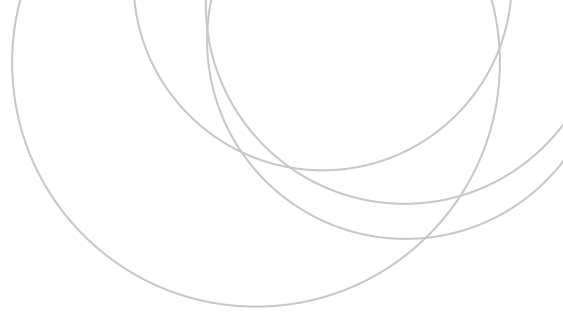




Universidad  
del País Vasco

Euskal Herriko  
Unibertsitatea

ZIENTZIA  
ETA TEKNOLOGIA  
FAKULTATEA  
FACULTAD  
DE CIENCIA  
Y TECNOLOGÍA



Gradu Amaierako Lana  
Biologiako Gradua

# Zooplanktonaren erantzuna eragile hidroklimatiko eta antropogenikoei euskal kostaldeko bi estuarioetan

Egilea:  
Maddi Artamendi Arzamendi  
Zuzendaria:  
Fernando Villate

© 2018, Maddi Artamendi

## AURKIBIDEA

1.ABSTRACT/LABURPENA .....	1
2.SARRERA.....	2
3.MATERIALAK ETA METODOAK .....	3
3.1.Ikerketa-area .....	3
3.2.Bilboko estuarioa .....	3
3.3.Urdaibaiko estuarioa.....	4
3.4.Datuen bilketa.....	4
3.5.Datuen lanketa eta analisiak .....	5
4.EMAITZAK .....	7
4.1.Inguruneko aldagaiak .....	7
4.2.Zooplankton taldeen dentsitate absolutuak .....	9
4.3.Zooplankton taldeen dentsitate erlatiboak .....	11
4.4.Zooplankton komunitatearen desberdintasunak eta urtez-urteko bilakaera .....	12
4.5.Komunitate egituraren antzekotasuna urteetan zehar .....	15
5.EZTABAIDA .....	16
5.1.Inguruneko aldagaien desberdintasunak.....	16
5.2.Zooplanktonaren erantzuna .....	17
6.ONDORIOAK.....	21
7.ESKER ONAK.....	22
8.BIBLIOGRAFIA .....	22

## 1.ABSTRACT

A comparative study of the zooplankton of the estuaries of Bilbao and Urdaibai was conducted for the 1998-2005 period in relation to the environmental changes in order to determine how the levels of pollution and the hydromorphological differences between estuaries affect the abundance and structure of zooplankton. Comparisons were made at the level of routine zooplankton groups within the euhaline region of both estuaries at the salinity sites of 30, 33 and 35. Differences in the environmental variables and zooplankton groups abundance between and within the estuaries were analysed statistically, while the year to year zooplankton community's development was described with non-metric Multidimensional Scaling (nMDS) and Spearman correlation. The abundance of zooplankton groups showed different patterns with salinity in each estuary, indicating that they had been affected by pollution in the estuary of Bilbao. The total abundance of zooplankton in the mouth of the estuary was higher in this estuary, with a decreasing abundance pattern upstream due mainly to the low oxygen levels values. Copepod abundance and zooplankton community structure correlation enhanced in the studied last years as a result of the environmental improvement, and zooplankton differences have diminished in relation to the studied periods 1997-1999 and 1999-2001. Consequently, results showed the evolution of the zooplankton community during the recovery process of the estuary of Bilbao as the water quality has improved.

