

Euskal Herriko Kostaldean azkeneko hogei urteetan (1991-2009) Komunitate Fitobentikoetan izan diren egiturazko aldaketak: klima-aldaketak izan al du eraginik?

Nahiara Muguerza, Isabel Díez, Alberto Santolaria, José María Gorostiaga

Botanika laborategia. Landare-Biologia eta Ekologia Saila.
Zientzia eta Teknologia Fakultatea (UPV/EHU)

Laburpena: Azkeneko hiru hamarkadetan, ur-azaleko tenperaturak gora egin du gure kostaldean, bereziki udaberri eta uda sasoiari. Halaxe dago jasota. Fitobenton komunitateetan aldaketa nabarmenak izan dira, bai dibertsitateari dagokionez eta bai kopuruari dagokionez ere. Kontu hauek ikusmiran izanik, 1991. urteko udan lagindu ziren lekuak berriz ikusi genituen 2009. urtean. Egiturazko espezieen banaketan ere aldaketa esanguratsua gertatu da, baina joera hori ez da berdina izan kostalde osoan. Ikerketarekin emaitzek erakutsi dute aldaketak nabarmenak izan direla. Alga koralinazeoak eta hegoaldearekiko afinitatea duten morfologia sinpleko espezieak orohar ugartu egin dira, eta kanpoko espezieen ugartasuna ere emendatu egin da. Gainera, nabarmena da espezie gehiago daudela eta dibertsitatea handitu egin dela azterketa-eremu osoan. Ekoizle primarioetan eta habitat-sortzaileetan antzeman diren aldaketek eragin handia izan dezakete gure kostaldeko ekosisteman. Hain zuzen ere, antzeman diren aldaketa horien atzean arrazoi asko egon daitezke, besteak beste klima-aldaketa. Nahiz eta elikagaien kontzentrazioan gertatu diren aldaketen edota korronteen eta olatuen inguruko datuak, oso mugatuak izan, baliteke horiek ere antzemandako aldaketekin lotuta egotea.

Abstract: Increased trend in sea surface temperature during the last three decades has been documented for the Basque coast (Northern Spain), particularly for spring and summer seasons. Evidence of changes in key structural phytobenthic communities detected at local scale let us to evaluate changes in species abundance and diversity along the Basque coast. For that purpose, several locations studied in summer 1991 were revisited in 2009. Strong changes in the distribution of the main canopy species were detected, although a trend for the whole coast could not be established. Results also showed widespread increases of coralline algae, increases of morphologically simple forms of meridional affinity, introduction and expansion of non-indigenous species. On the other hand, species richness and diversity significantly increased at all studied locations. These changes in major primary producers and habitat formers could signifi-

cantly impact the Basque coast ecosystem. Our results suggest that the global warming could be the responsible for the observed changes. Although data on changes in nutrient concentrations, water transparency and wave energy regime are limited, they are also thought to be involved in the biological changes detected.

SARRERA

Klima-aldaketak lurreko zein itsasoko ekosistemetan eragiten duen us-teak onarpen zabala du. 90eko hamarkadaren bukaeratik hona, lurraren berrotzearen inguruko ikerketa lan eta txosten asko egin dira [1]. Ikerketa horiek erakutsi dute aldaketek esku hartu dutela espezieen osaketan eta bai espezie komunitate ezberdinen banaketa ereduetan ere [2].

Klima Aldaketari Buruzko Gobernu Arteko Taldearen arabera (Intergovernmental Panel of Climate Change: IPCC, 2007), mundu mailan gertatzen ari diren aldaketa honako hauek dira: (i) itsas azaleko tenperaturaren igoera (SST), zeina bereziki ur azaleko geruzetan nabarmentzen den, (ii) ur epel-hotzetako itsas espezieen banaketan eta espezie horien kopuruan gertatu izan diren aldaketak, (iii) ozeanoen azidotzea (oraindik ez da azidotze horrek itsasoko bizidunengan izan duen eragina behar bezala dokumentatu), (iv) haizeen erregimenean gertatu diren aldaketak, eta (v) itsas mailaren igoera bat.

Hala ere, mundu mailan gertatzen ari diren aldaketek tokian-tokian izan dezaketen eragina itsaso eta kostalde bakoitzaren ezaugarrien arabera izango da. Eta egituran ez ezik, itsasoko ekosistemen funtzionamenduan ere eragiten du klima-aldaketak. Horren harira, esan beharra dago kostaldeko ekosistemak direla ahulenak, besteak beste euren erresilientziagatik eta kutsadura edota eutrofizazioa moduko ingurumen-estresa jasan behar izategatik [3].

Are gehiago, aurreikusten da ugaritu egingo direla kostaldean izaten diren asaldak, enbatak maizago gertatzearen ondorioz olatuen energia handitzea esate baterako. Hala, dagoeneko begi-bistakoa da ozeanoen berrotzeak kostaldeko ekosistemetan eragin duen kaltea [4]. Mundu mailako nahiz lurralde mailako klima erduak aurreikusten dute itsas azaleko tenperaturak gora egingo duela, eta era berean, iragartzen dute muturreko klima gertakariak ugaritu eta maizago gertatuko direla ere. Orain artean, aldaketa goiztiarrenak Atlantikoko ipar-ekialdeko lurraldeetan antzeman dira [5].

Ipar Atlantikoa besteak baino azkarrago berotu da azkeneko hamarkadetan [6]. Hain zuzen ere, azkeneko bi mila urteetan, 1980 urteaz geroztik Ipar Hemisferioa beroago izan da aurreko beste edozein data baino.

Baliteke Europan 2003. urtean izan genuen bero boladaren antzekoak sarriago gertatzea [7]. Alcockek Bizkaiko Golkoan gerta litezkeen klima-

asaldadura edo eraldaketen ikerketa sakon bat egin zuen 2003. urtean, eta handik ondorioztatu zuen gure zonalde hau bereziki sentibera izan daitekeela klima-aldaketarekiko. Izan ere, trantsizio biogeografikoko eremu bat da, tenperatura gradiente handiekin eta ur hotz eta «epel-zale» diren espezieen ezohiko banaketa ereduak dituen.

Temperaturari dagokionez 4. IPCC-koek egindako ebaluazio-txostek erakutsi du azkeneko 50 urteotan ur azaleko tenperatura 0,13 gradu igo dela hamar urtetik hamar urtera, eta hurrengo bi hamarkadetan joera hori areagotu egingo dela. Ikerketa horren arabera, hurrengo hamar urteotan 0,2 gradu berotuko da ura.

