



1. argazkia: *Mytilus* generoko muskuiluak eskualde epeletako substratu gogorretan bizi dira. Bibalbio iragazleak dira eta inguruaren zenbait parametroren arabera, haiek eraturako saldoak, arrakasta handiko egitura ekologikoak izan daitezke.

Udako hilabeteetan hondartzan gaudela edota beste edozein urtesasoitan itsasertzera hurbiltzen garenean, askotan ikusi ahal izan dugu mantu beltz bat arroken gainean. Muskuiluak direla badakigun arren, horrelako komunitatearen barruko bizitzaz eta antolamenduaz ez gara ohartuko. Itsasertzeko substratu gogorretan (harritsueta) muskuiluez gain bizi diren beste animalia eta algen banaketa eta elkarreraginaren haritik tiratzen badugu, ekologiaren zenbait kontzeptu interesgarritara iritsi gaitzkeela konturatuko gara.

Muskuiluak aitzakia, Itsasertzeko Biologiaren maika bitxikeria

Santiago Pagola Carte*

S. Pagola Carte

Muskuiluen inguruan...

Itsasertzeko substratu gogorretan muskuiluei (*Mytilidae* familiari), hain arrakasta handia lortzeko aukera ematen bide dieten faktoreetan, gehien erabili direnak, hauexek dira: 1) lurra ondo finkatzeko garatu dituzten hariak (bisu-hariak alegia); 2) hazkunde azkarra; eta 3) gorputzaren aurreko aldea murriztuz eta atzekoa luzatuz hartutako triangelu-itxura. Izan ere, hiru ezaugarri hauek konbinatuz, iker-tzaile batzuek ondoko ideia plazaratu dute: animalia hauen aldameneko bizidunak mugitu, zapaldu edota beraien pean jartzeko gaitasun zoragarrian dantzaren arrakasta. Hau guztia, noski,

ingurugiroaren zenbait parametrok agindutakoa kontuan harturik: muskuiluen benetako arrakasta, ia beti, munduko eskualde epeletan, marearteko eremuaren beheko aldeetan eta espazio handi edo ertaineko habitatetan gertatuko da (1. argazkia). Hala ere, molusku bibalbio hauek eboluzioan ibilitako lehenengo urratsak, itsaspe sakonean izan bide ziren.

Puntu honetan, kasik konturatu gabe, lehenengo kontzeptu garrantzitsua agertzen zaigu; marearteko bizidunen zonazioa, alegia. Hau, animalia eta landareen (algen) zenbait gerriko horizontalen araberako banaketa da eta, itsas ekosistemetako eta ez beste

inongo ezaugarria ez bada ere, marearteko eremu harritsueta oso nabarmena suertatzen zaigu (2. argazkia). Kontuan hartu behar dugu habitat hauetan itsasoaren nahiz atmosferaren eraginek ezartzen dituzten faktore fisikoen gogortasuna oso tarte laburretan aldatzen dela. Hainbat eta hainbat lan interesgarri sortarazi dituen gai honen inguruan atera daitekeen ondorioz garbiena, beharbada, honako hau da: marearteko bizidunen banaketarako garrantzi handiena duten faktoreak bi multzo nagusitan bana daitezkeela: alde batetik, faktore fisikoak (airearen lehortasuna, eguzkitiko irradiazioa, itsasoaren enbatak, etab.) goi-



2. argazkia: Marearteko zonazioa animalia eta algen zenbait gerriko horizontalen arabera banaketa da. Argazkian, portu baten egitura bertikalei esker, leku poluitu bateko zonazioa argi ikus daiteke. Beheko mailan muskuiluak bizi dira, algen hazkundera murriztuta baitago.

ko mailetan edo gerrikoetan garrantzi handiena dutelarik, eta bestetik, marearteko eremuaren beheko mailetan nagusi izan daitezkeen faktore biotikoak, hau da, bizidunen arteko eraginak. Azken hauetan, aurreraxeago ikusiko dugunez, espazioarengatiko lehia dugu nagusia, dudarik gabe, substratu gogorrez ari bagara.

