



BIOINDIKATZAILEAK: NATURAREN ADIERAZLEAK

BIOINDICADORES: INDICADORES DE LA NATURALEZA



Landareek dituzten nolakotasunak ezin hobeak dira bioindikatzaille on bat izateko. Hirusta adibide bat da.

Las cualidades de las plantas las convierten en magníficas bioindicadoras. El trébol es una de ellas.

Izaki bizidunek betidanik jakin izan dute ekosistemek jasaten dituzten aldaketetara moldatzen. Adaptazio prozesu hauek bide ezberdinak jarraitu ditzakete. Espezie batzuek ihes egiten dute aldaketa baten aurrean, beste batzuek berriz, jokabide berriak, aldakuntza fisiologikoak, edo moldaketa morfologikoak izaten dituzte. Ekosistema bakoitzaren aniztasun biologikoaren barruan, aldaketa baten aurrean sentikorrangoak diren espezieak aurkitzen ditugu, edota oso erantzun nabarmenak dituztenak. Espezie hauek dira toki konkretu baten ingurumen-egoeraren berri ematen digutenak, **bioindikatzaille** deritzogunak.

Bioindikatzaille bat ez da soilik animalia, landare edota onddo konkretu bat izan behar. Batzuetan espezie talde, elkartze edo espezieen arteko erlazio baten fruitu da: landare komunitateak, bakterio koloniak, likenak, etab.

Nolakoa izan behar da **bioindikatzaille** on bat?

- **Mugimendu gutxikoa** izatea komeni da, aldaketa baten aurrean bere ihesa ekiditeko.
- Nahiko **ugaria** eta **sakabanatuta** lurralde batean. Espezie eskasa edo arraroa bada

Los seres vivos siempre han sabido adaptarse a los cambios que sufren los ecosistemas. Este proceso adaptativo tiene muchas variantes, desde las especies que huyen o se desplazan ante un cambio, hasta las que muestran nuevos comportamientos, variaciones fisiológicas, o incluso cambios morfológicos evidentes. Dentro de la diversidad biológica de cada ecosistema hay especies en concreto que son más sensibles a determinados cambios en su entorno, o que reaccionan de forma muy evidente frente a una variación. Estas especies son de las que nos valemos a menudo para conocer el estado ambiental de un lugar en concreto, y a las que denominamos **bioindicadores**.

Un **bioindicador** no solo es una planta, un animal o un hongo concreto, sino que puede tratarse de agrupaciones, sociedades o relaciones entre diferentes especies: comunidades vegetales, colonias de bacterias, líquenes, etc.

¿Cómo debe ser un buen **bioindicador**?

- Debe ser lo más **sedentario** posible, para evitar que huya ante un cambio y así poder observarlo.

agian ez dugu aurkituko, eta bere falta agian ez da adierazgarria izango.

- Geroz eta **tamina handiagoa**, orduan eta errazago ikertu daiteke (morologia, ehunak, organoak...). Bioindikatzailerik asko txikiak dira, laborategiko material espezifiko behar dutenak: mikroskopioak, hazkuntza inguruneak, laginen prestaketa, etab.

Gizakia bioindikatzailerik:

Espezien baten presentzia ziurtatzen du, Gizakiok ingurumen-indikatzaile izan gitezke ere bai. Burrututako hainbat ikerketek erlazio zuzenak zehaztu dituzte pertsonen aspektu fisiologiko eta gaixotasun ezberdinen eta kutsaduraren artean. Modu honetan, badakigu airearen kutsadurak espermatozoiden mugimendurekin, minbizi tasarekin, edo bizi iraupenarekin erlazioa duela.