Euskal kostaldean, antzeman da 1980. urtetik aurrera, hamar urtean behin, 0,24 graduko igoera izan dela [8]. Azken hamarkadetan ugaritu egin dira abuztuan ur azaleko tenperatura 22 gradura egoten den egunak, eta 2003ko abuztuan, esate baterako, 26.5 graduko tenperaturara ere iritsi zen ura [9].

Halaber, zientifikoki probatu da aldaketa nabarmenak izan direla da-goeneko eguzki-erradiazioan, batez ere uda sasoiari. Era berean, ekaitz-aldietan ere, aldaketa esanguratsuak izan dira ur-azaleramenduetan eta elikagaien kontzentrazioan.

Itsas hondoko algak atmosferan gertatu izan diren ingurumen-baldintzen aldaketen adierazle onak dira. Izan ere, aldaketak kostaldeko uretan islatzen dira. Hala, substratuan egonkor bizi diren algek, euren egoneko izaera edo izaera sedentarioa dela-eta, joera dute kontrako ingurumen-baldintzek epe luzean eragiten dizkieten aldaketak bere egiteko [10].

Biogeografiaren ageriko ebidentzia bat da klimak gogor eragiten diola espezieen banaketa naturalari; distribuzio banaketa horrek, era berean, elkarrekintza biotikoen eragina ere jasaten du [11]. Zalantzarik gabe, faktore biotiko eta abiotikoen elkarrekintza konplexu horrek zuzen eragiten dio espezieen oparotasunari eta banaketari. Askotan gertatzen da klima-aldagaiak izaten direla espezie komunitateen egitura, banaketan, oparotasunean eta dibertsitatean gertatu diren aldaketen eragile nagusiak [12, 13, 14].

Horrenbestez, onartzen dugu aldaketa garai batean gaudela eta frogatuta dago tokian tokiko aldaketak izan direla egiturazko fitobenkton komunitateetan [15]. Gainera, iragarpenek diote klima-aldaketak ondorio gehiago ere ekarriko dituela.

Ikerketa lan honen helburu nagusia hau da: euskal kostaldeko urpeko landaredian, hau da, fitobenkton komunitateetan izan diren aldaketak neurtu eta kuantifikatzea. Gai honen inguruan ikerketa lan bakarra egin da orain arte, eta laginketa duela hemezortzi urtekoa da, 1991. urtean egindakoa alegia. Ondorioz, 2009. urtean, lehenengo ikerketa lan hori burutu zenetik hemezortzi urtera, orduko zientzialari talde hark ikergai berari heldu dio berriz, eta arreta handiz errepikatu du ikerketa lan

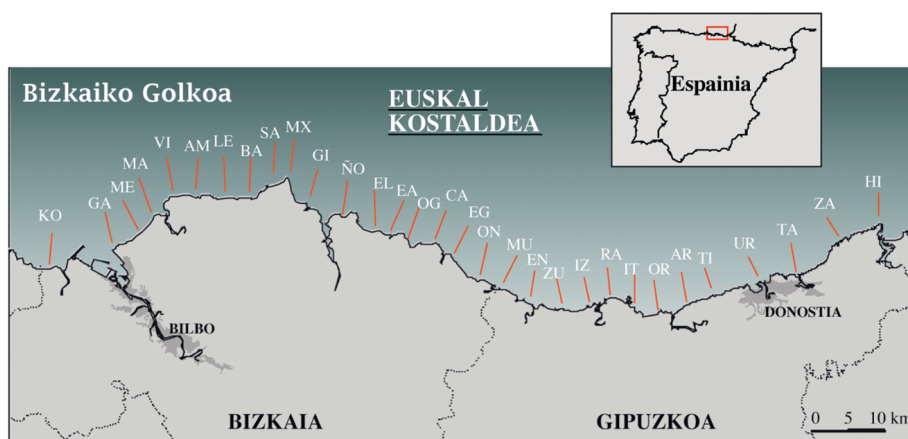
hura, tarte honetan izan diren aldaketak baloratzeko asmotan [16]. Espezieen konposizioa eta ugaritasun erlatiboa, eta espezie-dibertsitatea izan dira aztertu diren aldagaiak.

GARAPENA

Azterketa eremua

Gure kostaldeak 176 kilometro baino gehiago dauzka luzeran, eta Bizkaiko Golkoko hego-ekialdean kokatuta dago. Kostalde harritsuak oso, eta ipar edo ipar-mendebaldeko orientazioa du, hain zuzen ere eremu horretan nagusi diren haizeekin bat eginda. Itsasoko uraren tenperatura neguan, edo zehatzago otsailean, 11 gradukoa izaten da, eta udan, berriz, abuztuan, 22 graduraino igotzen da.

Itsas hondo arrokatsuetako komunitateen azterketan oinarritu dugu gure ikerlana, estuario edo ibai-bokale zabalak alde batera utzita. Lehenengo irudian ikus daitekeen bezala, elkarrengandik antzerako distantziara dauden 31 tokitan oinarritu dugu ikerlana. Aztertutako 31 gunea laburdura baten bidez adierazten dira mapan (1. irudia). Hona hemen laburdura horien esanahia, ekialdetik mendebaldera. KO: Kobaron, GA: Punta Galea, ME: Meñakoz, MA: Matxilando, VI: Villano lurmuturra, AM: Armintza, LE: Lemoiz, BA: Bakio, SA: Gaztelugatxeko Doniene, MX: Matxixakoko lurmuturra, GI: Gibelego, ÑO: Ogoño, EL: Elantxobe, EA: Ea, OG: Ogeia, CA: Santa Catalina, EG: Egiluz kala, ON: Ondarroa, MU: Mutriku, EN: Endata punta, ZU: Zumaia, IZ: Izustarri punta, RA: Getariako arratoia, IT: Iteiko punta, OR: Orío, AR: Arcometei, TI: Tierra Blanca, UR: Urgull, TA: Tambo, ZA: Punta Zabala eta HI: Higer lurmuturra.



1. irudia. Euskal kostaldea: Ikerketa eremua eta 31 laginketa lekuak.

Euskal kostaldean topa ditzakegun algak, biogeografiaren arabera, Ipar-ekialdeko azpi-eskualde atlantiar epela deitzen dugun horretan kokatzen dira. Gainera Euskal floraren espezie «epel zale» batzuek (warm-temperate deritzonak) gure kostaldean dute banaketa muga: *Colpomenia sinuosa*, *Hydroclathrus clathratus*, *Sargassum vulgare*, *Spatoglossum solieri*, *Centroceras clavulatum* edo *Halopithys incurva* adibidez. Era berean, nekez topatuko ditugu hemen Galizia, Ingalaterra eta Britania Handian oso arruntak diren eskualde epeletako espezie «hotz zaleak» (cold-temperate deritzonak): *Ascophyllum nodosum*, *Fucus ceranoides*, *F. spiralis*, *F. vesiculosus*, *Halidrys siliquosa*, *Laminaria ochroleuca*, *Pelvetia canaliculata*, *Saccorhiza polyschides*, *Chondrus crispus* eta *Mastocarpus stellatus* [10].