Munduko eskualde epel guztietako itsasoetan muskuiluak aurki baditzakegu ere... espezie berekoak al dira? Ez, *Mytilidae* familiaren barruan, *Mytilus* generoan kokatutako espezieak banaketa zabalena dutenak izan arren, beste genero batzuek ere garrantzi handia izan dezakete, esate baterako *Modiolus* generoak. Biogeografiak maiz irakatsi digunez, kontinente batean "A" espezieak betetzen duen zeregin edo funtzioa, beste kontinente batean, "B" espezieak beteko du. Azken finean, funtzio ekologiko berberei, eskakizun ekologiko berberak dituzten espezieak dagozkie, eta ez da hain zaila suertatzen familia baten munduan zeharreko banaketan espezie paraleloak aurkitzea. *Mytilidae* familian horixe gertatzen da, gure kostaldeetako muskuilu arruntena *Mytilus galloprovincialis* Lamarck, 1819 izanik. Taxonomoek puntu honen inguruan dituzten iritziak kontrajarrita daude: batzuen arabera horixe da bertoko espeziea (*M. galloprovincialis*), beste batzuen aburuz, Linné naturalista suediarrek hirurogei urte lehenago deskribaturikoa (*M. edulis* Linné, 1758) eta gainerakoen iritziz, bi espezieak bizi bide dira Euskal Herrian. Iritzi honen arabera, biak bereizteko ezaugarriak, genetikoak ez

ezik, morfologikoak eta habitataren arabekoak ere badira. Azken ikerketetan oinarriturik, badirudi, bai *M. galloprovincialis* eta bai *M. edulis*, benetako espezieak direla, baina gure kostaldean dauden muskuiluak lehenengorari dagozkiola. Hala ere, guk *Mytilus* besterik ez diogu esango hemendik aurrera (badaezpada ere).

Inbertsioak, ekonomia eta saldoak

Gehienbat kaltzio karbonatoz osatutako maskorra etengabe eraikitzea ez zaio dohainik ateratzen muskuiluari. Aitzitik, egitura hau animalien pisu osoaren proportzio ederra izan daiteke... Baina, zertarako horrenbesteko inbertsioa? Bibalbioen maskorraren zereginaz, animalia bigun hauen bizi-raupenerako garrantzizkoa den zereginaz hain zuzen, berehala jabetzen gara. Eginkizun edo zeregin hori babesa da, bai ingurugiroaren aurrekoa, eta bai lehiakideen aurrekoa. *Mytilus* bibalbioen kasuan, gainera, beste batzuen kasuetan bezala (*Ostreanean*, adibidez), maskorrek arroken gaineko saldoak eratzeko ere balio dute, komunitate berezi hauek behar adinako gogortasunaz hornitzen baitituzte. Bestalde, egitura gogor hauek elika-katearen gainean duten eragina ere ez da txantxetako: ehunen hazkunderantz bideratutako energia harrapatzaileei laster suerta dakieke eskuragarri; maskorraren hazkunderako gordetako, ordea, beste maila trofiko desberdinetarako egongo da eskuragarri, baina denbora-epe luze baten ondoren.

Ez da hau, baina, muskuiluen ekonomiaz esan nahi dugun gauza bakarra. Animalia hauek eratzen dituzten komunitate bentikoak (ur-inguruneetan substratuarekiko nolabaiteko harremana duten komunitateak) oso eraginkorrak dira janaria lortzeko. Haien sekretua iragazleak izatean datza. Ura etengabe iragazten dute eta, horrela, ur-zutabeen bizi den planktonaz elikatzen dira batik bat, hau da, bizidun mikroskopikoez. Baina ez dira bakarrik, itsas bentosean elikadura-mota hau oso arrunta baita (3. argazkia). Badaude planktonaren ekoizpenean oina-

rritzen diren hainbat animalia-talde iragazle, hala nola knidario asko (eta horietan koralak), belakiak, briozooak, zizare poliketo asko, zirripedioak (lanpernak eta itsas ezkurak), aszidiak eta, nola ez, bibalbioak. Hala ere, bentosa, materia eta energia harrapatzen dituen "hustubidetzat" ez guke haritu beharko. Kontrako norabidea dararmaten energi jarioaren mekanismo asko deskribatu dira, eta adibide modu-

bestearen laguntza behar du derrigorean.