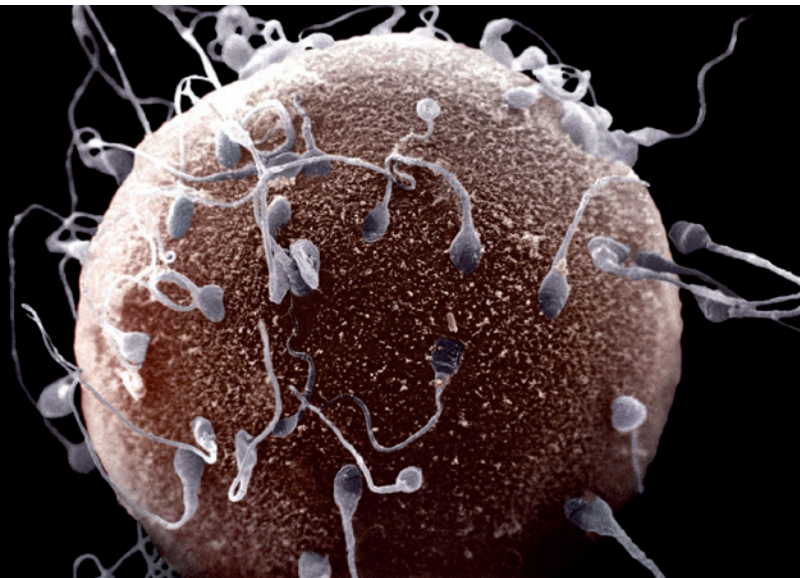
Gizakiak **bioindikatzailerik** moduan ikertzeak eragozpen nabarmen bat dauka. Jasaten dituzten erantzun fisiologikoak ezin dira faktore bakarrekin erlazionatu, baizik eta bat baino gehiagorekin. Hemen kontutan hartu beharoko genituzke ohitura osasuntsu edo ez osasuntsuak, elikadura, pertsona bakoitzak burutzen duen lana, etab.

- Relativamente **abundante y disperso** en un territorio. Si se trata de una especie poco habitual puede que no la encontremos o que su ausencia no sea significativa.
- Cuanto **mayor tamaño** tenga más sencillo será su estudio (morfología, tejidos, órganos...). Muchos bioindicadores son muy pequeños, pero estos requieren de material específico de laboratorio: microscopios, cultivos, preparación de muestras, etc.

El ser humano como bioindicador:

Los seres humanos también podemos actuar como indicadores ambientales. Estudios llevados a cabo han establecido relaciones directas entre diferentes aspectos fisiológicos o enfermedades de las personas y la contaminación. De este modo se sabe de la conexión entre la calidad del aire y la movilidad de los espermatozoides, la tasa de cáncer o la esperanza de vida.

El mayor hándicap de testar seres humanos como **bioindicadores** es que las respuestas fisiológicas no responden a un solo factor, sino a varios. Aquí entran en juego los hábitos más o menos saludables, la alimentación, el trabajo que se desempeña, etc.



Espermatozoidak obulua inguratzen.

Espermatozoides rodeando el óvulo.



Txirrina jotzen du eta goizeko txanda meategira sartzeko prest dago. Pertsona bakoitzak bere kaskoa eta erremintak hartu eta gaur kaiola daramanari bidea egiten diote. Kaiolan sartuta kanarioa doa, hain arriskutsua den grisú gasa agertzen ote den adieraziko duena. Eguerdialdera lantaleak daraman txoria kaiolaren zorura jausten da, orduan, denborarik galdu gabe, langileek tunela azkar eta ordenan atzean usten dute. Euren lankide animalari ezker gasen kontzentrazioan aldaketa antzeman dute, meategitik une aprobean ateraz.

Suena la sirena y el turno de mañana se dispone a entrar en la mina. Cada persona coge su casco y sus herramientas y se giran para dejar paso a aquel que hoy lleva la jaula. En ella está el canario que puede indicarles si el peligroso gas grisú aparece. A media mañana el canario del equipo de trabajo cae al suelo de la jaula y de manera rápida y ordenada los trabajadores dejan su túnel. Gracias a su compañero animal, han podido detectar un cambio en la concentración de gases y abandonar la mina a tiempo.

Hauxe, izaki bizidunak inguruaren aldaketen adierazle moduan erabiltzearen adibide bat baino ez da, bioindikatzailer hitza oraindik existitzen ez zen arren. Izan ere, gizakiok betidanik erabili izan ditugu naturak eskaintzen dizkigun seinaleak gure ingurua ulertzeko eta egoera konkretuei aurre egiteko.

Enarek baxu egiten badute hegaz, euria egingo du

Guztiok inoiz entzun dugun esana, edo egiaztatu duguna. Antzina interpretazioa argia zen, hegaziak etengabe zorutik gertu egiten bazuten hegan babesa bilatu behar zen, edo

Este es solamente un ejemplo del uso de seres vivos como indicadores de cambios ambientales, a pesar de que aún no se les bautizara con la palabra bioindicador. De hecho, el ser humano se ha valido durante toda su existencia de las señales que le brinda la naturaleza para interpretar su entorno y anticiparse a situaciones concretas.

