



---

Gradu Amaierako Lana  
BIOLOGIAko gradua

---

**Klima-aldaketaren eraginak euskal kostaldeko  
mendebaldeko sakonera handiko begetazio  
azpimarealean**

**Egilea**

Olatz Arriaga Telleria

**Zuzendariak**

José María Gorostiaga Garai doktorea

Isabel Díez San Vicente doktorea

## **AURKIBIDEA**

LABURPENA	3
ABSTRACT	4
1. SARRERA	4
2. MATERIALAK ETA METODOAK	
2.1 Ikerketa-eremua	7
2.2 Laginketa-diseinua	8
2.3 Laborategi-prozesaketa eta identifikazioa	9
2.4 Datuen tratamendu estatistikoa	9
3. EMAITZAK	10
4. EZTABAIDA	14
5. ONDORIOAK	17
6. ESKER ONAK	17
7. BIBLIOGRAFIA	18
8. ERANSKINAK	21

## **Klima-aldaketaren eraginak euskal kostaldeko mendebaldeko sakonera handiko begetazio azpimarealean.** Egilea: Olatz Arriaga Telleria

Landare-Biologia eta Ekologia saila, Facultad de Ciencia y Tecnología/ Zientzia eta Teknologia Fakultatea, Universidad del País Vasco/ Euskal Herriko Unibertsitatea, Apdo. 644, E-48080 Bilbo. Posta elektronikoa: olatzarriaga@hotmail.com

### **Laburpena**

Euskal kostaldeko mareazpiko begetazioak aldaketa esanguratsuak jasan ditu azken hiru hamarkadetan. Aurretik egindako ikerketek jakinarazi dute aldaketa horiek klima-aldaketak eragindakoak direla. Ikerketa honen helburua inpaktu horri buruzko informazio gehiago lortzea da. Horretarako, sakonera handiko uretako fitobentosaren osaerari eta ugaritasunari buruzko balioespena egin da. 2014. urteko udan 7 trantsektu ezarri ziren, Kobaroneko muturretik Muskizeko muturreraino. Trantsektu horiek aurretik ikertuak izan ziren 1982 eta 2007 urteetan, eta laginketa suntsitzailea egin zen. Análisi estatistikoek aldaketa esanguratsuak erakusten dituzte sakoneko (9-11m) komunitateetan azken 32 urteetan. Uraren tenperaturaren emendioa eta eguzki-erradiazio altuagoa detektatutako aldaketen erantzuleak izan daitezke neurri batean. *Pterosiphonia complanata* espezie esziafiloaren gainbeherak eta *Cystoseira baccata* eta *Aphanocladia stichidiosa* espezieen ugaritzeak hipotesi hori azaltzen dute. Espero genuenaren kontra, *Gelidium corneum* espeziea, sakontasun gutxiko uretan gainbehera bortitza jasaten ari dena, ez da 9 metrotik beherako sakonerara lekualdatu. Hala ere, ezin da ziurtatu egungo ingurumeneko baldintzak optimoak ez direnik *G. corneum* espeziearen garapenerako 9-11 metroko sakoneretan. Migrazio bertikal hori ez gertatzearen arrazoi onargarriena *C. baccata*-rekiko lehiakortasuna dela dirudi. Bestalde, *C. baccata* hiru dimentsiotako habitatak eratzeko gai den tamaina handiko alga bat da, espezie askorentzat babesleku gisa diharduena. Ondorioz, haren hedapenak *G. corneum*-ek sakonera txikiagoetan betetzen zuen funtzioa ordezkari lezake neurri batean.

**Hitz gakoak:** klima-aldaketa, eguzki-erradiazioa, uraren tenperaturaren emendioa, fitobentosa

## Abstract

The subtidal vegetation of the Basque coast has suffered significant changes in the past three decades. Previous studies have shown that these changes are due to the impact of climate change. The present study aims to provide more information concerning the impact, for which, makes an assessment of the composition and abundance of phytobenthos in deep waters (10-11m). For this purpose, 7 transects were established from Punta Muskiz to Punta Kobaron in summer 2014, which were previously analyzed in 1982 and 2007, and a destructive sampling was performed. Statistical analyzes revealed a significant change in the communities in the past 32 years. Factors such as rising water temperatures and a greater availability of light could be partly responsible for the detected changes, as suggested by the decline of sciaphilous species *Pterosiphonia complanata* and the increases in *Cystoseira baccata* and *Aphanocladia stichidiosa*. Contrary to our predictions, *Gelidium corneum*, which is suffering a decline in shallow waters due to excessive irradiance, has not shifted to depths below the 9 m deep. Although it cannot be ruled out that the current environmental conditions at that depth are not optimal for the development of *G. corneum*, competitive exclusion with *C. baccata* it is probably the most plausible explanation for the absence of vertical migration of *G. corneum*. Moreover, since *C. baccata* is a large-sized macrophyte capable of generating a three-dimensional habitat for numerous species, its expansion could replace, at least partially, the function developed by *G. corneum* in shallower waters.

***Key words:*** climate change, rising sea water temperature, irradiance, phytobenthos

## 1. Sarrera

Atmosferako berotegi efektuko gasen kontzentrazioaren emendioak munduko batz besteko tenperaturaren gorakada eragin du, azken 30 urteetan 0,2°C-ko igoera sortuz hamarkada bakoitzeko (Hansen eta kol, 2006). Igoera horren %90a ozeanoek xurgatu dute, %1a atmosferak xurgatu duen bitartean (Bindoff eta kol., 2007; IPCC, 2014). Ondorioz, uraren gainazaleko batz besteko tenperatura globala 0,67°C igo da azken mendean (Trenberth eta kol., 2007). Mundu mailako tenperaturaren igoerarekin lotuta, euskal kostaldean hamarkada bakoitzeko 0,26°C-ko igoera hauteman da itsasoko gainazaleko uraren tenperaturan, 1977. urteaz geroztik (Goikoetxea eta kol., 2009). Hainbat ikerketa egin dira ekosistema itsastarrek beroketa globalari emandako erantzunaren inguruan. Horietatik ondoriozta daiteke planetak espezieen banaketaren

inguruko aldaketa sakonei aurre egin beharko diola (Müller eta kol., 2009; Schiel eta kol., 2004). Bestalde, hainbat ikerketek agerian utzi dute makroalga espezie itsastar ugari latitude altuagoetara lekualdatzen ari direla (Hiscock eta kol., 2004; Mieszkowska eta kol., 2005; Lima eta kol., 2007).

Beroketa globalarekin batera, kliman gertatutako aldaketek atmosferako eta uretako haizearen zirkulazio-ereduak eraldatzen ari dira ingurune itsastarrean. Aldaketa horiek ur ozeanikoen mugimendu bertikalean eragin dezakete (azaleratzeak, estratifikazioak), elikagaien erabilgarritasuna emendatuz edo murriztuz. Zentzu horretan, hainbat ikerketek (Llope eta kol., 2007; Valdés eta kol., 2007) erakutsi dute Kantauri itsasoaren emankortasuna gero eta txikiagoa dela, nitratoen eskuragarritasunaren jaitsiera dela eta. Jaitsiera honen arrazoiak azaleratzeen intentsitatearen beherakada eta ur-zutabearen udako estratifikazio-aldien emendioak dira (Llope eta kol., 2007). Gainera, badirudi 1980. urteaz geroztik euskal kostaldean udan erregistratutako prezipitazioen beherakadak ere elikagaien erabilgarritasunean eragina izan duela. Izan ere, prezipitazio jaitsierak elikagaietan aberatsak diren ur kontinentalen sarreraren beherakada eragin du estratifikazio garaian.

Klima-aldaketarekin lotutako beste eragile bat ozeanoen azidifikazioa da. Industria-aroaren hasieratik ozeanoek xurgatutako CO<sub>2</sub> kantitatea emendatu egin da, itsasoko uraren pHaren jaitsiera eraginez. Caldeira eta kol. (2003)-ek egindako ikerketak ozeanoetako pHaren aldaketak kuantifikatu zituen, CO<sub>2</sub>-aren askapenaren emendioak eragindakoak. Gainera, aurretik aipatutako pH aldaketak erregistro geologikoetatik eta historikoetatik estimatutako pH aldaketekin alderatu zituzten. Ikusi zuten ozeanoek xurgatutako CO<sub>2</sub>-ak aldaketa sakonak eragin zitzaizkela ozeanoetako pHan ondorengo mendeetan, makroalga karedunetan eskala handiko inpaktuak sortuz (Nelson, 2009). Aldaketa hauek azken 300 milioi urteetan erregistro geologikoetatik ondorioztatutako edozein aldaketa baino handiagoak izango direla espero da. Hala ere, orain arte ez da ebidentziarik aurkitu azkenengo hamarkadetan euskal kostaldeko pHan aldaketak gertatu direla baieztatzeko.