Substratuari lotuta dauden animaliei iragazketa delako elikadura-motak harrapakin mikroskopikoak (planktonekoak) nahiz materia organiko zatikatua hartzea posible egiten die energi gastu nimiño baten truke. Iragazle aktiboetan (hots, gehienetan) energi eskaera osoaren % 4a baino gutxiagokoa izaten da; pasiboetan (zirripedio



S. Pagola Carte

3. argazkia: Muskuilu-saldo batean, muskuiluak ez ezik, zirripedioak (*Mytilusen* maskorretan itsatsita), ostrak (argazkiaren eskuinaldera) eta beste animalia iragazle asko egon daitezke. Honelako komunitateetan espezie-kopurua nahiko altua izan daiteke.

ra, bat ezinhobea: animalia bentiko gehienek, gure muskuiluek barne, larba planktonikoak dituzte, hau da, substratutik atera eta ur-zutabeen libre mugitzen dira, helduak izan arte. Honen guztiaren harira, bentos/plankton akomplamenduaren teoriak aipa genitzake. Oso interesgarria, benetan, baina oraingoz honekin besterik ez gara geratuko: leku askotan betidanik ikasi eta irakatsi ez den bezala, planktona eta bentosa ez dira erabat bereiz daitezkeen bi mundu, eta bata ezagutzeak

batzuetan, adibidez), berriz, zerora hurbiltzen da gastatutakoa. "Zerutik eroritako janariaren" zain egon behar badute, ez da zaila iragazleen arteko borroka zein den asmatzea: substratua okupatzea. Eboluzioan zehar, animalia talde desberdinen iragazteko makineriak hobetuz joan diren neurrian, espazioa betetzeko ere modu eraginkorretaranzko asmakizunak gertatu dira. Horregatik, substratu gogorrek duten eragozpen handienetako baten aurrean, bi dimentsiokoa izatearen aurrean



S. Pagola Carite

hain zuzen, hirugarren dimentsioa asmatu dute animalia batzuek, kasurik nabarmenena korralena izanik. Gainera, bai knidario hauek eta bai belaki, briozoo eta zenbait aszidiatan, kolonialismoaren garapenaz ohar gaitzake. Koloniak eratzeko estrategia garrantzi handikoa suertatzen da espazioaren arazoari aurre egiteko, baina haren pareko estrategia ere aurki dezakegu itsasertzean: mantuak edo saldoak, hau da, espezie bereko gaineztadura jarraitua lortzeko beste era bat. Irakurleak dagoeneko jakingo duenez, *Mytilus*en komunitate asko honelakoak dira. Baita marearteko goiko mailak bereziki betetzen dituzten zirripedioenak (*Balanus*, *Chthamalus*) ere. Kontuz, bada, animalia hauek koloniarik eratzten ez dute eta!

Populazioarekin zerikusia handia duen biziduna

Oraindik algak ez ditugu ia aipatu ere egin, baina horiek itsasertzeko habitaketan duten garrantzia oso handia da.

4. argazkia: Materia organikoaren kontzentrazio handiko eremuetan bizitzeko ahalmena edukitzeaz gain, muskuiluek poluzioarekin duten zerikusia ez da hor bukatzen: ingurugiro-ikerketetan duten erabilgarritasuna erabat aipagarria da. Substratu gogorretan, adierazle biologikoen erregea da.