Si las golondrinas vuelan bajo, lloverá

Un dicho que muchos hemos oído, o que incluso hemos comprobado. Antiguamente la interpretación era clara, si las aves revoloteaban continuamente cerca del suelo había que buscar refugio o finalizar las tareas

landa-lanak lehen-bailehen bukatu, ekaitza bazetorren eta.

Orain badakigu guzti honek zergatik zientifikoa duela, baina ez da egiago izango horregatik. Eguraldi txarraren etorrerarekin eltxoek zorutik gertu dauden aire-geruza baxuetan biltzen dira, haize korrante bortitzak saihestuz. Honek enarek altuera berberera hegaz egitera bultzatzen ditu, intsektuak harrapatu eta elikatzeko.



del campo cuanto antes, ya que una tormenta se acercaba.

Ahora sabemos que todo tiene un razonamiento científico, pero no por ello es más cierto. Con la llegada del mal tiempo los mosquitos tienden a acumularse en las capas de aire más bajas, cerca del sue-

lo, evitando así las fuertes corrientes de viento. Esto hace que las golondrinas vuelen a esa misma altura para atrapar los insectos y alimentarse.

Goroldioa iparrerantz hazten da

Ondo orientatzea biziraupenerako gakoa da, lehendabiziko gizakietatik, euren taldearekin itzuli behar zirenak ehiza baten ondoren, gaur egungo mendizaleetara, baso batean galduta bidea aurkitu ezinean.

Naturak ematen digun pista bat goroldioa da, iparrera begira dagoen zuhaitzaren enbor zatian hazteko joera baitauka (gure hemisferioan). Haize hezeetara begira dagoen atala da, eguzkiaren irradiazioaren babesean. Horregatik goroldio bizikorrena norabide honetan kokatzen da.

El musgo crece hacia el Norte

Orientarse bien es clave de la supervivencia, desde los primeros seres humanos, que tenían que regresar con su clan tras una cacería, hasta montañeros actuales, perdidos en un bosque sin saber hacia dónde ir.

Una pista que nos da la naturaleza es el musgo, ya que tiene tendencia en crecer sobre la zona del tronco de los árboles que da hacia el Norte (en nuestro hemisferio). Es la ubicación más expuesta a los vientos húmedos, y protegida de la incidencia del sol. Es por eso que el musgo más vigoroso se sitúa en esa dirección.



AIREAREN INGURUMEN KALITATEAREN BIOINDIKATZAILEAK

BIOINDICADORES DE LA CALIDAD AMBIENTAL DEL AIRE

Nitrogeno eta sulfre oxidoek sortutako kutsadura

Likenak, alga eta onddo baten arteko sinbiosiaren emaitza dira. Inguru ezberdinetara moldatu dira planetan zehar, baina era berean sentikortasun nabarmena azaltzen dute atmosferan dauden kutsatzaileen kontzentrazioaren aldaketan aurrean.

Parmelia sulfata, *Evernia prunastri* edo *Parmelia caperata* zuhaitzen zurtoin eta adarretan hazten diren likena espezieak dira. Nitrogeno eta sulfre oxidoekiko (SOx y NOx) oso sentikorrak dira, kontzentrazio bat gaititzen dutenean hil egiten baitira. Liken hauen desagertze jarraituak kutsaduraren igoeraren seinale da, horrexegatik airearen kalitatearen adierazle moduan zenbatu eta ikertzen dira.

Contaminación por óxidos de nitrógeno y azufre

Los líquenes son el resultado de la simbiosis entre un alga y un hongo. Se han adaptado a diferentes ambientes alrededor del planeta, pero a su vez muestran una alta sensibilidad a cambios en las concentraciones de contaminantes en la atmósfera.

Parmelia sulfata, *Evernia prunastri* o *Parmelia caperata* son especies de líquenes que crecen sobre las ramas y troncos de los árboles. Son especialmente sensibles a los óxidos de nitrógeno y azufre (SOx y NOx), por lo que mueren cuando la concentración supera unos límites concretos. La progresiva desaparición de estos líquenes nos advierte del aumento de la contaminación, por lo que son estudiados y censados como indicador de la calidad del aire.