Metodoak

Ikerketa lan honetan erabili dugun lanerako metodologia erreferentziatzeko ikerketan erabilitakoaren egokitzapena da [16]. Hala, aukera izan dugu bildutako laginetatik ateratako ondorio eta datuak elkarrekin alderatzeko. 1991. urteko udan, 39 tokitan ehun metro luzeko trantsektu bana jarri genituen kostaldearekiko perpendikular (2-3 metro-sakonera hasita), eta horietatik 31 berriz ikusi genituen 2009. urtean. Laginketa sistematikoa aukeratu zen, gero-ahalik eta distantzia motzenez eta denbora laburrenez izandako aldaketa handiena deskribatzeko.

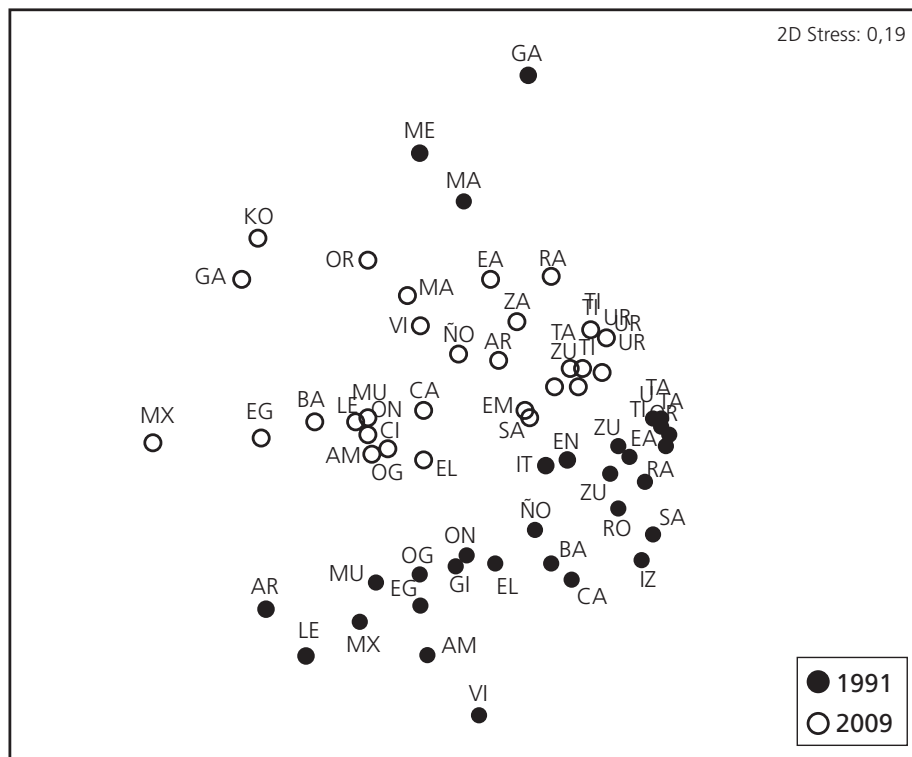
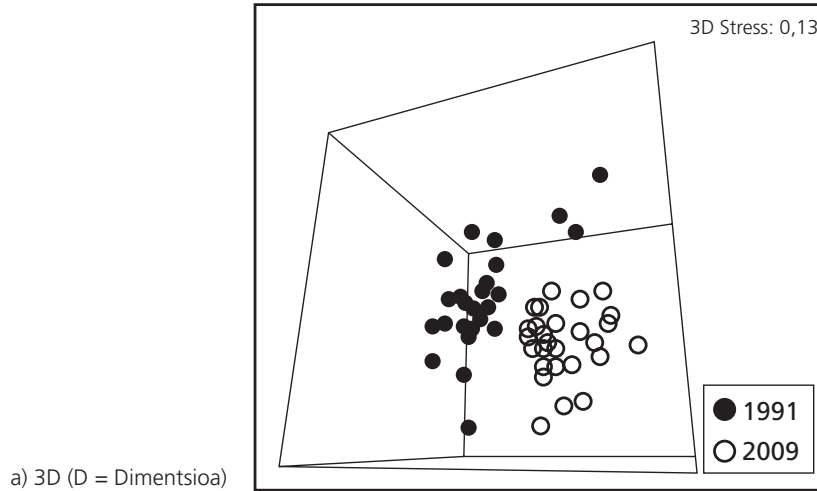
Laginketa ur azpian egin da, eta beraz urpekaritza-ekipamendu autonomoak erabili izan dira.

Trantsektu bakoitzean, bost metrotik bost metrora koadro bat aztertu zen, eta inbentario oso bat egin genuen; trantsektu bakoitzeko 21 koadro lagindu ziren; eta guztira 651 inbentario egin ziren.

Laginketarako metodologian Braun-Blanqueten eskala (+ (< % 1), 1 (% 1-5), 2 (% 5-25), 3 (% 25-50), 4 (% 50-75), 5 (% 75-100)) erabili da koadro bakoitzeko alga-espezie bakoitzaren ehuneko estaldura estimatzeko [17].

Ondoren, trantsektuaren batez bestekoa kalkulatu dugu 21 koadroen datuak erabiliz.

Datuen analisia. Ekologian asko erabiltzen den PRIMER softwarean oinarritu dira analisi guztiak. PERMANOVA (bariantzaren permutazio-aldagai anitzeko analisia) [18] prozedura erabili da alga-komunitateak denboran zein espazioan aldatu direla dioen hipotesia egiaztatzeko. MDS (Multi-Dimensional Scaling) ordenazio-analisiak aukera ematen du denboran eta espazioan izan diren aldaketak grafikoki ikusteko. Behaketa asko egin zirenez, 62 zentroide aztertu dira (urtea X lekua). Ikerketa aldiko bi urteetan espezie diskriminatzaileak identifikatzeko PRIMER paketeko SIMPER prozedura erabili da.



2. irudia. MDS antolaketa.