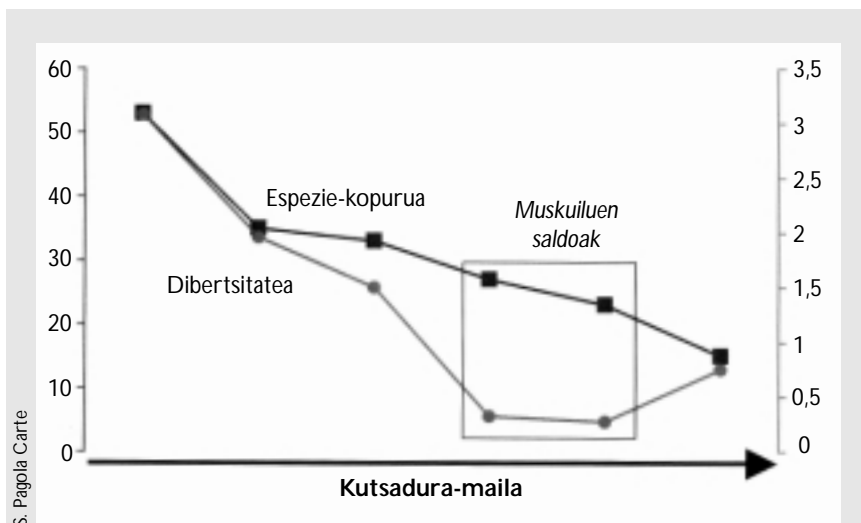
Izan ere, arestian aipaturiko zonazio-gerrikoak zehazteko haiek izaten dira pisurik handiena daramaten bizidunak. Eguzkitiko energia bestelako bizidunentzat aprobetxagarri bihurtzen dutelarik, ez dago esan beharrik elika-kateetan eginkizun berezia dutela. Hala ere, iragazleen nagusitasunaz hitz egin dugu lehen... Algak eta animalia iragazleak, hain zuzen, lehiak egoten dira gure latitudeetako marearteko eremuetan. Bietako zeinek "irabazten" duen, hainbat faktoreren menpe dago, hala nola olatuekiko esposizioaren, marearteko gerrikoaren altueraren eta urak daraman materia organikoaren kontzentrazioaren menpe. Parametro hauen balio altuek, oro har, zerikusia dute iragazleen garaipenarekin. Marearteko eremuaren beheko mailetan, gainera, muskuiluen nagusitasuna eragingo dute, ziuraski. Materia organikoaren kontzentrazio altua nolabaiteko "poluzioaren" adierazlea da. Poluzio hori "naturala" izan daiteke, adibidez itsasadarretan; baina

gure kostaldeko zenbait badiatan giza-kion poluzioa besterik ez da. Marearteko eremuetan nagusitu ez ezik, muskuiluak itsaspeko habitatetan ere garrantziko gaineztadura-mailak lortzea arazo larritzat jo genezake. Itsaspeko lehenengo metroetan, berez, alde fotofiloa dugu (argiaren eragina handia), non algen garapenak berebizikoa izan beharko bailuke. Urak daramatzan partikulek argi-izpiak pasatzen uzten ez dutenez eta partikula horiek iragazleentzat elikadura-iturri zoragarria direnez, algen hazkundea murrizturik dago. Puntu honetan nahikoa interesgarria gerta daiteke Ibañezek aipatu duen Donostialdeko Sagues-ko kolektorearen inguruetako kasua: 1978an dentsitate handiko muskuilu-saldoa hazten zen bertan. Urte batzuk geroago, Gros auzoko hiltegia itxi ondoren hain zuzen, desagertu egin zen. Testuinguru honetan autore berak 1935. urtean Fischer-Piette naturalistak euskal kostaldean molusku hau bakantzat jo zuela azpimarratu du.

Muskuiluek poluzioarekin duten zerikusia, ordea, ez da hor bukatzen. Inguirugiro-ikerketetan daukan erabilgarritasuna erabat aipagarria da (4. argazkia). Itsas bentosa poluzioarekiko oso sentikorra da, eta horregatik itsas inguruaren egoera ezagutzeko maiz bertoko bizidunengana jotzen dute iker-tzaileek. Adierazle biologikoen erabilpenaz ari gara. Adierazle biologikoak aldagai biokimiko, zitologiko, fisiologiko, etologiko edota ekologikoen arabera, modu ziur eta praktikoa, ekosistema baten egoera zehaztu eta haren aldaketa naturalak nahiz gizakiok eragindakoak ahalik eta lasterren igartzan ahalbidetzen duten bizidunak edo bizidun-multzoak dira. Ez dago esan beharrik animalia eta algen presentziaren, ugaritasunaren edo ezaugarrien bidez lor daitezkeen informazioa, definizio berak duen luzera bezain handia dela. Ildo honetatik eta substratu gogorretan, muskuiluak errege direla esan genezake.