Ibilgailu eta industriek likenentzako kaltegarriak diren kutsadura sortzen dute. Hauen desagertzea airearen kalitatearen beharokada adierazten du. Ezk: *Parmelia caperata* / Esk: *Evernia prunastri*.



Los vehículos e industrias producen grandes cantidades de contaminantes dañinos para los líquenes. Su desaparición muestra un deterioro de la calidad del aire. Izq: *Parmelia caperata* / Dcha: *Evernia prunastri*.

Ozono kontzentrazioaren gorakada

Ozonoak ultramore izpietzako ezinbesteko iragazkia osatzen du estratosferan, Lur planetan bizitza ezagutzen dugun moduan ahalbidetzen duena. Baina ozono guztia ez da onuragarria, izan ere, troposferan metatutakoa (lehendabiziko 18 km-ak zorutik hasita) oso kaltegarria da. Ozono hau nitrogeno oxidoetatik (NOx) eta konposatu organiko lurrunkorretatik (COV), sortzen da, **smog** fotokimikoa osatuz, hiri eta industria-guneen gainean kokatzen den laino trinkoa.

Ozono kontzentrazioa modu jarraian neurtu liteke, baina badago beste aukera erraz eta merkeago bat. Asko dira Nicotiana tabacum (tabakoa) adierazle moduan landatu diren lekuak. Espezie oso sentibera da ozonoarekiko, kutsaduraren neurriko hildako ehunek osatutako orbanak azaltzen baitaizkio.



Beijing hiria, besteak beste, kutsadura laino baten esnatzen da egunero (**smog** fotokimikoa).

Ciudades como Beijing amanecen cada día bajo una densa niebla de contaminación (**smog** fotoquímico).



Aumento de las concentraciones de ozono

El ozono forma un indispensable filtro de los rayos ultravioletas en la estratosfera, sin el cual no existiría la vida tal y como la conocemos en la Tierra. Pero no todo el ozono es bueno, ya que el acumulado en la troposfera (primeros 18 km desde el suelo) es realmente perjudicial. Este ozono se crea a partir de los óxidos de nitrógeno (NOx) y los compuestos orgánicos volátiles (COVs), formando el **smog** fotoquímico, una densa neblina presente sobre ciudades y zonas industriales.

La concentración de ozono podría medirse de forma continua, pero existe una solución más sencilla y con menos costes. Son muchos los puntos donde se planta la Nicotiana tabacum (planta del tabaco), a modo de indicador. Es una especie muy sensible a la presencia de ozono, ya que muestra manchas de tejido muerto en proporción a la contaminación.

Tabakoaren hostoek ozono troposferikoaren mailak adierazten dute.

Las hojas del tabaco indican los niveles de ozono troposférico.

URAREN INGURUMEN KALITATEAREN BIOINDIKATZAILEAK

BIOINDICADORES DE LA CALIDAD AMBIENTAL DEL AGUA

Makro-ornogabeak

Gehienak intsektuak dira larba-aldian, baina bestelakoak era badaude, hala nola, zizareak, gasteropodoak edota krustazeo txikiak. Orokorrean ibaien hondoetan bizi dira, materia organikoa jaten eta harrien artean ezkutatuz. Hauetako batzuek kalitate ez hain oneko urak jasaten dituzte, baina badago talde bat ibai osasuntsuetan baino ez direnak hazten.

Trikoptero (tximeleta eta pipien senideak), plekoptero (harrietako euliak) eta efemeropteroen (efimerak) larben esijentzia oso nabaria da, eta oxigenazio ona daukaten uretan baino ez dira bizi. Ibaian goi ibilguetako zonalde ez oso sakonak izan ohi dira toki hauek. Ibaian arroka eta harri-koskorren azpian ezkututzen diren tamaina txikiko organismoak dira, ur korrontearen indarraren eta harraparien babesean: arrainak, anfibioak eta ur-hegaziak.

Macroinvertebrados

La mayoría son insectos en su etapa larvaria, pero también se incluyen gusanos, gasterópodos y pequeños crustáceos. Principalmente habitan en el lecho de los ríos, alimentándose de materia orgánica y escondiéndose entre las piedras del fondo. Algunos de ellos toleran aguas de más o menos calidad, pero existe un grupo en concreto que únicamente se desarrolla en ríos que gozan de buena salud.