*Euskal Herriko Kostaldean azkeneko hogei urteetan (1991-2009)
Komunitate Fitobentikoetan izan diren egiturazko aldaketak...*

Bestetik, leku bakoitzeko Mann-Whitney U-testa erabili da espezieen estalduraren esangarritasun maila zehazteko 2 laginketen artean.

Espezie-aberastasuna, Shannon dibertsitatea eta Simpson dibertsitatea batez bestekoak aterata kalkulatu dira eta PRIMER [19] paketeko DIVERSE prozedura errutina erabilia.

EMAITZAK

PERMANOVAREN datuek erakutsi dute desberdintasun esangarriak daudela egindako bi laginketen artean ($p < 0,0002$), hau da, aldaketa nabarmenak egon direla 1991. urtean egindako behaketan jasotako emaitzen eta 2009an egindakoan lortutakoen artean.

Desberdintasun horiek grafikoki ikus daitezke (2. irudia: a eta b) MDS-ren ordenazio-diagraman. Izan ere, lekualdatze edo desplazamentu deiga-

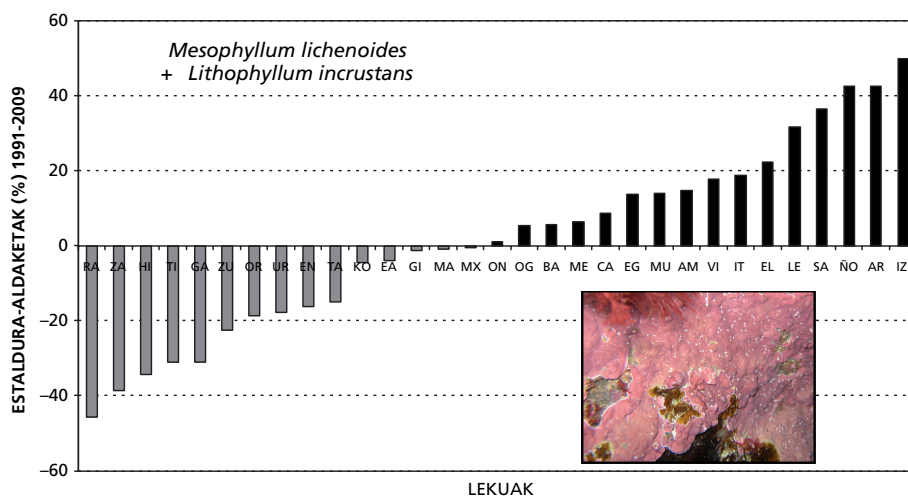
1. taula. Espezie garrantzitsuenak itsas-landarediaren estratifikazio bertikalaren arabera. (K: Kontribuzioa)

	K%(1991)	K %(2009)	K %(totala)
Inkrustagarrien geruza			
Karedun espezieak	5,01	5,42	8,31
<i>Zanardinia typus</i>	0,96	2,42	5,47
Soropilduen geruza			
<i>Corallina spp.</i>	0,88	2,26	5,03
<i>Falkenbergia rufolanosa</i>	0,82	2,25	5,01
<i>Pterosiphonia complanata</i>	1,38	1,18	4,03
<i>Aglaothamnion tenuissimum</i>	0,00	0,89	1,91
<i>Rhodymenia pseudopalmata</i>	0,51	0,68	2,04
<i>Acrosorium ciliolatum</i>	0,02	1,09	2,38
<i>Peysonnelia sp.</i>	0,21	0,92	2,13
<i>Pterosiphonia spp.</i>	0,41	0,95	2,58
<i>Cryptopleura ramosa</i>	0,55	0,51	1,63
Kopadunen geruza			
<i>Gelidium corneum</i>	3,41	4,02	9,86
<i>Cystoseira baccata</i>	1,73	1,89	6,31
Epifitoen geruza			
<i>Plocamium cartilagineum</i>	0,86	1,92	4,54
<i>Dictyota dichotoma</i>	0,64	0,59	2,06

ria ikusi da behatutako lekuetan, bai espazioari eta bai denborari dagokio-
nean ere. 1991. urtean behatutako lekuak borobil beltzez markatuta daude,
eta 2009. urtean aztertutakoak, berriz, borobil zuriz. Bistan da kasu bakar
batean ere ez direla gainjartzen, eta hori bertan egon den aldaketaren adie-
razle da. Gainera, bi laginketak alderatzean espezieen identifikazioan egin
litezkeen hutsegiteak saihesteko, jasotako datu gordinetan aldarazpen baz-
tuk egin dira, zenbait espezie genero mailan sailkatuz. Hori guztia eginda
ere, ikusi diren aldaketak oso esanguratsuak izan dira.

Taldeetan ekarpen handiena egiten duten espezieak batez bestekoen bi-
dez identifikatzen dira SIMPER prozeduran. Emaitzak lehenengo taulan
jaso ditugu, eta itsas landarediaren estratifikazio bertikalaren arabera or-
denatu ditugu. Ikus dezakegun moduan, egindako bi laginketen artean % 2
inguruko ekarpena duten hamabost taxoi daude, eta horiek dira hain zuzen
ere, topatutako desberdintasunak eta komunitate horren konposizio nagusia
zehazten dituztenak.

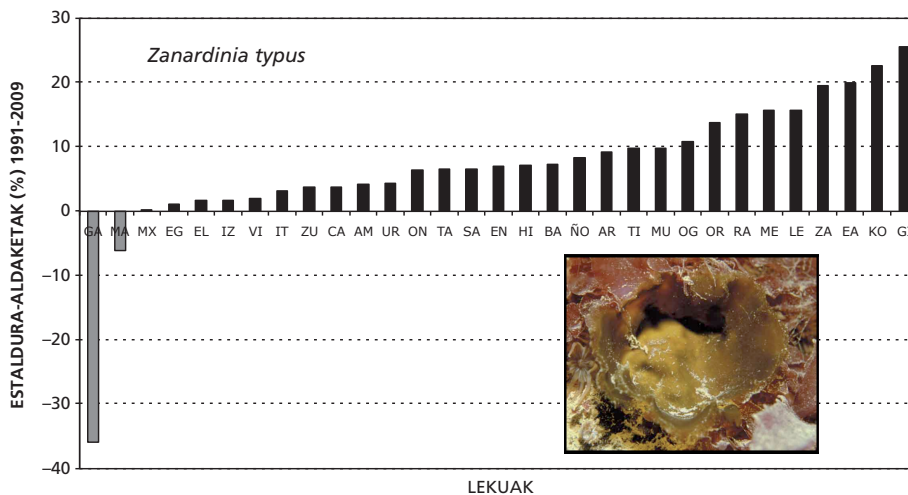
Arroka estaltzen duen itsas landarediaren geruza inkrustatzaileari da-
gokionean, ikusi da *Mesophyllum lichenoides* kare-alga asko murriztu dela
behatutako komunitate erdietan (3. irudia). Aitzitik, gainerakoetan gora-
kada antzeman da, eta ondorioz ezinezkoa zaigu gure kostaldean espezie
horrek izan duen joera nagusia zein izan den zehaztea.