Bestalde, eguzki-erradiazio globala gutxi gorabehera 4,1 W/m<sup>2</sup> emendatu da 1980. urteaz geroztik, bereziki Ipar hemisferioko eskualde industrializatuetan. Garai hau ingelesez “brightening period” izenarekin ezagutzen da (Wild eta kol., 2009). Sanchez-Lorenzo eta kol., (2013)-ren arabera, eguzki-erradiazioa esanguratsuki emendatu da Espainiako ipar kostaldean ere 1985-2010 urteetan, batez ere euskal kostaldean uda garaian. Beraz, ondoriozta daiteke euskal kostaldeko argi eskuragarritasunaren emendioak zenbait makrofitoetan berrantolaketa espazialak eragin dituela. Bereziki, ondo argizatutako marearteko habitatetan ohikoak diren

mareazpiko makrofitoen sartzearen eta hedatzearen eragilea izan dela uste da (Diez eta kol., 2012).

Klima-aldaketak planetako biodibertsitatean eragin negatibo bortitzak sortuko dituela iradokitzen da. Horren arrazoietakoa bat espezie exotikoen hedapena da, ekosistemen homogeneizazioa eragingo duena (Stachowicz, 2002). Klima-aldaketak ingurumenean sortutako eraldaketek espezie aloktono eta inbaditzaileen hedapena erraztu dezakete. Izan ere, espezieen banaketaren egungo ereduak eraldatuko lirateke, eta horrek espezie exotikoen eta bertakoek arteko lehia eraldatuko luke. Hau da, uraren tenperaturak eta baldintza fisiko-kimiko berriek espezie aloktonoak lehiakorragoak bilaka ditzakete (Occhipinti-Ambrogi, 2007). Hainbat ekosistema itsastarretan espezie exotikoen ugartzea behatu izan da (Stachowicz, 2002). Euskal kostaldearen kasuan, berriki *Antithamnion amphigeneum*, *Scageliopsis patens*, *Antithamnion nipponicum* eta *Heterosiphonia japonica* espezieen sarrera detektatu da (Diez eta kol., 2012).

Euskal kostaldea beroketa globalarekiko bereziki sentikorra izan daiteke. Izan ere, Bizkaiko Golkoko eskualderik beroena da. Gainera, inguruko eskualdeekin alderatuta, hegoaldeko espezieetan aberatsa den flora aurkezten du, iparraldean ohikoak diren espezie gutxi aurkezten dituen bitartean (fukazeoak eta laminariazeoak) (Valencia eta kol., 2004; Gorostiaga eta kol., 2008). Horrek esan nahi du uraren etengabeko beroketaren aurrean euskal kostaldea espezieen esportazio-iturri bilakatu dela aldameneko eskualdeentzat, baina ez dela espero kontrako migrazioerik.

Euskal kostaldean, sakontasun txikitik eta substratu arroksuetan bizi diren mareazpiko komunitateetan *Gelidium corneum* (Hudson) J.V. Lamouroux espeziea da nagusi. Alga hori Kantauriko kostalde osoan zehar sakabanatuta dago, 3 eta 10 metroko sakoneraren artean larre zabalak eratzen dituelarik (Gorostiaga, 1995; Díez eta kol., 2003). Garrantzia handiko espezie gakoa da mareazpiko ekosistemetan, babeslekua eta elikagaia eskaintzen dielako hainbat espezieri. Gainera beste algak zein ornogabeak finkatzeko substratu gisa ere dihardu. Berriki, *G. corneum*-en populazioen gainbehera bortitza antzeman da euskal kostaldeko ur garbietan (Diez eta kol., 2012). Era berean, despigmentazio gogorra eta estres sintomak aurkeztu ditu gardentasun handiko kosta eremuetan (Quintano eta kol., 2013). Horrek guztiak aditzera ematen du ingurumeneko baldintzetan gertatutako aldaketek makrofito horrengan eragin negatiboak eduki ditzaketela, eta ondorioz, mareazpiko ekosistema guztiarengan. Aipatutako aldaketa horien artean garrantzitsuenak gainazaleko uraren tenperaturaren igoera, eguzki-erradiazioaren emendioa eta elikagaien erabilgarritasunaren jaitsiera dira. Ingurumeneko estres eragile hauei olatuen eragin urratzailea gehitu behar zaie, zeinaren energia emendatu den azken hamarkadan (Borja eta kol., 2013).

Sakontasunarekin batera eguzki-erradiazioaren eta tenperaturaren jaitsierak gertatzen direnez, *G. corneum*-en banaketak lekualdaketa bertikala pairatzea espero da, sakontasun handiagoetan babeslekua aurkituz. Hipotesi hau baieztatzeko, aurretik ikertua izan den kosta-eremu bat aukeratu da, eta espezie horren larreen banaketaren behe-mugatik beherako begetazioa ikertu da. Limia eta Gorostiaga (1987) eta Gorostiaga (1995)-ren argitalpenen arabera, 80-90 hamarkadetan bi komunitate mota ziren nagusi Kobaron udalerriko kostaldean (Bizkaia): lehenengoa oso homogeneoa zen eta ia-ia *G.corneum* espezieaz eratuta zegoen bere osotasunean, larre zabalak eratuz 3 eta 9 metroko sakoneren artean. Bigarren komunitatea batez ere *Pterosiphonia complanata*-k osatzen zuen eta aurreko komunitatea ordezkatzen zuen sakonera handiagoko uretan (9-11m).

Ikerketa honen helburua 9-11 metro bitarteko mareazpiko begetazioan gertatutako asaldurak neurtzea da, egungo egoera 1982 eta 2007 urteetan egindako ikerketetan lortutako emaitzekin alderatzeko. Horrela, behatu ahalko litzateke *G.corneum* espezieak sakonera handiagoetan babeslekua aurkitu duen edo ez.

## 2. Materialak eta metodoak

### 2.1. Ikerketa-eremua

Euskal kostaldea Kantauri itsasoko ekialdean kokatuta dago, Espainiako iparraldean, eta 192km-tan zehar hedatzen da. Kostaldea malkartsua da, eta substratu arroksuz, itsaslabar bertikalez eta hareazko hondartzez tartekatutako abrasio-plataformaz osatuta dago. Orokorrean, sedimentuen estaldura ez da oso handia. Kostaldea irekia da eta mendebalde-iparekialdetik eta iparraldetik heltzen diren olatuak jasaten ditu, haien batz besteko altuera 2 eta 1,9m-takoa izanik hurrenez hurren (CEPYC-CEDEX, 2000). Ikerketa Kobaronen (Muskiz, Bizkaia) egin zen, gutxi gorabehera 2km-ko zabalerako kosta-eremuan, zonaldea Kobaroneko eta Muskizeko muturren artean kokatuta dagoelarik (1. irudia).



1. irudia – Ikerketa-eremua

## 2.2. Laginketa-diseinua

2014ko udan 7 trantsektu ezarri ziren. Bi itsaspekarik trantsektu-lerro bakoitza kostaldearekiko perpendikularki zehaztu zuten, iparralde-hegoalde orientazioarekin. Trantsektu bakoitzaren hasiera-puntua 2m-ko sakoneran ezarri zuten (marea biziarekiko 0 mailan). Laginketa geruzatu suntsitzailea egin zen (50x40cm-ko karratua) 2, 3, 6, 9, 10 eta 11m-ko sakoneretan, 2014ko abuztuko azken 2 asteetan. Helburua *G. corneum* algaren banaketa-sakoneratik gorako zein beherako alga-komunitate desberdinak lagintzea zen. Lan honetan arreta sakonera handiko uretan jarri denez, 10 eta 11m-ko laginak erabili dira.

Guztira 36 lagin bildu ziren (1. taula). Bildutako begetazioa eskuz hartu zen, aizto baten laguntzarekin, estratu inkrustantea (kalkareoa gehiena) bildu ez zelarik. Algen biomasa zenbakitutako oihalezko poltsetan sartu zen, ondoren laborategira eramateko. Laginak zenbakitutako plastikozko poltsetan kontserbatu ziren: bolumen gehien betetzen zutenak izoztuta kontserbatu ziren, hauskorrak zirenak (haritsuak edo tamaina txikikoak) %5ean formolatutako itsasoko uretan gorde ziren bitartean.

**1. Taula** – Trantsektu bakoitzaren sakoneren kokalekua. Gidoiek laginik hartu ez zireneko hondo hareatsuko lekuak adierazten dituzte. 1982 eta 2007 urteetan bildutako laginak zenbaki laranja adierazita daude, 1982 eta 2014 urtetakoak gorritz, 2007 eta 2014 urteetan bildutakoak berdez eta urte guztietan bildutakoak urdinez.