Geruzen antolamendua, dibertsitatearen mesederako?

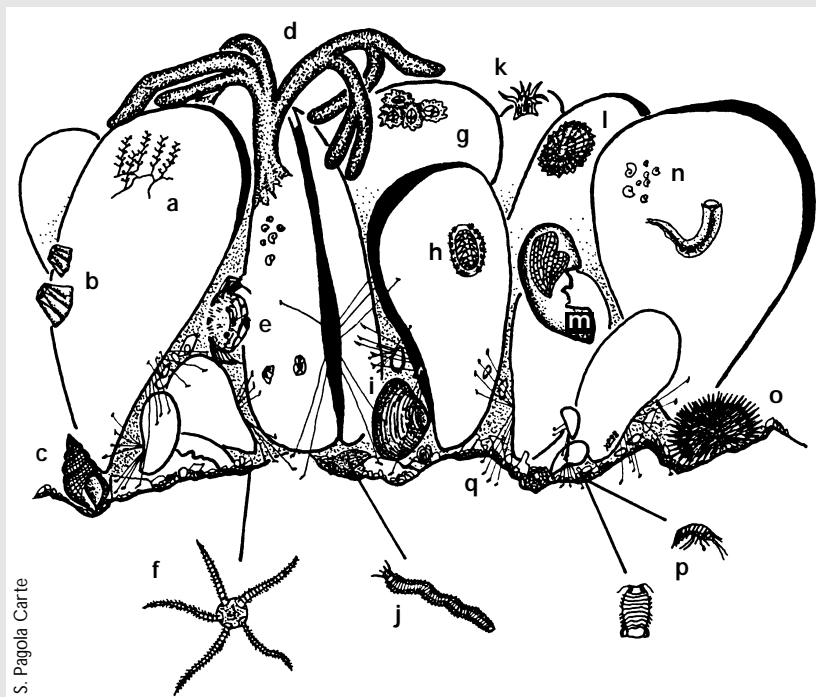
Askotan, ordea, ekosistemen egoera ezagutzeko, praktikoagoa suerta daite-



1. irudia: Poluzio-gradiente batean zehar poluzio-mailak gora egin ahala, marearteko komunitateen espezie-kopuruaren jaitsiera "tipikoa" ikus dezakegu, baina neurtutako dibertsitate-indizeak oso beherakada nabaria du muskuiluen saldoak dauden tokietan. Muskuiluen biomasa itzelak dakarren nagusitasuna dago paradoxa honen atzean.

2. irudia: Muskuilu-saldoa baten antolamendua: muskuiluen geruza kolore zuriz utzi da; muskuiluen pean, metatutako sedimentuen geruza dago; eta gainerako bizidunek hirugarren geruza osatzen dute; Euskal Herrian erraz aurki daitezkeen arteen:

a) knidario hidrozooak; b) *Balanus* (krustazeo zirripedioa); c) *Hinia* (molusku gastropodoa); d) *Codium* (alga berdea); e) *Pilumnus* (krustazeo dekapodoa); f) ofiura (ekinodermatua); g) *Chthamalus* (krustazeo zirripedioa); h) *Acanthochitona* kitoia (molusku poli-plakoforoa); i) *Venerupis* (molusku bibalbioa); j) anelido poliketo errantioa; k) knidario antozooa; l) *Patella* lapa (molusku gastropodoa); m) briozooak; n) *Spirorbis* eta *Pomatoceros* serpuloak (anelido poliketo sedentarioak); o) *Paracentrotus* itsas trikuia (ekinodermatua); p) *Hyale* anfipodoa eta *Sphaeroma* isopodoa (krustazeoak). Muskuiluen bisu-hariak "q" letraz markaturik daude.



