

Likenak, poluzio atmosferikoaren salatzaileak

J. Larrañaga

Mende honetan lortutako garapen teknologiko eta industrial handiak, orain gozatzen ari garen bizimodu eroso eta oparoa ezezik, hainbat ingurune-arazo ere ekarri digu, eta gehien kezkatzen gaituenetako bat poluzio atmosferikoa dugu seguruenik. Horregatik, azken urteotan ahalegin handiak egin dira poluzioaren bilakaera aztertzeko eta honek eragiten dituen osasun- eta ingurune-kalteak ezagutzeko teknikak garatzearen.

Teknika hauetako batzuek landareak, eta bereziki likenak, erabiltzen dituzte. Landareek, gizakia baino sentikorra goak direnez, lehenago pairatzen dute poluzio atmosferikoaren eragina, eta ondorioz, leku jakin batean poluzio atmosferikorik dagoen ala ez jakiteko, aski dugu sarritan adierazle biologiko gisa aukeratu diren espezie jakin batzuen egoera edo bertako landare-komunitate



edo bertako landare-komunitate osoaren egoera aztertzea.

Metodo hauek hainbat abantaila dituzte. Alde batetik, ohizko metodo analitikoak baino askoz merkeago eta azkarragoak dira, eta bestetik, metodo fisiko-kimikoek ez bezala, substantzia poluitzaile desberdinen arteko konbinazioek eta hauen kontzentrazio eta iraupenak ekosistemetan duten eragina eza-gutzeko aukera eskaintzen dute. Aitzitik, adierazle biologikoak erabiliz ezin dira emaitza koantitatibo zehatzak lortu, eta substantzia poluitzaileen kontzentrazioak jakin nahi badira, estimazioak eginda konformatu beharra dago.

Likenak, adierazle biologiko aproposak

Likenek atmosferatik hartzen dituzte behar dituzten mantenu-guztiak, eta horregatik, oso harreman fisiologiko estua dute kanpo-ingurunearekin. Halaber, ez dute kanpo-geruza edo kutikula babeslerik, eta ez gas- eta likido-trukeak erregulatzen dituen mekanismorik ere, eta beren taloak hutsune ugari duenez, hauetan substantzia toxikoak metatzeko erraztasun handia dute. Gainera, oso estenoikoak dira, hau da, oso eskakizun ekologiko zehatzak dituzte eta oso sentikorak dira ingurunean gerta daitekeen edozein aldaketarekiko.

Guzti hau dela eta, oso sentikorak dira poluzioarekiko, eta ondorioz, oso adierazle biologiko aproposak era bai.

Asko dira likenetan eragina duten substantziak, besteak beste, sulfre eta nitrogeno oxidoak, poluzio fotokimikoaren eraginez sortutako aldehido, zetona eta peroxiazilo nitratoak, fosfatoak, metal astunak, eta hainbat hidrokarburo, substantzia fluoratu, eta isotopo erradioaktibo ditugularik, baina zalantzarik gabe, sulfre dioxidoa eta honek eragindako euri azidoa dira gaur egun eragin handiena dutenak.

Substantzia guzti hauen eraginez, likenek aldaketa fisiologiko, morfologiko edo estruktural naba-

Zer dira

Likenak, bi organismoren sinbiosia (espezie desberdinetako bi organismo osatutako elkarre iraunkorra) dira, osagaietako bat ondooa (**mikosinbiontea**) eta bestea alga (**fikosinbiontea**) direlarik.

Onddoak, basidiomikotinoa izaten da eskuarki, eta gehienetan berau izaten da likenaren gorputzari (**taloari**) bere itxura berezia ematen diona. Sexualki ugaltzeko gaitasuna izaten du, horretarako fruitu-gorputzak garatzen dituelarik, eta bizitzeko ezinbestekoa du algekin sinbiosian egotea.

Alga, klorofizeoa (alga berdea) edo zianofizeoa (alga berde-urdina) izan ohi da, eta normalean onddoaren harizpien (**hifen**) artean kokatuta egoten da. Sarritan unizelularra izaten da eta ez du ugalketa sexuala burutzeko gaitasunik, baina bai aske bizitzeko.