Trantsektuen luzera (m)	Tr 1	Tr2	Tr 3	Tr 4	Tr 5	Tr 6	Tr 7
1982	110	220	270	200	180	180	130
2007	100	200	200	200	150	60	100
2014	100	200	200	200	150	60	100
Sakontasuna							
<b>2m</b>	1	7	13	19	25	31	33
<b>3m</b>	2	8	14	20	26	32	34
<b>6m</b>	3	9	15	21	27	-	35
<b>9m</b>	4	10	16	22	28	-	36
<b>10m</b>	5	11	17	23	29	-	37
<b>11m</b>	6	12	18	24	30	-	-



### **2.3. Laborategi-prozesaketa eta identifikazioa**

Lagin bakoitzaren flora-osaera zehaztu zen UPV/EHU-ko Botanikako laborategian, ondoren, identifikatutako espezieen pisu lehorra kalkulatzeko. Prozesaketa, lagin bakoitza kontserbatu zen moduaren arabera egin zen. Izoztutako laginen kasuan, lehenik eta behin giro tenperaturan desizoztu ziren. Formolatuen kasuan, berriz, itsasoko urarekin bizpahiru aldiz garbitu ziren, eskularruak erabili zirelarik gerta litezkeen kontaktuak ekiditeko.

Ondoren, alga espezieak identifikatu ziren, liburu zein monografia espezializatuez baliatuz.

Espezieak banatu eta identifikatu ostean, tamaina desberdineko aluminiozko kutxetan kokatu ziren, algen tamainaren eta ugaritasunaren arabera. Azkenik, espezie bakoitzaren pisu sikua lortu zen (g). Horretarako, laginak labean sartu ziren 24 orduz 110°C-tan, eta ondoren balantza elektronikoa pisatu ziren.

### **2.4. Datuen tratamendu estatistikoa**

Konposizio fitobentonikoaren desberdintasun espazialak eta tenporalak aztertzeko PRIMER (Plymouth Routines In Multivariate Ecological Research) softwareko antolamendu eta sailkapen teknikak erabili ziren (Anderson eta kol., 2008).

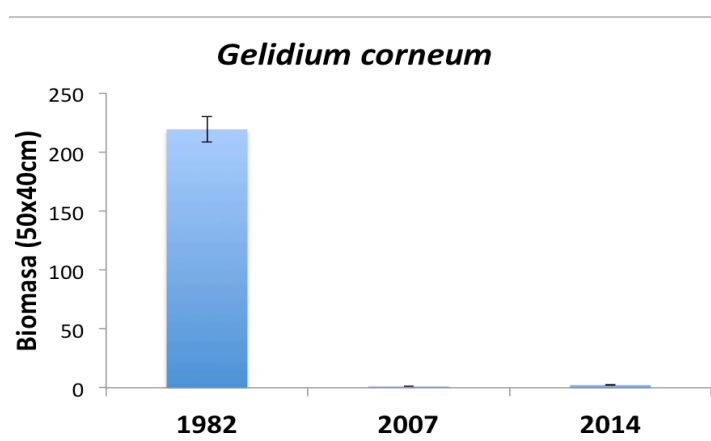
Bray-Curtis indizea erabili zen lagin bikoteen arteko antzekotasun matrizeak eraikitzeko. Horretarako, aurretik espezie bakoitzaren biomasa eraldatu zen erro karratua aplikatuz, espezie gainartzaileen eragina murrizteko. PERMANOVA (Permutational Multivariate Analysis of Variance) erabili zen desberdintasun espazialak eta tenporalak esanguratsuak ziren jakiteko eta bi faktore horien arteko interakzioa gertatu zen aztertzeko. Gainera, "pairwise test"-a egin zen analisi zehatzagoa lortzeko. Eraldatutako datuekin MDS-a (non-metric multidimensional scaling) erabili zen, denboran zein espazioan komunitateetan gertatutako aldaketak grafikoki adierazteko.

Taldeen arteko dispersioan homogeneotasunik zegoen frogatzeko PERMDISP testa egin zen, Bray-Curtis-en desberdintasun-matrizek abiatuz.

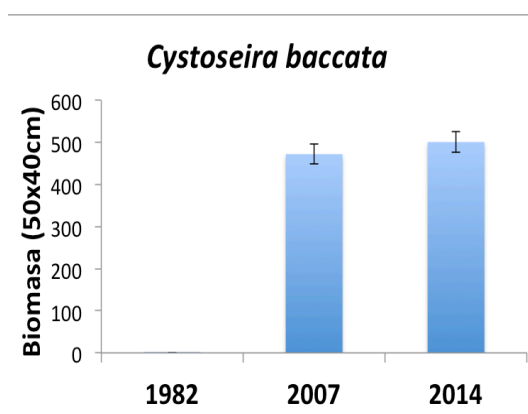
Era berean, sailkapen-analisia (CLUSTER) eta antzekotasun-portzentaiaren analisia (SIMPER) egin ziren MDSan detektatutako taldeen arteko antzekotasuna aztertzeko, eta taldekapen horietan ekarpen handiena zeukaten espezieak identifikatzeko.

### 3. Emaitzak

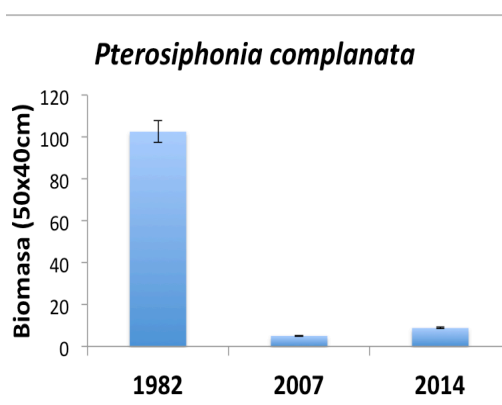
Kanpaina honetan 53 espezie identifikatu ziren, 2007. urtean 74 espezie eta 1982.ean 39 espezie identifikatu ziren bitartean (1.eranskineko taxoiaren zerrendari erreparatu). *Gelidium corneum* espeziea, 1982. urtean menperatzailea zena, jaitsiera bortitza pairatu zuen, ia-ia desagertzeraino (2. Irudia). Bestalde, *Cystoseira baccata*-k areagotze esanguratsua jasan zuen, 3. irudian ikus daitekeen bezala. Azkenik, *Pterosiphonia complanata*-ren biomasa nabarmenki jaitsi zen 2007. urtean, baina 2014.enean emendio xume bat pairatu du (4. irudia).



2. irudia – *Gelidium corneum*-ren batez besteko biomasa (g pisu siku) alderaketa urte bakoitzeko.



3. irudia – *Cystoseira baccata*-ren batez besteko biomasa (g pisu siku) alderaketa urte bakoitzeko.



4. irudia – *Pterosiphonia complanata*-ren batez besteko biomasa (g pisu siku) alderaketa urte bakoitzeko.

**2. taula.** PERMANOVAREN emaitzak begetazioaren osieran eragiten duten faktoreetarako: urteak (UR), trantsektuak (TR) eta bi faktoreen arteko interakzioa (UR x TR). p-balioak 9999 permutazio eginez lortu ziren.

PERMANOVA - permutational multivariate analysis of variance						
Source	df	SS	MS	Pseudo-F	P (perm)	Unique perms
UR	2	18957	9478,4	4,4583	0,0002	9921
TR	5	15745	3149	1,7447	0,0307	9913
UR x TR**	9	19336	2148,4	1,1903	0,2199	9881
Res	12	21659	1804,9			
Total	28	80073				

---

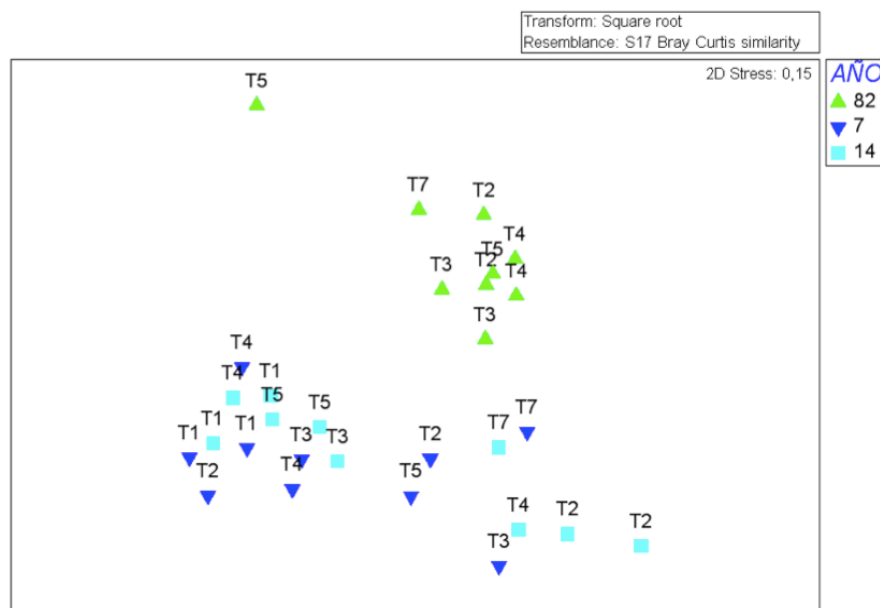
Pairwise testa

UR: 1982≠2007=2014  
 TR: T1≠T2=T3=T4=T5=T7

PERMANOVA analisisian ikus daiteke urteen ( $p=0,0002$ ) eta trantsektuen ( $p=0,0307$ ) arteko ezberdintasunak esanguratsuak direla (2. taula), eta gainera, trantsektuen arteko desberdintasun horiek denboran zehar mantentzen direla. Izan ere, urte eta trantsektuen arteko interakzioa (URxTR) ez da esanguratsua ( $p=0,2199$ ).