ke bizidunak kuantifikatuz ekosistema osoaren egitura aztertzea. Lehenago aipatutako muskuilu-saldoen garrantzi edo esanahi ekologikoa honelaxe aurkituko dugu. *Mytilus* generoko bibalbioek eratzen dituzten saldoak "elitezko egituratzat" hartu ohi dira, beste espezie askoren bizitza uzten eta babesten dutelako. Komunitate hauen eraketa espazio-arazoa gainditzearen ondorioa bada ere, bestelako abantailak ere eskain diezazkieke: a) muskuilu beraiei: uraren korronea nahikotxo murrizten delarik, iragazketa errazten da; b) komunitatearen gainerako animaliei: babeseta eta substratua eskaintzen du hainbat eta hainbat animalia mugikor nahiz itsatsientzat; sortzen duten korrone-jario berriei esker, elikadura-iturria ziurtatuta dute beste iragazle askok; bibalbioen gorotzak fauna detritiboroaren dieta-osagaia izan daitezke; eta abar.

Beraz, nahiz eta askotan leku poluituetan aurkitu, egitura hauetan ornogabe-espezieen kopurua oso altua izan daiteke. Biodibertsitatea ere oso altua dela pentsa genezake, baina azkeneko honek ez du beti egia zertan izan behar. Habitat bateko bizidunen aniztasuna neurtzean dibertsitate-indizeak aukeratzen baditugu, espezie-kopurua ez ezik, aleen edo biomasaren espezie desberdinen arteko banaketa ere neurtuko dugu. 1. irudian oso adibide grafikoa ageri da: kostaldeko poluzio-gradiente batean zehar laginak hartu dira zenbait puntutan. Poluzio-mailak gora egin ahala, espezie-kopuruaren jaitziera "tipikoa" ikus dezakegu, baina neurtutako dibertsitate-indizeak oso beherakada nabaria izaten du muskuiluen saldoak dauden tokietan. Muskuiluen biomasa itzelak dakarren nagusitasuna dago paradoxa honen atzean. Komunitatearen ezaugarri nagusiak eta egitura bera espezie bat edo gutxi batzuen pean daudenean gako-espezieez (ingelesezko "keystone species") hitz egiten dugu. *Mytilus*en kasuan gako-espeziea dugula esan genezake.

"Gorenko lehiakidetzat" harturiko bibalbio hauen saldoetan, esan dugun bezala, ornogabeen kopuruak muturreko balioak har ditzake, ehunka espezieetara iristeraino. Suchanek zientziala-

S. Pagola Carre



5. argazkia: Segida ekologikoan zehar, herbiboroen eginkizuna algen arteko hutsuneak irekitzea eta animalia itsatsien kolonizazioa posible egitea izaten da. Argazkian, *Patella* generoko molusku gastropodoa.

riak ondo aztertu ditu komunitate hauek eta berak azaldu bezala, komunitate aberats hauetan hiru geruza bereiz daitezke (ikus 2. irudia): 1- Muskuilu bizien nahiz hilen maskor-matrizea, zeina geruza bakuna edo animalien zenbait geruzatxoz osatua izan baitaiteke; 2- Muskuiluen azpian metatutako sedimentua; 3- Aniztasun handiko bizidun-multzoa. Hirugarren geruzak ez dauka geruza-itxurarik, aipaturiko beste bi geruzetan bizi diren animaliak baitira. Izan ere, edozein zirrikitan karramarroren bat aurki dezakegu. Azkenekoaren beste adibide ikusgarri bat *Mytilus*en maskorren gainean bizi diren zenbait animalien kasu ezaguna da: nork ez ditu ikusi honelakoak muskuiluak jaten ari zelarik?