Zaila da sinbiosi-mota honen arrakasta zertan datzan esplikatzea.

Onddoak, algak fotosintesia egitean ekoizten dituen gluzidoak aprobetxatzen ditu, hauek zurgatzeko algaren barnean sartzen diren hifa berezi batzuek baliatzen delarik. Hifa hauek bi motakoak izan daitezke. Batzuk, **haustorio** izenekoak, algaren zitoplasmara sartzen dira eta bertatik zurgatzen dituzte gluzidoak. Besteak, **aprosorio** izenekoak, ez dira zitoplasmara heltzen, baina algaren inguruan estu lotuta kokatzen dira eta sarritan honen pareta zelularra zeharkatzen dute. Edonola ere, onddoarentzat ezinbestekoa da algak ekoiztutako gluzidoak baliatzea eta horregatik ez zaio komeni algari kalte handiegia egitea.

Zianofizeoek nitrogeno atmosferikoa finkatu eta nitrito, nitrato edo

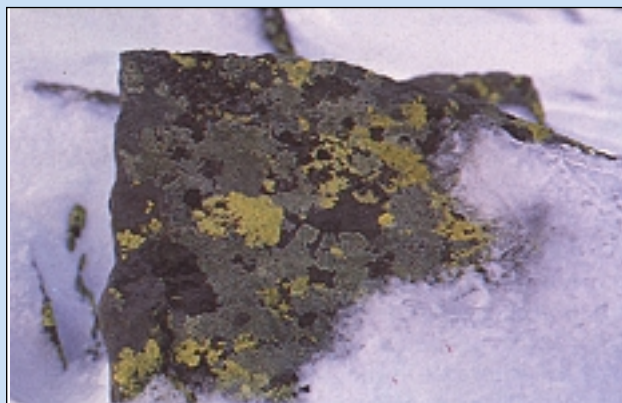
amonio taldeak dituzten substantziak sintetizatzeko gai direnez, mota honetako fikosinbiontea duten likenetan, onddoak substantzia nitrogenatuak ere lortzen ditu.

Algak jasotzen duen onura berriz, ez dago hain argi. Seguruenik ura eta mineralak hartzen ditu onddoaren ehunetatik, eta gainera, onddoaren hifen artean dagoela, gehiegizko argiztapenetik edo beste zenbait ingurune-faktoretik babestuta dago.

Dena dela, abantaila nagusia beste bat izan liteke. Likenak oso ingurune-baldintza gogorak (tenperatura-aldaketa bortitzak, hezetasunik gabeko denboraldi luzeak...) jasan behar dituzten lekutan hazten dira sarritan. Leku hauetan onddoak bakarrik ezin go luke janaririk lortu eta klimak, edo beste kanpo-faktoreen batek, alga suntsi lezake. Elkarrekin bizita ordea, beste landareentzat desegoki diren txoko ekologiko hauek bete ditzakete.

Alga berdez osatutako hainbat likenetan **zefalodio** izeneko egitura bereziak egoten dira sarritan. Bertan zianofizeoak egoten dira eta aipatu berri dugunez, alga hauek nitrogeno atmosferikoa finkatu eta substantzia nitrogenatuak ekoizteko gai direnez, onddoek substantzia hauek aprobetxatzen dituzte. Batzuetan bigarren onddoa ere egoten da; sarritan benetako parasito gisa bizi ohi dena.

Esan dugun legez, onddoek sexualki ugaltzeko gaitasuna dute eta horretarako fruitu-gorputzak (formaren arabera **apotezio**, **peritezio** edo **pseudotezio** deritzenak) garatzen dituzte. Fruitu-gorputz hauetan esporak garatzen dira eta eskuarki ez da algarik egoten. Horregatik, espora helduak airean zehar barreiatzen direnean ez



Likenak oso ingurune-baldintza gogorak dituzten lekuetan hazteko gai dira.

likenak?