3. irudia. Geruza inkrustatzaile alga karedun espezieen estaldura-aldaketa 1991-2009 bitartean.

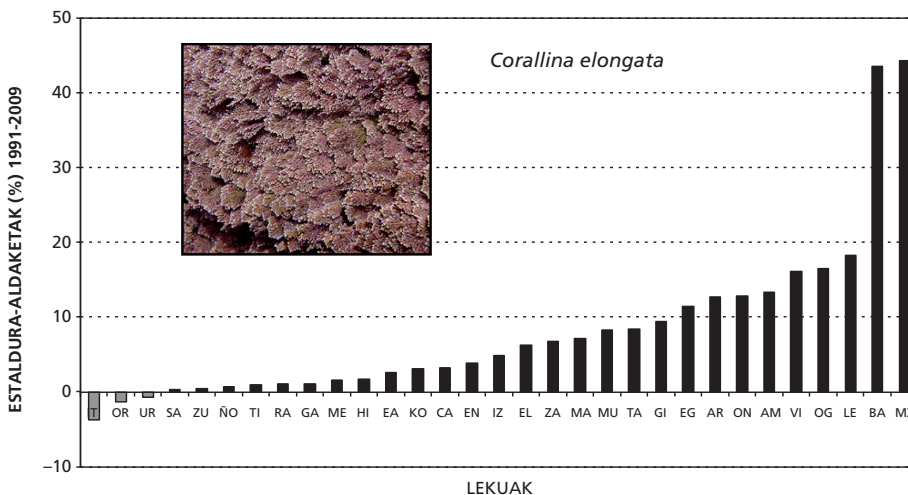
Hala ere, *Zanardinia typus* (4. irudia) alga arrearen estalduran kontuan hartzeko moduko ugaritzea antzeman da behatutako inguru guztian, Punta galean (GA) izan ezik.

*Euskal Herriko Kostaldean azkeneko hogei urteetan (1991-2009)
Komunitate Fitobentikoetan izan diren egiturazko aldaketak...*



4. irudia. *Zonardinia typus* espeziearen estaldura-aldaketa 1991-2009 bitartean.

Soropilduen geruzan aipatzekoa da *Corallina elongata* alga koralina-
zeoak artikulatuak izan duen ugaltzea (5. irudia). Ba dira horretan eragin
duten ingurumen-faktore batzuk, hala nola, itsasoko tenperaturaren gora-
kada, atmosferara isurtzen den CO₂ kopuruaren emendapena, eta kaltzifika-
zio prozesua areagotzea eragin dezakeen irradianzia maila handitu izana.
Gure kostaldean, 1980. urtetik hona, irradianzia areagotu egin da eta, gai-



5. irudia. *Corallina elongata* espeziearen estaldura-aldaketa 1991-2009 bitar-
tean.

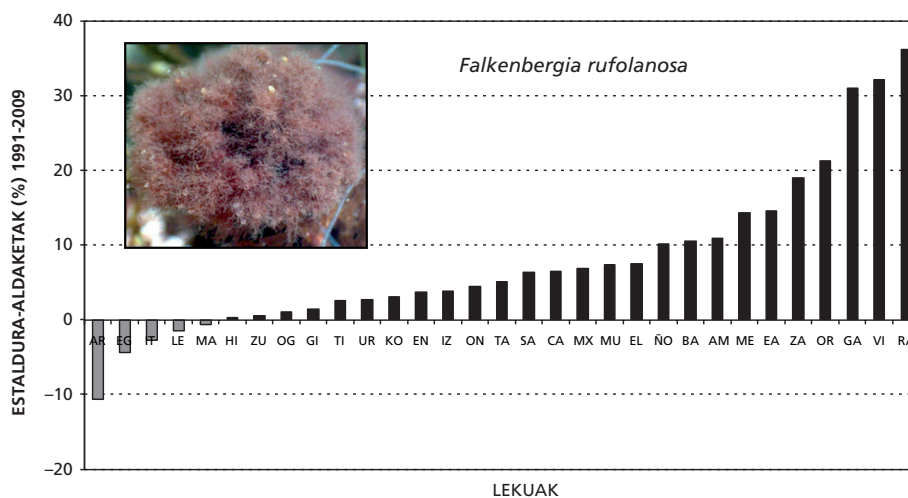
Nahiara Muguerza, Isabel Díez, Alberto Santolaria,
José María Gorostiaga

nera, zenbait koralinazeotan estres zantzuak nabaritu dira, esate baterako zuritzeak edo bleachingak, erradiazio handiekin edota ur bareekin lotura izan dezaketenak. Baliteke gure kostaldean antzemandako tenperaturaigoera horrek kaltzifikazio-prozesua azkartzea. Izan ere, azkeneko hamar-kadetan gero eta udako egun gehiagotan gaintitu du itsasoko uraren tenperaturak 22-23 graduko muga Donostiako Aquariumeko datuen arabera.

Alga soropilduen gainean hazten diren alga zeramiazeoak asko ugaltu dira, eta horien artean bi dira nabarmendu diren espezieak: *Aglaothamnion tenuissimum* eta *Gayliella flaccida*.

Ziurrenik berotze efektu horrek erraztu du kanpoko espezieak gure kostaldean horren erraz ezarri izana.

Esate baterako, uste da *Falkenbergia rufolanosa* (6. irudia) Australiatik zetozen itsasontzietan sartu zela Ipar Hemisferioan. Atlantikoko uretan 1925. urtean topatu zen lehenengoz alga hori, hain zuzen ere Miarritzeko kostaldean. Hala, tenperaturaren igoera eta landare horrek inguru berrietara egokitzeko duen erraztasuna izan dira bi faktoreak, ziurrenik, behatutako leku guztietan alga horrek izan duen ugaltze azkarra azaltzen dutenak.