Disturbance eta segida ekologikoa

Itsasertzeko ekologian aipatu gabe utzi nahi ez nituzkeen beste bi kontzeptu interesgarri ikus ditzakegu. Biok, muskuiluez ari garela, oso leku egokia dute, eta beraien arteko menpekotasuna ulertzea ez da inola ere zaila. Segida ekologikoaren definizioa honelakoa litzateke: populazio batek toki batean jasaten duen eta urtaroen arabera gertatzen ez den norabide bateko eta etengabeko kolonizazio- eta suntsipen-patroia. Hurrengo adibideak argi pixka bat emango dio esaldi luze horri: marearteko eremuko substratu gogor berrian, ziur aski motaren bateko algek (gehienetan alga berdeek) hazteari ekingo diote lehenago. Gero-



rik, tamaina ertaineko eremurako, segidaren etapa guztiak agerian uzten dira eta azken finean biodibertsitatea handiagotu egiten da. Ikuspegi honetatik, ekosistemen perturbazio naturalak espezie bakoitzari bere aukera emateko naturak duen modua bide dira. Antzeko zerbait aurki dezakegu Mediterraneoko landarediak nahiz Ipar Amerikako konifero-basoek jasaten dituzten sute naturaletan...

Erraz ikusi duzunez, irakurle, gure *Mytilus* muskuiluen bizitzan zertxobait barneratu ahal izan badugu ere, animalia hauek tresnatzat erabili ditugu itsasertzeko ekologian sudur-muturra baino ez sartzeko. Muskuiluak aitzakia, beraz, itsas ekosistemetan hain konplexu gerta dakizkigukeen itsasertzeko buruz, zenbait zertzelada zirriborrratu besterik ez dugu egin. Edo, tituluak dioenez, hamaika bitxikeria aipatu ditugu. Eta gainera, hamaika izan dira, zenbatu bestela!



* Biologoa eta EHUko ikertzailea

xeago, herbiboroen txanda izango da, eta honela, lapa molusku gastropodoen algen ingurune ibilaldiak gustura egiaztatuko ditugu. Animalia geldo hauen atzean irekitzen diren hutsunetan posible izango da arestian aipatutako zirripedioak agertzea, larba planktonikoak urak baitakartza. Haiekin batera, muskuiluen larbak ere iritsiko dira eta alga mikroskopikoen harizpien laguntzaz substratuari itsatsiko zaizkio. Hortik aurrera, eta beste bizidunekiko lehia amorratuan, espazio gehiena irabaziko dute, dagoeneko ezagutzen ditugun baldintza fisikoak toki horretan betetzen badira.

Nahiz eta denborarekin muskuilu batzuk hil, gazteagoak egongo dira zain, eta modu dinamiko honetan ko-

munitate berdintsua aurkituko dugu bertan hurrengo urteetan. Nolabaiteko "egonkortasuna" lortutzat emango dugu. Hala ere, segidaren prozesua martxan jartzeko substratu berria (adibidean bezala) edo "garbitua" behariko dugu. Alde batzuen garbiketa naturalak olatuen eraginaz gerta daitezke eta bibalbio-saldoen kasuan nahiko arruntak izaten dira. Modu berean, muskuiluen beraien pisuagatik metro karratu erdiko zatiak uretara joan daitezkeelarik, soilguneak agertuko dira. Honelako gertaerei ingelesezko "disturbance" izena ipini zaie eta komunitate baten biomasa gehiena kentzen duten gertaerak besterik ez dira. Gertaera horien ondorioz itsasertzeko jarraitasuna puskatzen dela-

Oinarrizko bibliografia

- Estonba Mintxero, M. 1995. Euskal Herriko kostaldea (IX). Itsaslabarretako bizia. *Elhuyar. Zientzia eta Teknika* 102: 26-31.
- Gili, J.-M. eta Coma, R. 1998. Benthic suspension feeders: their paramount role in littoral marine food webs. *Trends in Ecology and Evolution* 13(8): 316-321.
- Larrañaga, J. 1996. Dibertsitate ekologikoa: zer da eta zerk sortzen du? *Elhuyar. Zientzia eta Teknika* 103: 34-41.
- Little, C. eta Kitching, J.A. 1996. *The biology of rocky shores*. Oxford University Press. Oxford. 240. or.
- Raffaelli, D. eta Hawkins, S. 1996. *Intertidal ecology*. Chapman and Hall. Londres. 356. or.
- Suchanek, T.H. 1985. Mussels and their role in structuring rocky shore communities. In: Moore, P.G. eta Seed, R. (Ed.) *The ecology of rocky coasts*. Hodder and Stoughton. Londres. 6. atala.