*Urte* eragilerako pairwise testak adierazten du 1982 eta 2007. urteak esanguratsuki desberdinak direla ( $p=0,0038$ ), baita 1982 eta 2014 urteak ere ( $p=0,002$ ). Hala ere, 2007 eta 2014. urteak ez dira esanguratsuki desberdinak ( $p=0,0819$ ).

Azkenik, *trantsektu* eragilerako pairwise testak erakusten du trantsektuen artean aldakortasun txikia dagoela, 1 trantsektua izan ezik, besteekiko desberdina dena.



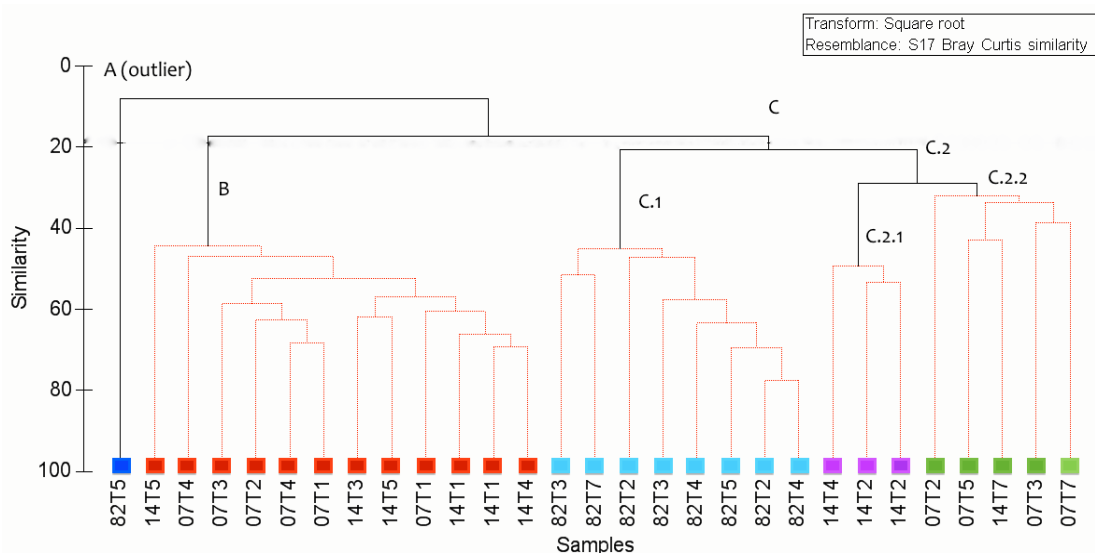
**5. irudia** - Bray-Curtis desberdintasun-indizean oinarritutako MDS analisisa. Estres-balioa Kruskal-en estres balioaren formulatik aterata dago (Kruskal eta Wish, 1978).

MDS antolaketa diagramak (5. irudia) grafikoki adierazten du komunitateen arteko aldakortasuna denboran zehar (1982, 2007 eta 2014. urteen artean) eta espazioan (trantsektuen artean). Beha daiteke 1982. urteko laginak 2007. eta 2014. urtekoetatik aldentuta geratzen direla. Halaber, antzeman daiteke 1982. urteko laginak nahiko homogeenok zirela (lagin bat izan ezik), beste bi urtetakoetan heterogeneitate espaziala emendatzen den bitartean. Hala ere, ez dirudi trantsektuen artean patroirik dagoenik.

Aldagai ugarrirako sakabanatze-analisi permutazionalak (PERMDISP) *urte* aldagairako adierazten du ez dagoela aldaketa esangarririk denboran zehar (3. taula). Hala ere, emaitza hauek “outlier”-aren ondoriozkoak dira. Hori 1982. urteko lagin bat da, gainerakoetatik asko desberdintzen dena (T5, 5. irudian). Lagin hori kontuan hartu gabe, ikus daiteke 1982. eta 2007. urteen artean desberdintasun esanguratsuak daudela, baita 1982. eta 2014. urteen artean ere, ordenazio-diagramak adierazi bezala.

**3. taula** PERMDISP- Aldagai ugarrirako sakabanatze analisi permutazionala, PERMANOVAN denbora faktorearen ondorioz eraturako taldeen sakabanapenen arteko desberdintasunak frogatzeko (“outlier”-arekin eta gabe).

PERMDISP- Aldagai ugarrirako sakabanatzearen homogeneitaterako distantzian oinarritutako analisia		
Taldeak	P (lagin guztiak)	P (“outlier”-a gabe)
82-2007	0.321	0.032
82-2014	0.296	0.028
2007-2014	0.932	0.931



**6. irudia** - Analizatutako laginen flora-osaeren arteko antzekotasunak erakusten dituen dendrograma. %19ko antzekotasun mailan, esanguratsuki desberdinak diren 3 talde beha daitezke (A-C, ezkerretik eskuinera), marra jarraien bidez adierazita. %25eko antzekotasun-mailan C taldea bi azpitaldetan banatzen dela ikus daiteke (C.1 eta C.2). Azkenik, %30eko antzekotasun-mailan C.2 azpitaldea beste bi azpitaldetan banatzen da (C.2.1 eta C.2.2).

Cluster analisisian (6. irudia) 3 talde nagusi beha daitezke, haien arteko batz besteko antzekotasuna %19koa izanik.

A taldeak 1982. urteko lagin bakarra barneratzen du. Desberdintzapen horren arrazoia *Gelidium corneum*-ren presentzia da. Izan ere, gainerako laginetan espezie hori ez da agertzen.

B taldean 2007ko 6 lagin eta 2014ko beste 6 barneratzen dira. Taldekatze honek %52,73ko antzekotasuna aurkezten du. Espezie menperatzailea *Cystoseira baccata* da, antzekotasun horren %60,25-a eragiten duena, biomasa gehien daukana izateagatik. Gainerako algen eragina antzekotasunean %10a baino txikiagoa da.

C taldea 1982. urteko 8 laginek, 2007ko 4k eta 2014ko beste 4k osatzen dute, haien artean %30,91ko antzekotasuna dutelarik. Talde honetan bi espezie nagusi daude: alde batetik *Asparagopsis armata* dago, antzekotasunari %23,37ko ekarpena egiten diona. Bestalde, *Pterosiphonia complanata* dago, %20,15eko ekarpenarekin.

C taldea bi azpitaldetan banatzen da (C.1 eta C.2), antzekotasun portzentaia %25era igotzean. C.1 azpitaldea 1982 urteko laginez osatuta dago eta %52,35eko antzekotasuna aurkezten du. Antzekotasun horretan ekarpen handiena egiten duen espeziea *Pterosiphonia complanata* da (%31,87). Honen atzetik, aipatzekoak dira *Calliblepharis ciliata* (11,89%), *Asparagopsis armata* (10,61%) eta *Dictyopteris polypodioides* (10,60%) espezieen ekarpenak. Bestalde, C.2 azpitaldea 2007 eta 2014 urtetako laginez osatuta dago, %33,24ko antzekotasunarekin. Kasu honetan ekarpen handiena *Asparagopsis armata* espezieak egiten du (%26,76).

Azkenik C.2 azpitaldea beste bi azpitaldetan banatzen da (C.2.1 eta C.2.2). C.2.1 azpitaldeak %50,63ko antzekotasun portzentaia aurkezten du, eta 2014ko laginez osatuta dago, *Asparagopsis armata* izanik antzekotasunari ekarpen handiena egiten diona (%27,63). Honi jarraiki *Aglaothamnion pseudobyssoides* (16,17%), *Aphanocladia stichidiosa* (14,06%), *Microcladia glandulosa* (12,89%) eta *Dasya ocellata* (10,14%) espezieen ekarpenak dira garrantzitsuenak. C.2.1 azpitaldeari dagokionez, 2007 eta 2014 urteetako laginez osatuta dago, eta haien arteko antzekotasuna %34,40koa da. Kasu honetan ere espezie nagusia *Asparagopsis armata* da, antzekotasunari %18,72ko ekarpena egiten diona eta ondoren *Pterosiphonia complanata* dago, %11,68ko ekarpenarekin.