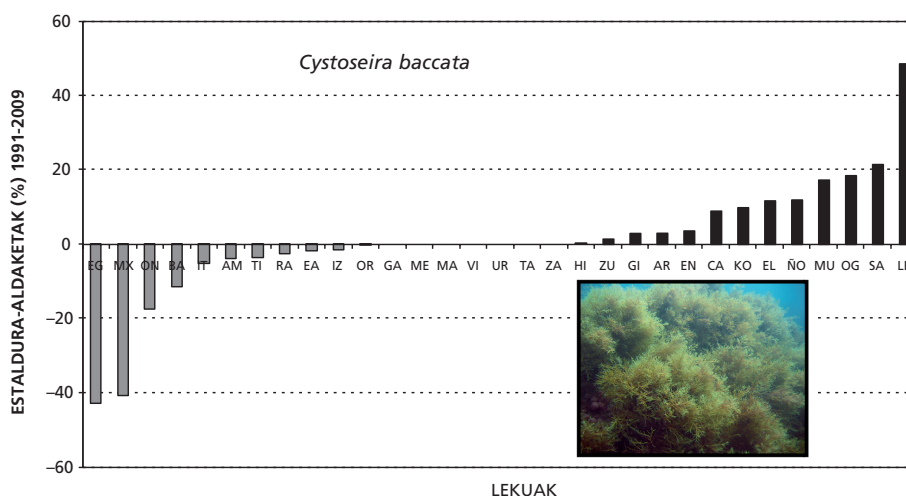
6. irudia. *Falkenbergia rufolanosa* espeziearen estaldura-aldaketa 1991-2009 bitartean.

Era berean, ustez kanpotik ekarritakoa den beste espezie bat ere nabarmen ugartu da behatutako puntu askotan (EA, GI, EL, ON, LE, BA, EG eta MX). Oraingoz, ez dugu lortu espezie mailan identifikatzea, baina nolahi ere, garbi dago *Herposiphonia* generoaren baitakoa dela.

Ugaritu diren beste alga soropildu edo basal batzuk *Pterosiphonia* generokoak dira, bereziki *Pterosiphonia ardreana* delakoa. Aldiz, *Pterosiphonia complanata*k, gure kostaldean ugarienekoak diren alga basal bat denak, aldaketak jasan ditu, bai, baina ezin esan daiteke behatutako leku guztietan modu berean aldatu denik.

Acrosorium ciliolatum alga basal gorri bat da, eta nabarmen ugariatu da ikerketak iraun duen denboran.

Kopadunen geruzan, hau da ikertutako gunetako espezie egituratzaileen barruan, aipamen berezia merezi du *Cystoseira baccata* espezie arreak. Espezie honi kalte handia egiten dio kutsadurak, baina aldiz, ondo jasaten edo toleratzen du sedimentazioa, eta hain zuzen ere, horixe da bai gure kostaldean itsas hondo arrokatsu eta garbietan, bai olatuek gogor jotzen duten inguruetan nagusi den makrofitoa. Hala ere, ikertutako bi aldiak alderatuz gero, ikustekoa da kokapenari dagokionean zer nolako aldaketak izan dituen. Ugariago dago leku batzuetan, eta hori ulertzeko bi azalpen nagusi egon daitezke: batetik, aztertutako zenbait tokitan ur garbiagoa egon liteke orain, eta bestetik, baliteke *Cystoseira baccata* ugariatu den lekuetan (CA, KO, EL, ÑO, MU, OG, SA eta LE) uraren tenperatura nahiz irradianzia igo izana. Bestalde, baliteke espezie hori gutxitu den lekuetan (EG, MX, ON eta BA) denborale edo enbata gogorrek eragin duten higaduragatik gertatu izana (7. irudia).

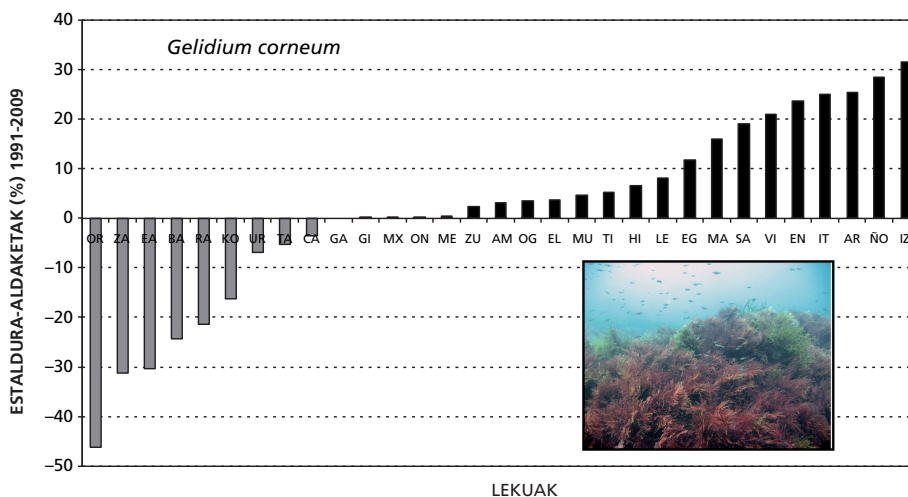


7. irudia. *Cystoseira baccata* espeziearen estaldura-aldaketa 1991-2009 bitartean.

Gainera, ikerketa hau egin den aldi berean laborategian egin diren saioek erakutsi dute espezie hau, *C.baccata* alegia, ondo egokitu dela tenperaturaren eta irradianziaren igoerara [20].

Gelidium corneum oso espezie garrantzitsua da. Espezie egituratzaile hau nagusi da olatuek gogor edo oso gogor jotzen duten itsas hondo arro-katsuetan, eta belardi zabalak osatzen ditu gure kostaldean.

Emaitzek ez dute kostalde osora orokortu daitekeen joerarik adierazi (8. irudia). Izan ere, aldatu den arren eta ikertutako leku guztietan aldaketak nabarmenak izan diren arren, ezin da esan eredu bera erakutsi duenik leku guztietan. Hala, *Gelidium corneum* gutxitu egin da ur garbi eta gardenetan, irradiantzia handiko lekuetan ahulagoa delako (ZA, EA, BA, RA eta KO); aldiz, ur uherretan, ibai aho edo bokaletan esate baterako, ugartu egin da (HI, LE, EG, MA, SA, VI, EN, IT, AR, ÑO, eta IZ), irradiantziatik babestuago dagoelako. Era berean, ur-kalitatea hobetu den lekuetan ere ugartu egin da. Ikerketa paraleloek adierazi dute *G. corneum* espeziea ez dela ondo egokitu irradiantzia handitu den lekuetara.