Ugalkuntza sexuala burutu ahal izateko, onddoak fruitu-gorputzak garatzen dituzte.

daramate algarik beraiekin eta hoizten direnean ezinbestekoa dute alga bat aurkitzea liken berria osatzeko.

Esporak barreiatzeko modu hau ez da oso egokia; onddoak algarik aurkitzen ez badu ezin baitaiteke bizi. Liken gutxi batzuetan ordea, fruitu-gorputzak algak ere izaten ditu, eta ondorioz esporak garatu eta askatzean algekin batera barreiatzen dira, liken berria eratzea asko erraztuz.

Ugalkuntza sexualak hainbat arazo sortzen duenez, sarritan askoz egokiagoa da ugalkuntza asexuala burutzea. Horretarako, zenbait likenek **isidio** deritzen egitura bereziak garatzen dituzte. Egitura hauek aktiboki bereizten dira eta likenaren talotik aldentutakoan liken berria osatzen dute. Beste liken batzuek, ez dute egitura berezirik garatzen eta ugalkuntza modu hau likenaren talotik kasualitatez bereizten diren zatien bidez burutzen dute.

Likenen hazkundea oso geldoa da. Gehien hazten direnak (zenbait liken horrikara) 1-2 cm luzatzen dira

urteko, baina normalean urtean mm gutxi batzuk baino ez dira hazten. Bizi-iraupena ere oso desberdina da liken batetik bestera. Tropikoetako liken epifitoak, adibidez, urtebete bizi diren bitartean, Arktiarrean edo goimendietan hazten den hainbat liken krustazeo ehundaka edo milaka urte bizi daiteke.

Bestalde, edozein lekutan hazten dira, eta ugari dira oso, luraren % 8 estaltzen dutela kalkulatu delarik. Oso ugari dira eskualde menditsuetako oihan tropikal eta baso epel menditarretan; leku hauetan hezetan atmosferiko handia dagoenez zuhaitzen adar eta enborretan erraz hazten baitira. Ugari dira tundran ere, sarritan bertako landare nagusi direlarik. Aldiz, esan dugunez, ez dira gune industrial edo urbanoetatik gertu hazten; bertan sufre dioxido gehiegi baitago. Oro har, munduko edozein lekutan hazten diren arren, goi-mailako landareentzat desegokiak diren lekuetan baino ez dira nagusi. Guztira 20.000 espezie inguru sailkatu dira.

riak jasaten dituzte, eta sarritan desagertu egiten dira.

Dena den, likenen sentikortasuna ez da beti bera izaten; ingurune-baldintzek eta likenen egoera fisiologikoak eragin handia baitute. Oro har, liken gazteak helduak baino sentikorragoak dira, eta hostokara eta frutikulotsuak, ezkatarkara eta krustazekoak baino sentikorrago. Bestalde, klimak eta substratuaren pH-ak, beste hainbat faktoreekin batera, poluzioaren eragina txikiagotu edo handiagotu egin dezakete.

Likena erabiltzen dituzten metodoak

1 970. urteaz geroztik, likenak erabiltzeak indar handia hartu du, eta hainbat teknika garatu da. Guzti hauek hiru mota nagusitan sailka ditzakegu.

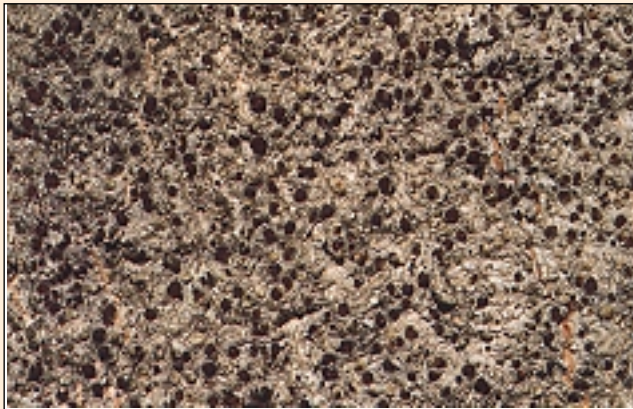
Alde batetik likenak adierazle biologiko gisa erabiltzen dituztenak ditugu. Lehen aipatu dugunez, likenak oso ingurune-baldintza konkretuetan hazten dira normalean. Horregatik, zenbait substantziaren kontzentrazioa altua den lekuetan ez da edozein liken hazten, baina substantzia horiek daudela hazteko gai diren espezie jakin batzuk bai. Horregatik, aztergai dugun lekuan liken hauetako batzuk agertzeak aipatu substantzia horiek ere bertan daudela adierazten du. Honelako kasuetan liken konkretu bat substantzia jakin baten adierazle biologiko dela esaten da.

