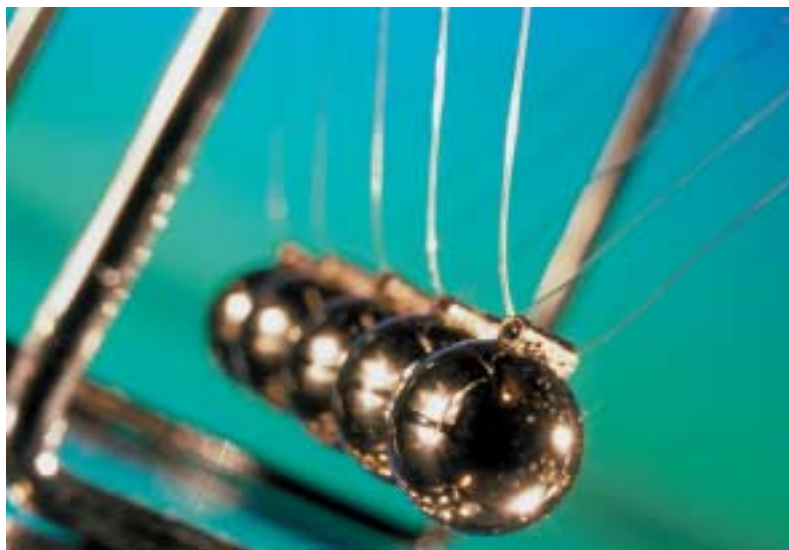
Hori guztia aintzat hartuta, metal astunek itsas bizidunetan eta haien kontsumitzaileetan sortzen duten arriskua bere neurria ekartzearen aldekoa da Valencia.

Horrez gain, oxidazio-egoerak ere eragiten du toxikotasunean, eta kromoa adibide garbia da: Cr^{3+} elementu esentziala da, baina Cr^{6+} oso kartzinogenoa da. Gainera, konposatuen artean elkarreraginak egon daitezke, eta, ondorioz, gorputzean sortzen duten eragina bakarka baino handiagoa edo txikiagoa izan daiteke.

Bestalde, metalen forma batzuk beste batzuk baino erabilgarriagoak dira; hau da, besteak baino errazago disolbatzen dira inguruan, eta iristen dira bizidunetara; beraz, kalte egiteko aukera handiagoa dute. Hainbat faktorek eragiten dute metalen erabilgarritasunean eta bizidunen gorputzetan errazago edo zailago sartzean (bioerabilgarritasuna): hidrofobizitateak, tenperaturak, pH-ak, elkarrekintza ionikoek... Adibidez, tenperatura igotzean handitu egiten da metalen bioerabilgarritasuna, kobalto kloruroa eta kobre kloruroa askoz errazago disolbatzen dira lurzoruan pH-a 8tik 7ra jaitsiz gero, eta kadmio kloruroa oso toxikoa da ur gazitan.

Sakoneko kalteak

Hala, kondizioen arabera forma bat edo bestea har dezakete metalek, eta era horretan barneratzen dira organismoan, adibidez, arnastuta, xurgatuta (landareak), edo irentsita (animaliak). Gero, hainbat bidetatik iristen dira



ARTXIBOKOA

Metal astunak dituzten konposatuen artean elkarreraginak egon daitezke, eta, horren ondorioz, gorputzean sortzen duten eragina bakarka baino handiagoa edo txikiagoa izan daiteke.

zelulen barrura. Han, litekeena da ezabatzea, konposatu bat eratu eta inerte bihurtzea, edo zelularen barruko konpartimenturen batean metatzea. Kasu horietan, ez du kalterik sortzen.

Baina litekeena da zelula ez izatea horrelakorik egiteko gai, eta orduan arriskutsua izan daiteke. Hain zuzen, zeluletara iritsitakoan, burdinak eta beste zenbait metalek oxido peroxidoarekin (H_2O_2) elkarrekintza izan dezakete, eta, orduan, oxhidrilo erradikala sortzen da (OH). Erradikal hori izugarri oxidatzailea da, eta kalteak eragiten ditu zelula-mintzaren lipidoe-tan, proteinetan, azido nukleikoetan, eta, oro har, pertsona heriotzara eraman dezaketen kalte metabolikoak sortzen ditu.

“metal esentzialen lekua hartuta, biomolekulen funtzioak eragozten edo aldatzen dituzte”

Bestalde, metal batzuk metal esentzialekin lehiatzen dute. Haien lekua hartuta, kate-erreakzioak abiarazten dituzte; ondorioz, biomolekulen funtzioak eragozten edo aldatzen dituzte.