La exigencia de las larvas de tricópteros (parientes de las mariposas y polillas), plecópteros (moscas de las piedras) y efeméropteros (efimeras) hace que solo estén presentes en corrientes de agua con buena oxigenación. Suele coincidir con zonas no muy profundas del cauce alto de los ríos. Son organismos de pequeño tamaño que habitan en el lecho del río, bajo los cantos y guijarros que les ofrecen protección frente a la fuerza del agua y sus principales depredadores: peces, anfibios y aves acuáticas.



Plekoptero baten larba.

Larva de plecóptero



Trikopteroek babes egiturak sortzen dituzte hartxintzar, are eta makiltxoekin.

Los tricópteros forman estructuras de protección con grava, arena y pequeños palos.

Erlazio trofikoak

Piramide trofikoan gora eginez ibaien kalitatearen beste adierazle batzuekin topo egiten dugu, makro-ornogabeen presentziaren menpe daudenak. Izokinak (*Salmo salar*), larbak eta intsektu helduak jaten ditu zuzenean, baita hauek jaten dituzten arrain txikiagoak ere. Era berean ur garbiak beharrezkoak dituzte ugaltu eta garatzeko.

Beste aldetik, igaraba (*Lutra lutra*), inguruaren kontserbazio ezin hobearen bioindikatzailer da, intsektu eta larbak jaten dituzten krustazeo, anfibio eta arrainez elikatzen baita. Gainera, bere presentziak gizakiaren presioa gehiegizkoa ez dela esaten digu, horrela ez balitz zonalde horretatik alde egingo zuen eta.



Igaraben bizitokiak etengabe murriztuz joan dira. Gizakiaren presioagatik ibai asko utzi dituzte ihesean.

Las zonas habitadas por la nutria han disminuido continuamente. La presión ejercida por el ser humano ha hecho que abandonen muchos ríos.



Las relaciones tróficas

Subiendo por la pirámide trófica nos encontramos con otros indicadores de la buena calidad de los ríos, que son en su mayoría dependientes de la presencia de los macroinvertebrados. El salmón (*Salmo salar*), se alimenta directamente de las larvas y de los propios insectos adultos, así como de los peces que sustentan su dieta en los primeros. A su vez precisan aguas limpias donde reproducirse y desarrollarse.

Por otro lado, la nutria (*Lutra lutra*), es otro bioindicador de una excelente conservación del medio, ya que se alimenta de crustáceos, anfibios y peces dependientes de los insectos y sus larvas. Además, su presencia es señal de que la presión ejercida por el ser humano no es excesiva, ya que por el contrario huiría de esa zona.

LURZORUAREN INGURUMEN KALITATEAREN BIOINDIKATZAILEAK

BIOINDICADORES DE LA CALIDAD AMBIENTAL DEL SUELO

Ekosistema aldaketa etengabean

Lurzorua elementu ezberdinen elkartzearen emaitza da: klima, esposizioa, geologia, landaredia, etab. Ez da inguru estatikoa, etengabe eraldatzen baita. Arrokkaren higadurak eta materia organikoaren deskonposaketak zoruaren ezaugarriak mugatzen dituzte, beti ere hezetasun mailaren, tenperaturaren, aireazioaren, edo konpaktazio mailaren menpe. Autore askok lurzorua elementu “bizia” dela esaten dute, landareen oinarri, eta ehunka espezien habitata: intsektuak, zizareak, ugaztun eta narrasti txikiak, eta mikroorganismo espezie zenbatezina.

Lurzoru osasuntsu batez aritzea oso erlatiboa da, baina bere kalitatea mugatzen duten hainbat irizpide daude. Lurzoru emankor batek, landare eta fauna komunitateak jasateko gai denak, materia organiko ehuneko bat izan behar du gutxienez, oxigenazio egoki bat, eta tenperatura eta hezetasun egonkorrak.

Zizareak: erantzule eta adierazle

Lur-zizareak lurzoru on baten adierazle paregabeak dira. Materia organiko nahikoa dagoela esaten digute, euren elikagaia baita. Gainera, zoruak oxigenazio eta hezetasun egokiak dauzkala adierazten dute, bestela itota edo deshidratatuta hilko lirateke.