Honen adibide bat liken nitrofiloak ditugu. Hauek, substantzia nitrogenatuen (amonio, nitrito eta nitratoen) kontzentrazioa altua deneko lekuetan hazten dira. Ondorioz, lehen mota honetako likenek ez zuten lekuetan liken nitrofiloak agertzen badira, substantzia nitrogenatuek eragindako poluzioa dagoela esan nahi du. Fenomeno hau aski arrunta da gune industrial eta urbanoen inguruan, eta batez ere ongarri nitrogenatuak (bereziki gas- edo likido-egoeran daudenak) erabiltzen diren nekazal guneetan.

Liken azidofiloekin (pH baxuko substratuetan hazten direnekin)

Hainbat talo-mota

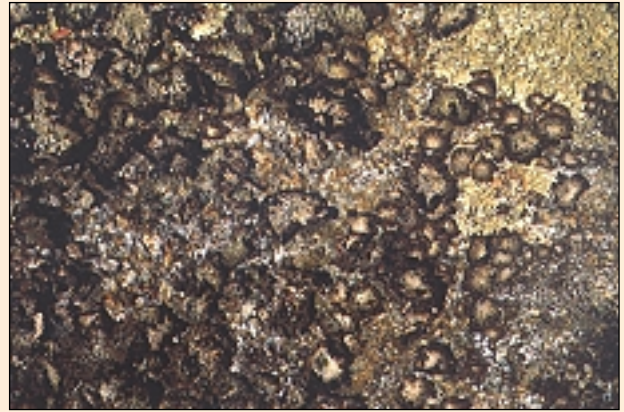
Likenaren gorputzaren (taloaren) formak ez dauka gaur egun garrantzi handirik likenen sailkapenean, baina oso lagungarria da likenak identifikatzeko. Esan bezala gehienetan likenaren osagai nagusia onddoa denez, berau da taloaren forma mugatzen duena. Hau asko alda daiteke liken batetik bestera, baina hala ere hainbat eredu orokor bereiz daitezke:



Liken krustazeoak. Liken hauek harrien eta zuhaitz-azalen gainean hazten dira eta normalean oso astiro hazi ere. Oso gogor atxikitzen zaizkio substratuari eta sarritan honen barnera sartzen dira.



Liken hostokarak. Talo launa eta sarritan lobulatua dute, eta substratuari hifez osatutako hainbat korda edo errizinen bidez lotzen zaizkio.



Liken zilbordunak. Disko-forma dute eta diskoaren erditik lotzen zaizkio substratuari.



Zuhaiska-formako likenak. Liken hauek oso gune txiki batean itsasten zaizkio substratuari eta gero zuhaiskak bezala adarkatzen dira.



Liken ezkatokarak. Hostokaren antzekoak dira, baina hauek baino estuago lotzen zaizkio substratuari.

Dena den, beti gertatu ohi denez, badaude eredu orokor hauei ez dagozkien formak (liken gelatinakarak kasu) eta talde bat baino gehiagokoen ezau-garriak dituzten likenak ere bai.

antzeko zerbait gertatzen da. Substratu basikoetan liken azido-filoak hazteak, ingurunea azidotzen duen faktoreren bat (atmosfera isurtzen den SO₂ak sortutako euri azidoa sarritan) dagoela esan nahi du.