## LABURPENA

1998-2005 urteen denboraldiko Bilboko eta Urdaibaiko estuarioen zooplanktonaren konparaketa egin zen, kutsadura mailak eta estuario bakoitzaren ezaugarri hidromorfologikoez zooplanktonaren dentsitate eta egitura nola eragiten duten zehazteko. Estuario bakoitzaren eskualde euhalinoko 30, 33 eta 35 gazitasun eremuetan zooplankton talde ohikoenen alderaketak egin ziren estuarioen artean. Estuarioen arteko eta estuarioan zeharreko zooplankton taldeen dentsitate eta ingurune aldagaien desberdintasunak estatistikoki frogatu ziren bitartean, urtez urteko zooplankton komunitatearen bilakaera eskalamendu multidimentsional ez-metrikoa (nMDS) eta Spearman korrelazioa eginez deskribatu zen. Zooplankton taldeen dentsitateek bilakaera desberdina izan zuten gazitasunarekin batera bi estuarioetan, Bilboko estuarioan kutsaduraren eragina jasaten zutela aditzera emanek. Itsasoratze eremuko zooplankton totalaren dentsitate balioak altuagoak izan ziren estuario honetan. Bilboko estuarioaren barnealderantz zooplankton taldeen dentsitatearen murrizpena gertatu zen, batez ere bertako oxigeno aetasun balio baxuak zirela eta. Ikerturiko azken urteetan Bilboko barne estuarioaren kopepodo dentsitatearen eta bi estuarioen arteko zooplankton komunitate egituraren korrelazioaren emendia gertatu zen ingurune aldagaien hobekuntzaren ondorioz. 1997-1999 eta 1999-2001 urteetako ikerketen emaitzekin alderatuz estuarioen arteko desberdintasunak murriztu dira. Ondorioz, emaitza hauek Bilboko estuarioaren berreskuratzearen baitan gertatzen ari den zooplankton komunitatearen eboluzioa adierazi zuten, uraren kalitatearen emendioarekin loturik dagoena.

## 2.SARRERA

Zooplanktona ekoizle primario eta sare-trofikoaren goiko kontsumitzaileen arteko lotura da itsas zein estuario ekosistemetan, hortaz, elika-kate pelagikoan kokapen garrantzitsua du (Vieira *et al.*, 2015). Zooplankton komunitatearen egitura eta biodibertsitatea sare-trofiko pelagikoen euskarri da denboran zehar (Vieira *et al.*, 2015). Bestalde, exkrezioaren eta egestioaren bidez kanporatutako mantengai ez-organikoak (C,N eta P batez ere) direla eta, zooplanktonak ozenoetako ziklo biogeokimikoetan berebiziko garrantzia du (Alcaraz *et al.*, 2010). Bizi-ziklo laburrak dituztenez, ingurune aldaketei erantzun azkarra emateko gai dira eta ondorioz, ingurumen aldaketen aurrean lehenengoetako erantzun biotikoa ematen dute (Goberville *et al.*, 2014).

Aldaketa hidroklimatikoak zein eragile antropogenikoak zooplanktoaren aldakortasunaren eragile dira. Ingurumen aldaketa hauek populazioen dinamika eta dispersioan aldaketak eragiten dituzte (Goberville *et al.*, 2014). Zooplanktona kontsumitzaileen sare-trofikoaren lehen postuetan dagoenez, zooplankton komunitatean gertatzen diren aldaketek eragin zuzena izango dute goiko kontsumitzaileengan; eta honela, espezieen arteko interakzioen norabide eta sendotasunean asaldurak sortzen dira (Kirby & Beaugrand, 2009). Zooplankton komunitatearen aldakortasuna ikertzea oso garrantzitsua da, izan ere, zooplanktonak kostako ekosistemetan gertatzen diren aldaketen indikatzaile moduan jokatzeko du (Falçao *et al.*, 2012).