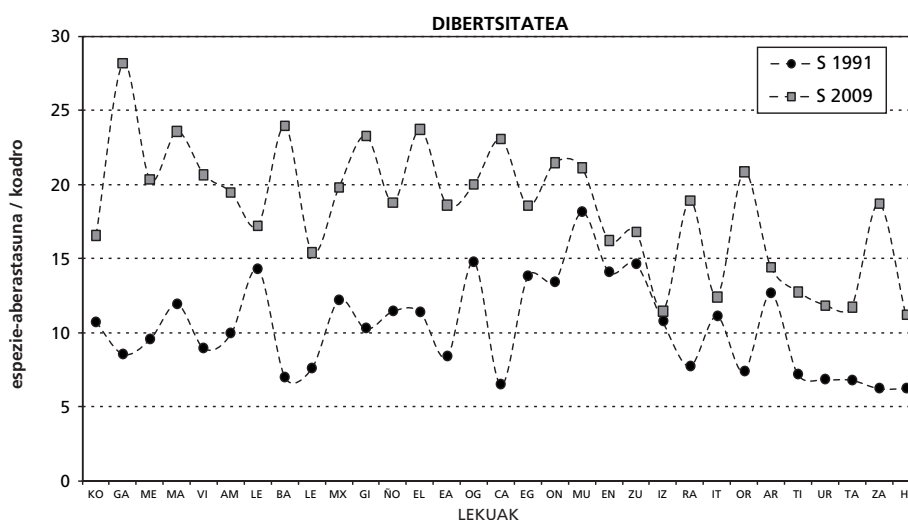
8. irudia. *Gelidium corneum* espeziearen estaldura-aldaketa 1991-2009 bitartean.

Geruza epifitoetan, *Plocamium cartilagineum* espeziea da ugariena. *G. corneum* espeziearen frondeetan hazten da bereziki. *P. cartilagineum* espeziea asko ugartu den bi lekutan izan ezik, gainerako aldaketak ziurrenik urtaro bakoitzean izaten diren aldaketei egotzi behar zaizkie.

Dibertsitateari dagokionez, egindako bi laginketak alderatzen baditugu, argi ikusiko dugu azken hogeitau urteotan espezieak nabarmen ugartu direla ikerketutako eremuan. Bestela esanda, gure kostaldeko alga-espezieen kopuruak (S) handitu egin da (9. irudia). Dibertsitate indizeei dagokienean, bai espezieen aberastasunaren adierazle den Shannon indizeari eta bai na-

*Euskal Herriko Kostaldean azkeneko hogei urteetan (1991-2009)
Komunitate Fitobentikoetan izan diren egiturazko aldaketak...*

gusitasunaren adierazle den Simpson indizeari dagokienean, esan behar dugu bata zein bestea handiagoak direla 2009an 1991. urtean baino. Ingurumen-baldintzak aldatzen badira, baliteke espezieen arteko oreka haustea eta dibertsifikazioa handitzea. Izan ere, espezie jakin batzuek egoera hori baliatzen dute bertan ezartzeko; aldiz, egoera hori egonkortzen denean eta berriz ere espezieen arteko oreka lortzen denean, gerta daiteke dibertsifikazioan atzerapausua ematea.



9. irudia. Dibertsitatea: espezieen aberastasunarean arabera.

ONDORIOAK

Ikerketa honetako emaitzak eskuartean ditugula, honako hau ondoriozta dezakegu azken hogei urteotan gure kostaldean gertatu denaz:

- Alga koralinazeoak oro har ugaritu egin dira: *Corallina elongata*, *Jania rubens*, eta *Lithophyllum incrustans*.
- Hegoaldearekiko afinitatea duten morfologia sinpleko espezieak ugaritu egin dira:

Gayliella flaccida, *Aglaothamnion tenuissimum*, eta *Acrosorium ciliolatum*.

- Kanpoko espezieen ugaritasuna emendatu egin da: *Falkenbergia rufofolanosa* eta *Herposiphonia sp.*

- Gure kostaldeko espezie egituratzaileen kokapen-patroietan aldaketa esanguratsuak gertatu dira: *Gelidium corneum* eta *Cystoseira baccata*.
- Espezie gehiago daude eta dibertsitatea handitu egin da.

Ekoiak primarioetan eta habitat eratzaileetan antzeman diren aldaketek eragin handia izan dezakete gure kostaldeko ekosisteman. Hain zuzen ere, antzeman diren aldaketak bat datoz azken hamarkadetan ingurumen-baldintzetan gertatu diren ageriko aldaketekin. Ikertu dugun eremuan, uraren tenperatura igo eta irradianzia handitu egin da; horrek iradoki du berotze efektua, hau da, klima-aldaketa izan dela aldaketa horien erantzuleetako bat. Gainera, frogatua dago itsas gainazaleko tenperaturaren gorakadaren asaldua espezie exotikoak ezartzea errazten duela [4].

Hala ere, elikagaien kontzentrazioan gertatu diren aldaketen edota uraren gardentasunari edo itsasoaren dinamikari dagokionean eman diren aldaketen inguruko datuak, hau da, korronteen edo olatuen inguruko datuak, oso muga-
tuak dira, eta baliteke horiek ere antzemandako aldaketekin lotuta egotea.

Ipar itsasoan ere ingurumen-aldaketak garrantzitsuak izan dira eta zonalde horrek antzekotasun handia du gure kostaldean gertatu denarekin. Han, fitobenkton komunitateetan egitura-aldaketa esanguratsuak ikusi dira, kopadunen geruzaren galera nabarmena izanik [2].

Era berean gure emaitzekin bat dator Cloernen lana, non adierazi baitzen makroalgen komunitateetan elikagai-aberastasunaren efektu nagusia hautazko baldintzen aldaketa dela. Hazkuntza motela duten alga iraunkorrek nagusitasuna galtzen dute hazkuntza azkarra eta morfologia sinplea duten algen onurako, eta beraz komunitatearen egitura eta dibertsitatea guztiz aldatzen da [21].

Klima-aldaketaren testuinguru honetan (berotze efektua), badakigu azkarra dela algek ingurumenean gertatutako aldaketen aurrean emandako erantzuna, eta beraz algak erabil daitezke klima-aldaketak itsasoko ekosistemetan eragin ditzakeen aldaketen ebaluazio azkarra egiteko [22]. Horregatik dira hain egokiak komunitateen jarraipen-azterketak («monitoring»).

ESKER ONAK

Egileek bereziki eskertu nahi diogu Arantza Aldezabali egindako irakurketa eta zuzenketa, zeren eta berak egindako lana dezente nahiko hobetu duelako gure idazlana. Aipamen berezia merezi du Ainara Argoitiak, egindako lana eta laguntzagatik.