SIMPER analisiak (4. taula) taldekapen ezberdinak eragiten dituzten espezieak ezagutarazten ditu. %91,63ko desberdintasun mailan, 1982. urteko 5. trantsektuko lagin bat C taldetik bereizten da *Gelidium corneum* eta *Plocamium cartilagineum* kantitate gehiago

daukalako, eta *Pterosiphonia complanata*, *Asparagopsis armata* eta *Calliblepharis ciliata* gutxiago.

B eta C taldeak bereizten dituen espeziea *Cystoseira baccata* da, taldeen arteko desberdintasun portzentaiari (%82,71) %29,52ko ekarpena egiten diona. Aipatutako espeziea B taldean aurkitzen da, ez ordea C taldean.

Bestalde, C taldearen banaketa eragiten duten espezieak *Pterosiphonia complanata*, *Calliblepharis ciliata* eta *Dictyopteris polypodioides* dira, soilik C.1 azpitaldean agertzen direnak. Azpitalde hauek %79,49ko desberdintasuna aurkezten dute.

Azkenik, C.2 azpitaldea banatzen duen espeziea *Halopithys incurva* da, espezie hau soilik C.2.2 azpitaldean agertzen delarik.

**4. taula-** Talde desberdinen ugaritasuna (Ug.) eta alga-espezieen ekarpena taldeen arteko desberdintasunetara, portzentaian neurtuta (Desb. %), SIMPER analisiaren arabera. Zenbakitutako 21 taxoiek %2 baino ekarpen altuagoa egiten diote desberdintasun totalari.

Espezieak	A Vs B taldeak			B.1 Vs B.2 taldeak			B.2.1 Vs B.2.2 taldeak		
	Ug. A	Ug. B	Desb.%	Ug. B.1	Ug. B.2	Desb.%	Ug. B.2.1	Ug. B.2.2	Desb.%
<i>Cystoseira baccata</i>	72.420	0.008	29.52	–	–	–	–	–	–
<i>Phyllophora crispa</i>	5.617	0.003	7.73	–	–	–	–	–	–
<i>Pterosiphonia complanata</i>	0.64	3.686	5.63	11.357	0.230	13.73	0.020	0.462	3.82
<i>Asparagopsis armata</i>	0.270	1.904	3.97	1.877	1.904	3.60	3.460	1.210	4.99
<i>Calliblepharis ciliata</i>	0.109	0.792	3.41	3.168	0.0	8.52	–	–	–
<i>Dictyopteris polypodioides</i>	0.084	0.828	3.14	3.028	0.006	7.65			
<i>Corallina spp.</i>	0.64	0.16	3.09	0.0	0.624	3.48	0.672	0.593	6.87
<i>Heterosiphonia plumosa</i>	0.044	0.656	2.73	1.904	0.058	6.02	0.130	0.029	2.34
<i>Plocamium cartilagineum</i>	0.757	0.130	2.53	0.292	0.032	2.35	–	–	–
<i>Halopithys incurva</i>	0.044	0.476	2.51	0.058	1.323	4.56	0.0	3.349	8.97
<i>Gelidium corneum</i>	0.548	0.04	2.41	1.254	0.130	5.10	0.0	0.325	3.50
<i>Cryptopleura ramosa</i>	0.640	0.130	2.27	0.281	0.036	2.09	–	–	–
<i>Microcladia glandulosa</i>	–	–	–	0.03	0.303	2.54	1.124	0.063	5.02
<i>Pterosiphonia pennata</i>	–	–	–	0.360	0.0	2.83	–	–	–
<i>Codium decortcatum</i>	–	–	–	0.0	0.360	2.74	0.176	0.518	5.69
<i>Peyssonnelia spp.</i>	–	–	–	0.0	0.212	2.10	0.109	0.292	4.66
<i>Aphanocladia stichidiosa</i>	–	–	–	–	–	–	0.706	0.008	4.81
<i>Aglaothamnion pseudobyssoides</i>	–	–	–	–	–	–	0.706	0.020	4.63
<i>Dasya ocellata</i>	–	–	–	–	–	–	0.325	0.020	2.73
<i>Acrosorium ciliolatum</i>	–	–	–	–	–	–	0.006	0.260	2.72
<i>Jania rubens</i>	–	–	–	–	–	–	0.0	0.221	2.60

#### 4. Eztabaida

Lortutako emaitzek aldaketa sakonak erakusten dituzte sakontasun handiko mareazpiko begetazioaren komunitatearen osieran, Kobaron ikerketa eremuan, azken 32 urteetan. Hala ere, ikerketa honek ez du babesten gainazaleko uraren tenperaturaren igoeraren, eguzki-

erradiazioaren emendioaren eta elikagaien eskuragarritasunaren jaitsieraren ondorioz *Gelidium corneum* makrofitoa sakonera handiagoetara lekualdatzen ari deneko hipotesia.

Analisi estatistikoek adierazten dute komunitatearen heterogeneitatearen emendioa gertatu dela. *Cystoseira baccata*, *Aglaothamnion pseudobyssoides*, *Aphanocladia stichidiosa*, *Dasya ocellata* eta *Microcladia glandulosa* bezalako espezieek biomasaren emendioa jasan dute. Bestalde, *Dictyopteris polypodioides*, *Calliblepharis ciliata* eta *Pterosiphonia complanata* espezieek 2007. urtean jaitsiera pairatu zuten 1982. urtearekin alderatuta, baina 2014an emendio xumea jasan zuten. Badira espezie batzuk zeintzuen biomasak jaitsiera nabarmena pairatu zuten 2007. urtean, baina 2014.ean berriro ere suspertu direnak, 1982.urtean lortutako emaitza berdinetara iritsiz. *Asparagopsis armata* eta *Plocamium cartilagineum* espezieen kasua da hau. Azkenik, *Halopithys incurva* espezieak 2007. urtean balio altuenak eskuratu zituen biomasari dagokionez, baina 2014. urtean balio horiek berriro ere jaitsi ziren. Hala ere 1982. urtean baino balio altuagoak aurkeztu ditu azken urte honetan.

Hegoaldean ohikoak diren espezieen areagotzeak uraren tenperaturaren emendioarekin zerikusia izan dezake euskal kostaldean. Horren adibide *Aphanocladia stichidiosa* da, Atlantikoko ipar-mendebaldeko eskualde epel-beroko espezie endemikoa dena (Rojas-González eta Alfonso-Carrillo, 2003). 75eko pertzentiletik gora dauden udako batez besteko tenperaturak nabarmenki emendatu dira 22,4°C-tik 23,2°C-ra, Díez eta kol. (2012)-ren arabera. Aipatzekoa da ere udan lortutako tenperatura maximoen gorakada, bereziki 1997, 2003 eta 2006 urteetako udetan (maximoa >25°C).

Bestalde, litekeena da Sánchez-Lorenzo eta kol. (2013)-ren ikerketan ohartarazitako eguzki-erradiazioaren emendioak *Pterosiphonia complanata* espeziearengan eragin negatiboa eduki izana. Espezie honek izaera esziafiloa dauka, 1982. urteko kanpainen ikusi zen bezala, bere sakontasun optimoa 9-11 metrotakoa izanik (Gorostiaga, 1995). Halaber, uhertasun altuko gunetan ere ohikoa zen, itsasadarretako uretan adibidez. Espezie honek gainbehera bortitza jasan zuen 2007. urtean aipatutako sakoneretan, eta nahiz eta 2014. urtean pixka bat berreskuratu den, 1982. urtean lortutako emaitzetatik oso urrun dago oraindik ere. Jada aipatu den bezala, ziur asko horren arrazoa erradiazioaren emendioa izan da. Gainera, Díez eta kol. (2012)-ek egindako ikerketan prezipitazioen jaitsiera behatu zen 1980 eta 2008 urteen artean. Horrek, ziur asko, kostaldeko uraren uhertasunaren jaitsiera eragin zuen, gardentasuna areagotuz. Uraren gardentasunaren emendio horrek eta eguzki-erradiazio handiagoak aipatutako

sakoneretara argi gehiegi heltzea eragingo luke, *P. complanata* espeziean eragin negatiboak sortuz.