Ingurune aldagaien aldaketak nabarmenagoak eta konplexuagoak dira estuarioetan, izan ere, estuarioetan itsaso eta ingurune lehortarraren elkarrekintzek eragiten dute (Vieira *et al.*, 2003). Gainera, giza-jardueren eraginak nabarmenagoak dira kostan inguruan; eta hau dela eta, estuarioak presio antropogeniko altuko gunek dira. Honegatik, itsas ekosistema kutsatuenak estuarioak dira (McLusky & Elliot, 2004). Azken urteetako giza-jardueren ondoriozko kutsaduraren emendioak aldaketa nabarmenak eragin ditu mundu osoko kostako zein estuarioetako ekosistemetan, zooplankton komunitatearen egituran eta biodibertsitatean aldaketak egon direlarik (Mridula *et al.*, 2009). Izan ere, kutsadurak berezko ingurumen baldintza naturalak aldatzen ditu, zooplankton komunitateen banaketa naturala asaldaturik (Uriarte & Villate, 2004). Kutsadurak estuarioetan gunek anoxiko zein hipoxikoak sortu izana zooplankton dentsitate murrizpenaren eragile esanguratsua da (Vieira *et al.*, 2015).

Bizkaiko Golkoan kokaturik dagoen Bilboko estuarioa eremu oso kutsatua izan zen 20. mendean, izan ere, mende honetan Bilbo industrializazio garaiko portu garrantzitsua izan zen. Hala ere, 1979-an ezarritako saneamendu-sareari esker estuarioa errehabilitazio egoeran aurkitzen da (Uriarte *et al.*, 2016). Bizkaiko Golkoan eta Bilboko estuariotik gertu, Urdaibaiko estuarioa dago, izen bereko Biosfera Erreserbaren parte dena. Estuario honek Bilbokoarekin klima partekatzen duen arren, bere kutsadura maila oso bestelakoa da, gutxi asaldaturik estuarioa izanik. Sistema hauen desberdintasun eta berdintasunak direla eta, bi estuario hauek eremu ezin hobeak bilakatzen dira gizakion ondorio diren eragileak klimaren ondoriozkoekin alderatzeko (Villate *et al.*, 2017).

Bilbo eta Urdaibaiko estuarioen zooplankton talde nagusien konparaketa espazialak egin dituzten ikerketek (Uriarte & Villate, 2004; Albaina *et al.*, 2009), 1997-1999 urteetako eta 1999-2001 urteetako datuak baino ez dituzte jasotzen. Hau dela eta, urte tarte zabalago bat konparatzea interesgarria litzateke, zooplankton komunitateak duen bilakaera behatu eta honela estuarioen egoera determinatzeko. Izan ere, 1999-2001 urteko datuekin egindako ikerketan Bilboko estuarioko zooplankton komunitatearen berreskuratze-prozesuaren lehen faseak baino ez dira aurkitu (Albaina *et al.*, 2009).

Esandakoa kontuan hartuz, eta zooplankton komunitatearen azterketaren garrantzia aintzat hartuta, ikerketa honen helburua bi estuarioetan 1998-2005 8 urteetako (i) inguruneko aldagaien eta zooplankton komunitateko talde nagusien dentsitate absolutua eta erlatiboa zehaztu eta konparatzea estuario zein gazitasunen artean, (ii) zooplankton komunitate egituraren estuarioen arteko desberdintasunak zehaztea eta urtez urteko bilakaera deskribatzea; eta azkenik, (iii) egondako zooplankton komunitatearen desberdintasun eta aldaketen zergatia aztertzea da, eragin antropogenikoen kontribuzioa ezagutzeko asmoz. Lorturiko ondorioak bi estuarioen ur kalitatearen egoera zehazteko baliagarriak lirateke, bai eta ikertutako urteetan izan duen bilakaera ezagutzeko ere.

### 3.MATERIALAK ETA METODOAK

#### 3.1.Ikerketa-area

Bi estuarioak Bizkaiko golkoan kokatzen dira. Bilboko estuarioa (Ibaizabal-Nerbioi izenez ere ezaguna) 43°23'N eta 03°07'M-ra kokatzen da eta Urdaibaikoa 43°22'N eta 02°43'M-ra (Villate *et al.*, 2017). Hau da, bi estuarioak bata bestearen alboan kokatuta daude, ia latitude berean eta bata bestetik distantzia longitudinal txikira. Hau dela eta, bi estuarioek klima ozeaniko epel berdina partekatzen dute. Aitzitik, estuario bakoitzak eragin antropogeniko, morfologia eta ondoriozko ezaugarri hidrodinamiko desberdinak ditu, honek eragina izanik bertako ekosistemetan.