Metabolismoan ez ezik, DNAn ere eragiten dute. Zelulen nukleora iristen badira, DNAn proteinetara lotzen dira. Nukleoaren barruan ere oxido peroxidoarekin elkarrekintza izaten dute metalek, eta sortzen diren oxhidrilo erradikalek baseak edo desoxirribosa oxidatzen dituzte. Gainera, baseen galerak beste ondorio batzuk ekar ditzake, hala nola helize bikoitzak hautsi eta bakunak eratzea, DNA-proteina zubiak edo bi DNA-molekulen arteko zubiak sortzea... ➔

Metal astunek DNAn egitura aldatzen dute, eta, beraz, minbizi-eragileak dira.



ARTXIBOKOA

Thlaspi caerulescens landareak zinka, kadmioa eta beste metal astunak xurgatzen ditu, eta hostoetan metatzen ditu, kalterik jasan gabe.



O. BARRUTIA

DNAren erreplikazioan, berriz, prozesuan parte hartzen duten hainbat entzima inhibitzen dituzte metal astunek; horren ondorioz, akatsak gertatzen dira. Nukleotidoen sintesian eta DNAren metilazio-prozesuetan ere sortzen dituzte aldaketak. Aldaketa horiek guztiek DNAren egiturari eragiten diote, eta minbizi-eragileak izan daitezke. Areago, DNAren sekuentzian inolako aldaketarik sortu gabe ere, metal astunak gai dira geneen adierazpena oztopatzeko, transkripzio prozesuan parte hartzen duten proteinetan sortzen dituzten aldaketengatik.

Bioerremediazioa

Metal astunen, beraz, eragin larriak sortzen dituzte bizidunetan. Ez denetan berdin, ordea: hainbat organismok tolerantzia handia dute metal astunekiko. Eta, hain juxtu, horretan oinarritzen da bioerremediazioa; hau da, metalak xurgatu, eta metatzeko, eraldatzeko edo deuseztatzeko ahalmena duten bizidunak (mikroorganismoak, onddoak eta landareak) edo haien entzimak erabiltzean, inguruan dauden metal astunak desagerrarazteko edo neutralizatzeko.

Hala, leku askotan erabiltzen dira landare jakin batzuk metal astunez poluitutako lurzorua garbitzeko. Euskal Herrian, NEIKER Nekazal Ikerketa eta Garapenerako Euskal Erakundea eta EHUKo Landare Biologia eta Ekologia saileko Jose Maria Becerrilen taldea, esate baterako, *Thlaspi caerulescens*

“leku askotan erabiltzen dira landare jakin batzuk metal astunez poluitutako lurzorua garbitzeko”

izeneko landarearen erabilera ikertzen ari dira, Karrantzako eta Bilboko ezker aldeko zenbait eremutako lurzoruen osasuna leheneratzeko. Izan ere, meatzeak egon ziren inguru haietan, eta, hortaz, hango lurrak metal astunez poluituta daude (burdina, zinka, kadmioa, beruna).



Thlaspi caerulescens landarearen erabilera ikertzen ari dira, Karrantzako eta Bilboko ezker aldeko zenbait eremutako lurzoruen osasuna leheneratzeko.

L. EPELDE

NEIKER-en lanean ari den Lur Epelderen esanean, lurzorua osasuna neurtzeko, han bizi diren mikroorganismoak begiratzen zaie. Haiak dira bioadierazleak, eta mikroorganismoen jarduera, biomasa, biodibertsitatea eta beste hainbat parametro aztertuta, jakiten dute zein den lurra osasun-egoera. Adierazleak lurra gaixo dagoela erakusten badute, fitoerazketa teknika bat jartzen dute martxan lurzorua bere onera ekartzeko, *Thlaspi caerulescens* landatzea kasu.

Landare hori berez egoten da meateen inguruko lurretan; areago, metal astunen kontzentrazio handia duten lurretan bakarrik hazten da. Ezaugarri nagusia da zinka, kadmioa eta beste metal astunak xurgatzen dituela, eta hostoetan metatzen dituela, kalterik jasan gabe. Zehazki, hostoetako bakoletan gordetzen ditu. Hala, hostoetan 10.000 ppm kadmio eta 30.000 ppm zink metatzeraino irits daitezke; alegia, hipermetatzaile bat da.