Ikerketa honetan lortutako emaitza adierazgarrietako bat *Cystoseira baccata* makrofito iraunkorraren areagotzea izan da. Estresa sortzen zuten hainbat eragileren arteko elkarrekintzak ikertzeko, eragile anizkoitzeko laborategi-esperimentuak egin ziren. Esperimentu horietan lortutako emaitzek aditzera ematen dute *C. baccata*-k moldapen-gaitasun handia erakusten duela tenperaturaren eta erradiazioaren emendioen aurrean (Miguel-Vijandi eta kol., 2010). Alga erre horrek Europako kostaldean zehar iparralderantz migratzea aurreikusten da (Hiscock eta kol., 2004). Badirudi lekualdatze hori gaur egun gertatzen ari dela. Izan ere, aipatutako espeziea menperatzaile bilakatu da Asturiaseko kostaldean, laminariazeoek atzera egin duten habitatetan hain zuzen (Müller eta kol., 2009). *C. baccata* hiru dimentsiotako habitatak eratzeko gai den tamaina handiko alga bat da, espezie askorentzat babesleku gisa diharduena. Hori kontuan hartuta, bere hedapenak *G. corneum* espezieak sakontasun txikiagoetan betetzen zuen eginkizuna ordezkatu dezake, partzialki bada ere.

Aipatutako itsasoko uraren tenperaturaren eta eguzki-erradiazioaren emendioaz gain, euskal kostaldean olatu indartsuen maiztasuna ere emendatu da azken hamarkadetan (Borja eta kol., 2013). Hala ere, 9-11m bitarteko sakoneran faktore horrek ez dauka aipatzeko eraginik. Izan ere, *C. baccata* espeziearen biomasa areagotu egin da, eta alga honek olatuekiko daukan egokitzapena *G. corneum*-ek daukana baino baxuagoa da (Díez eta kol., 2003). Bestalde, ikerketa eremutik hurbil dagoen Castro Urdiales herriaren demografia-igoera kontutan hartuz, begetazioan detektatutako aldaketak azaltzeko beste arrazoi bat kutsadura izan daiteke. Hala ere, hipotesi hau ere alde batera utzi behar da *C. baccata*-ren areagotzearen ondorioz, espezie hau *G. corneum* baino sentikorragoa baita kutsadurarekiko (Gorostiaga eta Díez, 1996). Gainera, hainbat ikerketak ingurumeneko kalitate altuaren adierazletzat hartzen dute *C. baccata* espeziea. Era berean, *P. complanata*-ren emendioak ingurumeneko kalitatearen hobekuntza iradokitzen du, Díez eta kol. (2003)-ek egindako ikerketan behatu baitzen espezie horrek arinki kutsatutako eremuak jasan zitzaizkela.

Espero genuenaren kontra, nahiz eta argiaren eskuragarritasuna emendatu, *G. corneum* ez da 9 metrotik beherako sakoneretara lekualdatu. Lortutako emaitzak azaltzeko hipotesi onargarri bat hurrengo izan daiteke: ingurumeneko baldintza-aldaketek *C. baccata* espeziearen garapenean eta *Aphanocladia stichidiosa* bezalako espezieen hedapenean lagundu dutela, eta hauen aurrean, *G. corneum* ez dela hain lehiakorra izan. Hala ere, ezin da baztertu egungo



ingurumeneko baldintzak optimoak ez direnik *G. corneum* espeziearen garapenerako 9-11 metroko sakoneretan.

## 5. Ondorioak

Kanpaina honetan eskuratutako emaitzek mareazpiko begetazio sakonean aldaketa esanguratsuak gertatu direla erakusten dute, euskal kostaldeko mendebaldeko muturrean, azken 32 urteetan. Uraren tenperaturaren emendioa eta argiaren eskuragarritasun handiagoa detektatutako aldaketen erantzuleak izan daitezke neurri batean. Aipatutakoaren alde egiten dute *Pterosiphonia complanata* espezie esziafiloaren atzerakadak eta *Cystoseira baccata* eta *Aphanocladia stichidiosa* espezieen emendioak.

Espero genuenaren kontra, *Gelidium corneum* espeziea, sakontasun gutxiko uretan gainbehera bortitza jasaten ari dena, ez da 9 metrotik beherako sakonerara lekualdatu. Hala ere ezin da ziurtatu egungo ingurumeneko baldintzak optimoak ez direnik *G. corneum* espeziearen garapenerako aipatutako sakoneretan. Beraz, migrazio bertikal hori ez gertatzearen arrazoi onargarriena *C. baccata*-rekiko lehiakortasuna dela dirudi. Bestalde, *C. baccata* hiru dimentsiotako habitatak eratzeko gai den tamaina handiko alga bat da, espezie askorentzat babesleku gisa diharduena. Ondorioz, haren hedapenak *G. corneum*-ek sakonera txikiagoetan betetzen zuen funtzioa ordezka lezake neurri batean.

Etorkizunean, komenigarria litzateke ikerketa honetan lortu diren emaitzak euskal kostalde guztira estrapolatu daitezkeen jakitea, edo soilik ikerketa eremuko egoera azaltzen duten behatzea. Gainera, beharrezkoa litzateke begetazioan gertatu diren aldaketa hauen ondorio ekologikoak aztertzea.

## 6. Esker onak

Lehenik eta behin eskerrak eman nahi dizkiet proiektu honen zuzendariak izan diren Txema Gorostiaga eta Isabel Díez doktoreei, uneoro laguntzeko prest egon izanagatik, eta emandako aholkuengatik.

Era beran, Nahiara Mugerzari, Alberto Santolariari eta Antonio Secillari identifikazio lanetan eskainitako laguntzagatik eskerrak eman nahi dizkiet.

Azkenik, nirekin laborategian lanean ibili diren Aitzol Rodriguezek eta Christian Muñozek aipamen berezia merezi dutela uste dut, hainbeste ordutan zehar laborategian sortutako giro onagatik eta ondo egindako lanagatik.

## 7. Bibliografía

Anderson, M.J., Gorley, R.N., Clarke, K.R., 2008. PERMANOVA $\beta$  for PRIMER: Guide to Software and Statistical Methods. PRIMER-E, Plymouth, UK, 214 pp.

Bindoff, N.L., Willebrand, J., Artale, V., Cazenace, A., Gregory, J.M., Gulev, S., Hanawa, K., Le Quéré, C., Levitus, S., Nokiri, Y., Shum, C.K., Talley, L.D., Unnikrishnan, A.S., (2007). Observations: oceanic climate change and sea level. In: Change Solomon, S., Qin, D., Manning, M., Chen, Z., Marquis, M., Averyt, K.N., Tignor, M., Miller, H.L., (Eds.), *Climate Change 2007: The physical science basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, pp. 385-432.

Borja, A., Fontán, A., Muxika, I., 2013. Interactions between climatic variables and human pressures upon a macroalgae population: implications for management. *Ocean & Coastal Management*, 76 (0): 85-95.

Caldeira, K., eta Wickett, M.E., 2003. Oceanography: anthropogenic carbon and ocean pH.. *Nature*, 425(6956): 365.

CEPYC-CEDEX, 2000. Informe anual 1999 de la boya de la red EMOD de Bilbao para puertos de estado (157pp.). Madrid: Centro de estudios de Puertos y Costas del centro de Estudios y experimentación de horas públicas.

Díez, I., Muguerra, N., Santolaria, A., Ganzedo, U., Gorostiaga, J.M., 2012. Seaweed assemblage changes in the eastern Cantabrian Sea and their potential relationship to climate change. *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 99:108-120.

Diez, I., Santolaria, A., Gorostiaga, J.M., 2003. The relationship 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.

Goikoetxea, N., Borja, A., Fontán, A., González, M., 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.

Gorostiaga, J.M., 1995. Sublittoral seaweed vegetation of a very exposed shore on the Basque coast (N. Spain). *Botanica Marina*, 38: 9-16.

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.

Gorostiaga, J.M., Muguerza, N., Novoa, S., Santolaria, A., Secilla, A. eta Díez, I., 2008. Changes in the benthic subtidal vegetation along the Basque Coast (north Spain) and the probable relationship with climate change.

Hansen, J., Sato, M., Ruedy, R., Lo, K., Lea, D.W., Medina-Elizade, M., 2006. Global temperature change. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 103, 14288-14293.

Hiscock, K., Southward, A., Tittley, I., Hawkins, S., 2004. Effects of changing temperature on benthic marine life in Britain and Ireland. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 14, 333-362.

International Panel on Climate Change: 2014 (IPCC). *Climate Change 2014, Synthesis Report Summary for Policymakers*

Kruskal, J.B. eta Wish, M., 1978. *Multidimensional scaling*. Sage Publications, Beverly Hills.

Lima, F.P., Ribeiro, P.A., Queiroz, N., Hawkins, S.J., Santos, A.M., 2007. Do distributional shifts of northern and southern species of algae match the warming pattern? *Global Change Biology* 13, 2592-2604.

Limia, J.M. and Gorostiaga, J.M., 1987. Flora marina bentónica sublitoral del tramo de costa comprendido entre Pta. Covaron y Pta. Muskes (Vizcaya, N.E. España). *Act. VI. Simp. Naci. Bot. Cript.*: 81-88.