Era berean, lurzoruaren egoera zuzenaren erantzule dira. Zizareen elikadura materia

Un ecosistema en continuo cambio

El suelo es el resultado de la conjunción de diferentes elementos: clima, exposición, geología, vegetación, etc. No se trata de un medio estático, ya que se encuentra en continua transformación. La erosión de la roca y la descomposición de la materia orgánica definen sus cualidades, siempre dependientes del grado de humedad, temperatura, aireación, o el nivel de compactación. Muchos autores lo definen como un elemento “vivo”, soporte vital de la mayoría de plantas, y el hábitat de cientos de especies de insectos, lombrices, pequeños mamíferos y reptiles, e infinidad de microorganismos.

Hablar de un suelo sano es muy relativo, pero existen varios criterios que definen su calidad. Un suelo fértil y en buen estado, capaz de soportar una comunidad vegetal y de fauna edáfica, debe tener un porcentaje mínimo de materia orgánica, una buena oxigenación, y una temperatura y humedad más o menos estables.

Lombrices: responsables e indicadores

Las lombrices de tierra son un magnífico indicador de un buen suelo. Su presencia nos indica que hay abundante materia orgánica, de la cual se alimentan, además de una correcta oxigenación y grado de humedad, sin los cuales morirían por asfixia o deshidratación.



Zizareak seinale ona dira lurzorian ikusten baditugu.

Si vemos lombrices en el suelo es buena señal.

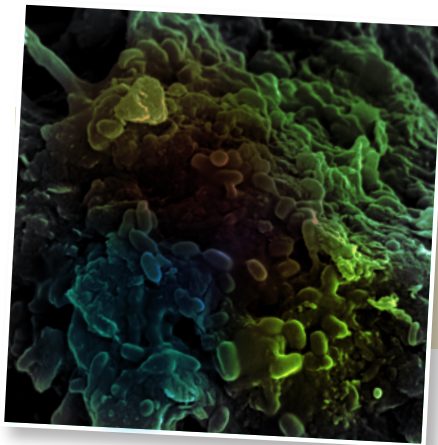
organikoa digeritzean datza, beren tamainarekin alderatuz lur kantitate handiak iretsiz eta iragaziz. Elikatzeko modu honek lurzoriaren etengabeko mugitzea eragiten du, konpaktazioa saihestuz, eta aireazioa eta drainatzea hobetuz.

Aktibitate mikrobiarra

Bakterio, onddo, protozoo eta legamia espezie zenbatezinak lurzoriaren ekosistemaren parte dira. Hauen aktibitate metabolikoa eta fisiologikoa zorian dauden baldintzek mugatzen dute, lurrairen kalitatearen adierazle bihurtzen dituenak.

Neurtu daitezkeen parametro batzuk mikroorganismo koloniarik eta horien ezaugarriak ezaugatzeko (lurzoriaren egoeraz informazioa ematen digute):

- Biomasa mikrobiarra (kantitatea).
- Arnasketa: oxigenazioaren, hezetasunaren eta tenperaturaren menpe (aerobioak).
- C eta N-aren mineralizazioa.



Así mismo son responsables del correcto estado del suelo. Su alimentación se basa en digerir los restos orgánicos presentes, engullendo y filtrando grandes cantidades de tierra en proporción a su tamaño. Esta forma de alimentarse proporciona un movimiento constante del sustrato, evitando que se compacte, favoreciendo su aireación y mejorando el drenaje.

Actividad microbiana

Innumerables especies de bacterias, hongos, protozoos y levaduras forman parte del ecosistema edáfico. Su actividad metabólica y fisiológica depende de las condiciones del suelo, lo que las convierte en indicadores de su calidad.

Algunos de los parámetros que se pueden medir para determinar las colonias de microorganismos y su naturaleza (nos informan del estado del suelo):

- Biomasa microbiana (cantidad).
- La respiración: depende de la oxigenación, humedad y temperatura (aerobios).
- Mineralización del C y N.

Mikroorganismoak, beti bertan daudenak, lurzoriaren funtzionamendua egokia izateko ezinbestekoak dira.

Los microorganismos, siempre presentes, realizan labores indispensables para el correcto mantenimiento del suelo.

902 160 138
aztertu@ej-gv.es
www.euskadi.net/aztertu