Aldi berean eskerrak luzatu nahi dizkiegu ikerketa hau garatzeko laguntza eman diguten erakundeei: alde batetik Eusko Jaurlaritzako

K-EGOKITZEN proiektuari eta bestetik Espainiako Zientzia eta Berrikuntzako Ministerioak finantzaturako ECOLIFE-CAN proiektuari.

BIBLIOGRAFIA

- [1] LIMA, F.P.; RIBEIRO, P.A.; QUEIROZ, N.; HAWKINS, S.J. eta Santos, A.M. (2007). «Do distributional shifts of northern and southern species of algae match the warming pattern?». *Global Change Biology* 13, 2592-2604.
- [2] PEHLKE, C. eta BARTSCH, I. (2008). «Changes in depth distribution and biomass of sublittoral seaweeds at Helgoland (north Sea) between 1970 and 2005». *Climate Research*. 37: 135-147.
- [3] HUGHES, T.P.; BAIRD, A.H.; BELLWOOD, D.R.; CARD, M.; CONNOLLY, S.R.; FOLKE, C.; GROSBERG, R.; HOEGH-GULDBERG, O.; JACKSON, J.B.C.; KLEYPAS, J.; LOUGH, J.M.; MARSHALL, P.; NYSTRÖM, M.; PALUMBI, S.R.; PANDOLFI, J.M.; ROSEN, B. eta ROUGHGARDEN, J. (2003). «Climate change, human impacts, and the resilience of coral reefs». *Science* 301: 929-933.
- [4] HARLEY, C.D.G.; HUGHES, A.R.; HULTGREN, K.M.; MINER, B.G. CASCADE, J.B.S.; THORNER, C.S.; RODRÍGUEZ, L.F.; TOMANEK, L. eta WILLIAMS, S.L. (2006). «The impacts of climate change in coastal marine systems». *Ecology Letters* 9: 228-241.
- [5] IPCC (2007). «Climate change 2007: the physical science basis». In: SOLOMON, S.; QIN, D.; MANNING, M.; CHEN, Z.; MARQUIS, M.; AVERYT, K.B.; TIGNOR, M. eta MILLER, H.L. (eds.). *Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, U.K., 996 pp.
- [6] MICHEL, S.; TREGUIER, A.M. eta VANDERMEIRSCH, F. (2009). «Temperature variability in the Bay of Biscay during the past 40 years, from an in situ analysis and a 3D global simulation». *Continental Shelf Research* 29: 1070-1087.
- [7] BENISTON, M.; STEPHENSON, D.B.; CHRISTENSEN, O.B.; FERRO, C.A.T.; FREI, C.; GOYETTE, S.; HALSNAES, K.; HOLT, T.; JYLHÄ, K. eta KOFFI, B. (2007). «Future extreme events in European climate: an exploration of regional climate model projections». *Climatic Change* 81: 71-95.
- [8] GONZÁLEZ, M.; FERRER, L.; FONTÁN, A.; MADER, J.; URIARTE, A. eta ESNAOLA, G. (2008). *Trend analysis of sea surface temperature at the aquarium of Donostia-San Sebastián (1946-2007)*. Abstracts of Symposium «Effects of Climate Change on the World's Oceans» (Gijón) 64.
- [9] GOIKOETXEA, N.; BORJA, A.; FONTÁN, A.; GONZÁLEZ, M. eta VALENCIA, V. (2009). «Trends and anomalies in sea-surface temperature, observed over the last 60 years, within the southeastern Bay of Biscay». *Continental Shelf Research*. 29: 1060-1069.
- [10] GOROSTIAGA, J.M. eta DíEZ, I. (1996). *Changes in the sublittoral benthic marine macroalgae in the polluted area of Abra de Bilbao and proximal coast (Northern Spain)*. Marine Ecology Progress Series. 130:157-167.

- [11] PEARSON, R.G. eta DAWSON, T.P. (2003). «Predicting the impacts of climate change on the distribution of species: are bioclimate envelope models useful?». *Global Ecology & Biogeography* 12, 361-371.
- [12] ADAMS, S.M. (2005). «Assessing cause and effect of multiple stressors on marine systems». *Marine Pollution Bulletin* 51:649-657.
- [13] CARDOSO, P.G.; RAFFAELLI, A.I.; LILLEBO, T.; VELDELHOS eta PARDAL, M.A. (2007). «The impact of extreme flooding events and anthropogenic stressors on the macrobenthic communities' dynamics». *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 76: 553-565.
- [14] GARMENDIA, M.; BORJA, A. eta MUXIKA, I. (2008) «Long-term environmental, climatic and anthropogenic factors affecting subtidal soft-bottom benthic communities, within the Basque coast». *Revista de Investigación Marina* 2.
- [15] Díez, I.; MUGUERZA, N.; SANTOLARIA, A.; GANZEDO, U. eta GOROSTIAGA, J.M. (2012). «Seaweed assemblage changes in the eastern Cantabrian Sea and their potential relationship to climate change». *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. doi:10.1016/j.ecss.2011.12.027
- [16] GOROSTIAGA, J.M.; SANTOLARIA, A.; SECILLA, A. eta Díez, I. (1998). «Sublittoral benthic vegetation of eastern Basque coast (N Spain): structure and environmental factors». *Botanica Marina*, 41: 455-465.
- [17] BRAUN-BLANQUET, J. (1951). *Fitosociología: bases para el estudio de las comunidades vegetales*. McGraw Hill, New York, 820 pp.
- [18] ANDERSON, M.J.; GORLEY, R.N. eta CLARKE, K.R. (2008). *PERMANOVA? for PRIMER: Guide to Software and Statistical Methods*. PRIMER-E, Plymouth, UK, 214 pp.
- [19] CLARKE, K.R. eta GORLEY, R.N. (2006). *PRIMER v6. User manual*. PRIMER-E. Ltd., Plymouth.
- [20] FIGUEROA, F.L.; KORBEE, N.; MÁRQUEZ, E.; DE MIGUEL, I.; Díez, I.; MUGUERZA, N.; SANTOLARIA, A. eta GOROSTIAGA, J.M. (2011). *Changes in subtidal macroalgae at the Bay of Biscay: Ecological and Physiological indicators of the effects of global warming*. NEAS Symposium.
- [21] CLOERN, J.E. (2001) «Our evolving conceptual model of the coastal eutrophication problem». *Marine Ecology Progress Series* 210: 223-253.
- [22] Díez, I.; SANTOLARIA, A. eta GOROSTIAGA, J.M. (2003). «Relationships of environmental factors to the structure and distribution of subtidal seaweed vegetation of the western Basque coast (N. Spain)». *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 56: 1041-1054.