Beste metodo bat bioestimazioarena dugu. Leku batean substantzia poluitzaileak agertzen direnean, bertako flora likenikoak hainbat aldaketa pairatzen du. Alde batetik, substantzia poluitzaile horiekiko oso sentikor diren likenak desagertu egiten dira, liken erresistenteenak baino gelditzen ez direlarik. Gainera poluitzaileen kontzentrazioa zenbat eta altuagoa izan, edo zenbat eta iraunkorragoak izan, hainbat eta gehiago izango dira desagertzen diren espezieak, eta gutxiago gelditzen direnak. Bestetik, bioestimazioaren metodoa aztertzean ikusi dugunez, zenbait kasutan substantzia horien kontzentrazio handiak jasateko gai diren espezie berriak agertuko dira.

Beraz, leku jakin bateko flora likenikoa aztertuz, eta baldintza ekologiko beretsuak dituzten baina poluziorik ez duten lekuetako florarekin konparatuz, nahikoa ongi jakin dezakegu aztertzen ari garen eremuaren poluzio-maila.

Metodo hau erabili ahal izateko, flora likenikoaren inbentario zehatz asko egin behar da, eta horretarako ezinbestekoa da likenen taxonomia ongi ezagutzea. Hala eta guztiz ere, hainbat abantaila ditu; oso sentikorra baita eta flora likenikoaren bilakaerari jarraituz poluzioaren gora-beherak jakiteko aukera eskaintzen baitu. Edonola ere, desabantaila garrantzitsu bat badauka; flora likenikoaren inbentarioak

erabiliz poluzio-maila behar den zehaztasunez estimatu ahal izateko lan handiko behaketa ugari egin beharra, alegia.

Hirugarren eta azken metodoa biometaketarena dugu. Hainbat likenek elementu eta molekula toxikoak (fluoroa duten hainbat konposatu, metal astunak, elementu erradioaktiboak, etab.) metatzen ditu bere taloan. Horregatik, substantzia toxiko hauek dauden ala



Euri azidoak likenetan duen eragina aztertzeko, oso egokiak dira zuhaitzen azaletan hazten diren likenak; substratu hauen pH-a basikoa eta oso egonkorra baita.

ez jakiteko erabiltzen dira sarritan, eta substantzia hauek eragindako poluzioaren bilakaera (zein norabidetan sakabanatzen den, noraino heltzen den, leku bakoitzera zein substantzi kontzentrazio heltzen den, etab.) ezagutu ahal izateko ere bai.

Arlo honetan, oso garrantzitsuak izan dira Europako eskualde arktiarretan egin diren lanak. Lurralde haietako abeltzantzaren oinarria karibua da. Animalia hau likenez elikatzen da eta besteak beste, gizakiak janari gisa erabiltzen du. Hau dela eta, oso garrantzitsua da likenek zein substantzia eta zein kontzentrazioan metatzen dituzten jakitea; hauek likenetatik karibura eta hortik gizakiarengana igarotzen baitira. Gehien aztertu diren substantziak saiakuntza nuklearren ondorioz sortutako zesio 137 eta estrontzio 90 izan dira eta hauen kontzentrazioak 1965. urteaz geroztik behera egin duela ikusi da.

Errepideen ertzetan antzeko lanak egin dira, kasu honetan automobilek botatzen duten berunak sortzen duen poluzioa aztertzeko asmoz. Lan hauen ondorioz, errepideen inguruetan hazten diren likenek berun ugari metatzen dutela, eta errepidetik urruntzen garen heinean likenek metatutako berun-kontzentrazioa asko jaisten dela ikusi da. Gainera, errepideetatik urruti hazten ziren likenak errepideetatik hurbil jarriz, metal astun hau zein abiaduratan metatzen den neurtu ahal izan da.

Mota honetako lanek garrantzi berezia dute gizakiontzat. Giza kontsumorako erabiltzen den hainbat landarek ere beruna eta bestelako metal astunak metatzen dituzte, eta hauek etengabe kontsumitzeak osasun-arazo larriak eragin ditzake. Likenak askoz sentikorragoak direnez, likenez egindako lanek poluzio-mota hau kontrolpean izaten lagun dezakete.