Llope, M., Anadón, R., Sostres, J.A., Viesca, L., 2007. Nutrients dynamics in the southern Bay of Biscay (1993-2003): winter supply, stoichiometry, long-term trends, and their effects on the phytoplankton community. *Journal of Geophysical Research* 112 (C07029). doi:10.1029/2006JC003573.

Mieszkowska, N., Leaper, R., Moore, P., Kendall, M.A., Burrows, M.T., Lear, D., Poloczanska, E., Hiscock, K., Moschella, P.S., Thompson, R.C., Herbert, R.J., Laffoley, D., Baxter, J., Southward, A.J., Hawkins, S.J., 2005. *Marine Biodiversity and Climate Change: Assessing and Predicting the Influence of Climatic Change Using Intertidal Rocky Shore Biota*, vol. 20. Marine Biological Association of the United Kingdom Occasional Publications, 53 pp.

Miguel-Vijandi, C., Márquez-Garrido, E., Gorostiaga, J.M., Korbee, N., Figueroa, F.L., 2010. Acclimation to the stress factors (high irradiance, temperature and low nutrient availability) of marine macroalgae from the Bay of Biscay: possible relation to the changes in the algal distribution. In: XII International Symposium on Oceanography of the Bay of Biscay, Brest, France.

Müller, R., Laepple, T., Bartsch, I., Wiencke, C., 2009. Impact of oceanic warming on the distribution of seaweeds in polar and cold-temperate waters. *Botánica Marina* 52, 617-638.

Nelson, W.A., 2009. Calcified macroalgae are critical to coastal ecosystems and vulnerable to change: a review. *Marine and Freshwater Research* 60, 787-801.

Occhipinti-Ambrogi, A., 2007. Global change and marine communities: alien species and climate change. *Marine Pollution Bulletin* 55, 342-352.

Quintano, E., Ganzedo, U., Díez, I., Figueroa, F.L., Gorostiaga, J.M., 2013. Solar radiation (PAR and UVA) and water temperature in relation to biochemical performance of *Gelidium corneum* (Gelidiales, Rhodophyta) in subtidal bottoms off the Basque coast. *Journal of Sea Research*, 83: 47-55.

Rojas-González, B. et al. Afonso-Carrillo, J., 2003. Morphology and distribution of *Aphanocladia stichidiosa* in the Canary Islands (Rhodophyta, Rhodomelaceae). *Vieraea* 31: 75-82

Sánchez-Lorenzo, A., Calbó, J., Wild, M., 2013. Global and diffuse solar radiation in Spain: building a homogeneous dataset and assessing their trends, *Global and Planetary Change*, 100, 343- 352.

Schiel, D.R., Steinbeck, J.R., Foster, M.S., 2004. Ten years of induced ocean warming causes comprehensive changes in marine benthic communities. *Ecology* 85, 1833-1839.

Stachowicz, J.J., 2002. Linking climate change and biological invasions: ocean warming facilitates nonindigenous species invasions. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 99, 15497-15500.

Trenberth, K.E., Jones, P.D., Ambenje, P., Bojariu, R., Easterling, D., Tank, A.K., Parker, D., Rahimzadeh, F., Renwick, J.A., Rusticucci, M., Soden, D., Zhai, P., 2007. Observations: Surface and atmospheric climate change. Solomon, S., Qin, D., Manning, M., Chen, Z.,

Marquis, M., Averyt, K.N., Tignor, M., Miller, H.L., (Eds.), In: Climate Change 2007: The physical science basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, pp. 235-335.

Valdés, L., López-Urrutia, A., Cabal, J., Alvarez-Ossorio, M., Bode, A., Miranda, A., Cabanas, M., Huskin, I., Anadón, R., Alvarez-Marqués, F., Llope, M., Rodríguez, N., 2007. A decade of sampling in the Bay of Biscay: what are the zooplankton time series telling us? Progress in Oceanography 74, 98-114.

Valencia, V., Franco, J., Borja, A., Fontán, A., 2004. Hydrography of the southeastern Bay of Biscay. In: Borja, A., Collins, M. (Eds.), Oceanography and Marine Environment of the Basque Country. Elsevier Oceanography Series 70. Elsevier, Amsterdam, pp. 159-194.

Wild, M., Trüssel, B., Ohmura, A., Long, C., König-Langlo, G., Dutton, E., Tsvetkov, A., 2009. Global dimming and brightening: an update beyond 2000. Journal of Geophysical Research, vol. 114 (D00D13), doi 10.1029/2008JD011382.

## 8. Eranskinak

**1. eranskina-** Hiru kanpainetan (1982, 2007 eta 2014) aztertutako taxoi- en ugaritasunaren bat az bestekoa (Bb), desbiderapen estandarra (DE) eta maiztasuna %-tan (M) .

Taxoi- en zerrenda	1982			2007			2014		
	Bb	DE	M(%)	Bb	DE	M(%)	Bb	DE	M(%)
<b>CLOROPHYTA</b>									
<i>Chaetomorpha linum</i> (O.F.Müller) Kütz.	–	–	–	0.0	0.001	10	–	–	–
<i>Cladophora lehmanniana</i> (Lindenb.) Kütz.	–	–	–	–	–	–	0.022	0.052	30
<i>Cladophora pellucida</i> (Huds.) Kütz.	0.0	0.0	11.111	0.065	0.185	50	0.062	0.128	50
<i>Codium decortcatum</i> (Woodw.) M.A.Howe	–	–	–	1.112	3.471	20	0.092	0.202	30
<i>Rhizoclonium riparium</i> (Roth) Harv.	–	–	–	0.001	0.003	10	–	–	–
<i>Ulva pseudocurvata</i> Koeman & Hoek	–	–	–	–	–	–	0.013	0.040	10
<i>Ulva rigida</i> C.Agardh	0.086	0.257	11.111	0.083	0.172	40	0.002	0.006	10
<b>OCROPHYTA</b>									
<i>Cladostephus spongiosum</i> (Huds.) C.Agardh	0.018	0.053	22.222	0.036	0.113	20	0.921	1.693	60
<i>Cystoseira baccata</i> (S.G.Gmel.) P.C.Silva	0.0	0.0	11.111	47.207	58.677	80	50.091	59.152	80
<i>Desmarestia ligulata</i> (Stackh.) J.V.Lamour.	0.001	0.020	11.111	–	–	–	0.0	0.003	10
<i>Dictyopteria polypodioides</i> (DC.) J.V.Lamour.	4.393	6.844	88.889	0.043	0.092	20	0.328	0.652	40
<i>Dictyota dichotoma</i> (Huds.) J.V.Lamour.	0.360	0.773	100	0.267	0.481	60	0.018	0.056	20
<i>Halopteris filicina</i> (Gratel.) Kütz.	0.271	0.511	88.889	0.095	0.167	80	0.0	0.0	10
<i>Halopteris scoparia</i> (L.) Sauv.	0.023	0.063	77.778	0.015	0.031	30	0.197	0.377	50
<i>Phyllariopsis brevipes</i> (C.Agardh) E.C.Henry & South	–	–	–	–	–	–	0.027	0.058	20