Landare txikia bada ere, metal asko ateratzen du lurretik, eta, horregatik, aproposa da poluitutako eremuak leheneratzeko. Landatu, hazten utzi, eta uzta jasotzen dute, eta berriro landatu. Denborarekin, lurzorua osasuna nabarmen hobetzen da, eta hori lurreko mikroorganismoetan hautematen da. Bioadierazleak garbi erakusten

Aznalcollarren istripua izan eta gero

1998ko maiatzaren 25ean, Aznalcollarren (Sevilla, Espainia) meatzaritza-hondakinak gordetzen zituen putzua pitzatu egin zen. Ondorioz, 6 hm³ ur eta lohi azido isuri ziren Guadiamar ibaira eta inguruko lurretara. Guadiamar Guadalquivirren adar bat da, eta Doñana parke nazionalako hezeguneetara ere eramaten du ura. Hori dela eta, istripuak oihartzun handia izan zuen nazioartean.

Iberiar penintsularen hego-ekialdeko zerrenda piritikoa Europako garrantzitsuenak da, eta sulfuro metalikoen munduko handienetakoa. Aznalcollarreko meak kobrea, beruna, zinka eta zilarra ditu. Mineralak aire zabalean erauzten ziren, eta hondakin zati batetik azido sulfurikoa lortzen zen. Gainerakoa, putzuan biltzen zen.

Istripua gertatu zenean, isuriak arroz-, kotoi- eta zereal-soroak hartu zituen. Olibondoak eta fruta-arbolak hazten ziren lurrak ere poluitu zituen, eta Guadiamar ibaira ere iritsi zen. Ikaragarriko galera ekonomikoa eragin zuen, eta ingurumenean sekulako kalteak sortu zituen. Uzta galdu zen, uretako espezie guztiak hil ziren, eta bizirik geratutakoak arrantzatzea debekatu zuten.

Meategiak itxi egin zituzten, eta berehala hasi ziren neurriak hartzen lekua bere onera ekartzeko. Hasteko lohia kendu zuten, eta gero eremua leheneratzeko lanetan hasi ziren. Alderdi horre-



WWWAL

tatik, bioerremediazio-teknikak probatzeko laborategi garrantzitsua izan da inguru hura.

Gaur egun, oraindik gelditzen dira isuriaren arrastoak. Ibaian, adibidez, istripuaren aurretik zeuden espezie berak hasi dira agertzen, baina oraindik ale gutxi dira. Hori bai, arrainetan metal astunen kontzentrazioa asko jaitsi da; hala ere, Guadiamar ibaia-aren osasuna kaskar-xamarra da, ez bakarrik isuri haren ondorioz, baita aurretik eta ondoren jasaten den presioagatik ere. Dena dela, CSIC Espainiako Zientzia Ikerketarako Kontseilu Nagusiaren ustez, orain arte hartu dituzten neurriak egokiak izan dira, eta, beraz, bide beretik jarraituko dute lanean.


dute landareak mesede egiten diola lurrari, eta ez bakarrik metalez garbitzen duelako. Horrez gain, landareen sustraiak konposatu organikoen iturri dira, eta sustraiak lurzoruen egitura fisikoa hobetzen dute.

NEIKER-en beste lerro batzuk ere ari dira lantzen. Hipermetatzaileak ez ezik, hainbeste metal metatzen ez duten baina asko hazten diren landareak ere

“hipermetatzaileak ez ezik, hainbeste metal metatzen ez duten baina asko hazten diren landareak ere erabil daitezke”

erabil daitezke lurzorutik metalak ateratzeko, hala nola kardoak eta basartoa. Landare-mota hauekin, kelatzai-ak (EDTA, EDDS...) gehitzen dizkiete lurzoruari, metalen erabilgarritasuna handitzeko eta metalak errazago xurgatzeko.

Halaber, sustraien bidez landareek metalak xurgatzeko duten gaitasuna ere balia daiteke. Lur Epeldek aitortu duenez, oraindik ez dute sistema hori probatu NEIKER-en, baina egokia da hezeguneetako eta lur azpiko uretako metal astunak garbitzeko.

Zalantzarik gabe, metalen eta bizidunen arteko elkarrekintza zaila, korapilotsua eta arriskutsua da. Baina ezin da ahaztu metalik gabe ez legokeela bizitarik, ez behintzat gaur egun da goenaren berdina. 

Sustraien bidez metalak xurgatzen dituzten landare batzuk aproposak dira hezeguneak metal astunak garbitzeko.



ARTXIBOKOA