<i>Saccorhiza polyschides</i> (Lightf.) Batters	–	–	–	0.001	0.003	10	–	–	–
<i>Sphacelaria cirrosa</i> (Roth) C.Agardh	–	–	–	0.095	0.301	20	–	–	–
<i>Taonia atomaria</i> (Woodw.) J.Agardh	–	–	–	–	–	–	0.008	0.026	10
<b>RODOPHYTA</b>									
<i>Acrosorium ciliolatum</i> (Harv.) Kylin	0.106	0.256	77,778	0.524	0.514	100	0.023	0.043	30
<i>Aglaothamnion pseudobyssoides</i> (P.Crouan & H. Crouan) Halos	–	–	–	–	–	–	0.416	0.387	70
<i>Aglaothamnion tenuissimum</i> (Bonnem.) Feldm.-Maz.	–	–	–	0.015	0.037	60	0.001	0.022	10
<i>Aglaothamnion tripinnatum</i> (C.Agardh) Feldm.-Maz.	–	–	–	0.0	0.0	10	–	–	–
<i>Anotrichium furcellatum</i> (J.Agardh) Baldock	–	–	–	0.0	0.0	10	0.004	0.013	20
<i>Antithamnion amphigeneum</i> A. Millar	–	–	–	0.003	0.005	50	–	–	–
<i>Antithamnion nipponicum</i> Yamada & Inagaki	–	–	–	0.0	0.0	10	–	–	–
<i>Antithamnion villosum</i> (Kütz.) Athanasiadis	–	–	–	0.0	0.0	10	–	–	–
<i>Antithamnionella ternifolia</i> (J.D.Hooker & Harvey) Lyle	–	–	–	0.0	0.0	10	–	–	–
<i>Aphanocladia stichidiosa</i> (Funk) Ardré	–	–	–	0.008	0.013	40	0.230	0.395	60
<i>Apoglossum ruscifolium</i> (Turner) J.Agardh	–	–	–	0.049	0.054	80	0.002	0.006	10
<i>Asparagopsis armata</i> Harv.	2.240	2.715	100	0.398	0.460	90	2.293	2.403	80
<i>Bonnemaisonia asparagoides</i> (Woodw.) C.Agardh	0.100	0.139	88.889	0.098	0.086	90	0.029	0.050	60
<i>Bonnemaisonia hamifera</i> Har.	–	–	–	0.037	0.060	40	–	–	–
<i>Bornetia secundiflora</i> (J.Agardh) Thur.	–	–	–	0.023	0.047	30	0.060	0.120	40
<i>Calliblepharis ciliata</i> (Huds.) Kütz.	4.344	5.189	66.667	0.062	0.169	20	0.327	0.624	30
<i>Callithamnion granulatum</i> (Ducluz.) C.Agardh	0.0	0.0	11.111	–	–	–	–	–	–
<i>Callithamnion tetragonum</i> (Withering) S.F.Gray	–	–	–	0.014	0.031	40	0.0	0.001	10
<i>Callophyllis laciniata</i> (Huds.) Kütz.	–	–	–	0.021	0.067	10	–	–	–
<i>Centroceras clavulatum</i> (C.Agardh) Mont.	–	–	–	0.001	0.002	10	–	–	–
<i>Ceramium ciliatum</i> (J.Ellis) Ducluz.	0.0	0.0	22.222	–	–	–	–	–	–
<i>Ceramium echionotum</i> J.Agardh	0.0	0.0	11.111	–	–	–	–	–	–
<i>Ceramium secundatum</i> Lyngb.	–	–	–	0.002	0.003	30	–	–	–
<i>Champia parvula</i> (C.Agardh) Harv.	0.0	0.0	11.111	0.001	0.002	20	–	–	–
<i>Chondria coerulescens</i> (J.Agardh) Falkenb.	–	–	–	0.002	0.007	10	–	–	–
<i>Colaconema caespitosum</i> (J.Agardh) Jackelman, Stegenga & J.J.Bolton	–	–	–	0.011	0.035	20	–	–	–
<i>Corallina</i> spp.	0.0	0.0	44.444	0.745	2.161	70	2.738	3.946	70
<i>Crouania attenuata</i> (C.Agardh) J.Agardh	–	–	–	0.038	0.113	30	–	–	–
<i>Cryptonemia lomation</i> (Bertol.) J.Agardh	0.168	0.292	44.444	–	–	–	–	–	–
<i>Cryptopleura ramosa</i> (Huds.) Kylin ex L.Newton	0.340	0.365	100	0.190	0.226	70	1.119	1.391	70
<i>Dasya hutchinsiae</i> Harv.	0.0	0.001	33.333	0.018	0.055	30	0.036	0.057	50
<i>Dasya ocellata</i> (Gratel.) Harv.	–	–	–	0.015	0.047	20	0.164	0.222	60
<i>Dasysiphonia japonica</i> (Yendo) H.-S.Kim	–	–	–	–	–	–	0.001	0.003	20
<i>Dermocorynus dichotomus</i> (J.Agardh) Gargiulo, M.Morabito & Manghisi	–	–	–	–	–	–	0.006	0.019	10
<i>Erythroglossum laciniatum</i> (Lightf.) Maggs & Hommers.	–	–	–	0.016	0.049	10	–	–	–
<i>Gayliella flaccida</i> (Harvey ex Kützting) T.O.Cho & L.J.McIvor	0.0	0.0	11.111	0.011	0.024	50	0.054	0.126	40
<i>Gelidium corneum</i> (Huds.) J.V.Lamour.	24.369	64.420	77.778	0.123	0.106	100	0.243	0.719	40
<i>Gelidium pusillum</i> (Stackh.) Le Jol.	0.0	0.0	11.111	–	–	–	–	–	–
<i>Gelidium spinosum</i> (S.G.Gmel.) P.C.Silva	0.0	0.0	11.111	0.012	0.037	10	0.139	0.439	10
<i>Gigartina pistillata</i> (S.G.Gmel.) Stackh.	–	–	–	0.041	0.130	10	–	–	–
<i>Gymnogongrus crenulatus</i> (Turner) J.Agardh	0.220	0.396	55.556	–	–	–	0.028	0.087	10
<i>Halopithys incurva</i> (Huds.) Batters	0.201	0.404	33.333	4.525	14.231	20	1.002	2.173	20
<i>Halurus equisetifolius</i> (Lightf.) Kütz.	0.063	0.172	33.333	0.124	0.243	60	0.227	0.445	40
<i>Herposiphonia secunda</i> (C.Agardh) Ambronn	–	–	–	0.007	0.021	40	–	–	–
<i>Herposiphonia</i> sp.	–	–	–	–	–	–	0.001	0.002	30

<i>Heterosiphonia plumosa</i> (J.Ellis) Batters	2.723	3.725	88.889	0.040	0.065	40	0.254	0.439	60
<i>Hypoglossum hypoglossoides</i> (Stackh.) Collins & Herv.	–	–	–	0.006	0.018	10	–	–	–
<i>Jania rubens</i> (L.) J.V.Lamour.	0.096	0.287	22.222	0.263	0.405	80	0.113	0.171	40
<i>Kallymenia reniformis</i> (Turner) J.Agardh	–	–	–	0.006	0.018	10	–	–	–
<i>Lomentaria clavellosa</i> (Lightf. ex Turner) Gaillon	–	–	–	0.0	0.0	20	–	–	–
<i>Meredithia microphylla</i> (J.Agardh) J.Agardh	–	–	–	–	–	–	0.167	0.527	10
<i>Microcladia glandulosa</i> (Sol. ex Turner) Grev.	0.012	0.037	33.333	0.072	0.091	60	0.459	1.025	60
<i>Monosporus pedicellatus</i> (Sm.) Solier	–	–	–	0.002	0.004	20	–	–	–
<i>Nitophyllum punctatum</i> (Stackh.) Grev.	0.0	0.001	33.333	–	–	–	–	–	–
<i>Peyssonnelia</i> spp.	–	–	–	1.149	2.545	30	0.189	0.419	30
<i>Phyllophora crispa</i> (Huds.) P.S.Dixon	–	–	–	2.246	4.623	90	8.884	17.376	70
<i>Pleonosporium borrieri</i> (Sm.) Nägeli	–	–	–	0.0	0.0	20	–	–	–
<i>Pleonosporium flexuosum</i> (C.Agardh) Bornet ex De Toni	–	–	–	0.0	0.001	10	–	–	–
<i>Plocanium cartilagineum</i> (L.) P.S.Dixon	0.950	1.372	100	0.494	1.050	100	0.966	1.412	70
<i>Polysiphonia brodiei</i> (Dillwyn) Sprengel	–	–	–	0.005	0.011	20	–	–	–
<i>Polysiphonia polyspora</i> (C.Agardh) Mont.	–	–	–	–	–	–	0.014	0.043	10
<i>Pterosiphonia complanata</i> (Clemente) Falkenb.	11.401	9.498	100	0.505	0.599	100	0.881	0.840	90
<i>Pterosiphonia parasitica</i> (Huds.) Falkenb.	–	–	–	0.104	0.140	70	0.238	0.249	90
<i>Pterosiphonia</i> spp.	0.408	0.408	88.889	0.093	0.145	70	1.047	1.235	90
<i>Pterothamnion crispum</i> (Ducluz.) Nägeli	–	–	–	0.116	0.310	50	0.0	0.002	10
<i>Pterothamnion plumula</i> (J.Ellis) Nägeli	0.0	0.0	44.444	–	–	–	–	–	–
<i>Rhodophyllis divaricata</i> (Stackh.) Papenf.	–	–	–	0.045	0.142	20	–	–	–
<i>Rhodymenia holmesii</i> Ardiss.	–	–	–	0.001	0.003	10	–	–	–
<i>Rhodymenia pseudopalmata</i> (J.V.Lamour.) P.C.Silva	0.041	0.082	22.222	0.107	0.234	40	0.270	0.578	20
<i>Scageliopsis patens</i> Wollaston	–	–	–	0.0	0.0	10	–	–	–
<i>Schizymenia dubyi</i> (Chauv. ex Duby) J.Agardh	–	–	–	0.006	0.015	20	–	–	–
<i>Seirospora interrupta</i> (Sm.) F.Schmitz	0.0	0.0	11.111	0.001	0.004	10	–	–	–
<i>Spermothamnion repens</i> (Dillwyn) Rosenv.	–	–	–	0.011	0.036	10	–	–	–
<i>Sphaerococcus coronopifolius</i> Stackh.	–	–	–	0.391	0.858	50	0.014	0.044	10
<i>Sphondylothamnion multfidum</i> (Huds.) Nägeli	0.197	0.253	88.889	0.002	0.006	10	0.032	0.045	50