#### 3.2.Bilboko estuarioa

Bilboko estuarioak 23 km luze ditu eta bi area desberdinetan bereizten da. Alde batetik, 3.8 km zabal eta 10-25 m sakon den Abra portu inguruko badia dago. Bestetik, 15 km luze eta 2-9 m sakon den gizakiak kanalizaturiko area estua (50-150 m) (Villate *et al.*, 2017). Itsasoko ura dentsuagoa izanik, estuarioan barrena sartzen da barnealderantz eta ibaiak dakarren ur geza azaletik isurtzen da itsasorantz. Orotara, estuario euhalinoa (30 gazitasuna baino gehiagokoa) da nagusiki (Intxausti *et al.* 2012). Itsasoaren eragina dela eta estuarioaren kanpo area partzialki nahasirik dagoen bitartean, barnealdeko area oso estratifikatuta dago (Villate *et al.*, 2013).

Bilboaldearen eraldaketa industrial eta ekonomikoa dela eta, jatorriko estuario naturalak aldaketa bortitzak jasan ditu (Cearreta *et al.*, 2000). Izan ere, industrializazio garaiaren ondorioz, urteetan zehar Bilboko estuarioak mineral garbiketen, industria hondakinen eta hiri-isurketen deposito

moduan jardun du (Cearreta *et al.*, 2000). Ondorioz, urteetan zehar oxigeno kontzentrazio oso baxuak izan ditu, baldintza hipoxiko eta anoxikoak edukiz eremu zabaletan zehar (Villate *et al.*, 2013). Honek zuzenean eragin dio bertako komunitate eta ekosistemari, biomasa eta dibertsitate galera handiak gertatuz. 1979 urteaz geroztik eta industrializazio prozesuaren ondoren Bilboko metropoli-barrutian saneamendu-sarea ezarri zen, uren kalitatea hobetzeko asmoz. Honen eraginez, metal astun, amonio eta materia organikoaren kontzentrazioaren beherakada gertatu da, oxigeno- eta biodibertsitate-maila handitu den bitartean (Borja *et al.*, 2010; Pascual *et al.*, 2012). Ibilguaren erdialdean, estuarioak 2001 geroztik tratamendu sekundarioa egiten duen araztegi bateko urak jasotzen ditu (Franco *et al.*, 2004).

### 3.3. Urdaibaiko estuarioa

Urdaibaiko estuarioa 1.2 km-ko zabalera maximo eta 20 m baino gutxiagoko zabalera minimoarekin, Bilboko baino laburragoa eta azalekoagoa da. Izan ere, 12.5 km luze eta 3 m sakon da bataz beste (Villate *et al.*, 2017). Arro txikia da, eta ibai zein erreka sarrera urriak ditu mareak duen eraginarekin alderatuz. Hau dela eta, itsasgoran, estuario gehienean zehar itsasoko ur gazia dominantea da. Kanpoaldean, itsas-ura nagusi, >34 gazitasuneko ura dago. Erdi-kanpoaldean, ur geza eta gazia ondo nahasirik daude eta erdi-barnealdean gazitasuna jaistearekin batera, ura erdi-estratifikatuta dago Oka ibaiaren eragina dela eta (Villate *et al.*, 2008). Emari txikiagoa izanagatik, gutxi estratifikatutako estuarioa da.

Estuarioak jasan dituen aldaketa fisiko eta antropogenikoei dagokiela, Bilbokoak ez bezala, Urdaibaikoak aldaketa gutxi pairatu ditu (Uriarte & Villate, 2004). Honen ondorioz estuarioak duen aberastasun ekologiko handia dela eta, Urdaibai Biosferaren Erreserba deklaratu zuen UNESCO-k 1984an (De Madariaga *et al.*, 1994). Estuarioaren egitura naturalari dagokiola, kanal nagusia paduraz inguraturik dago goi eta erdialdeko tarte zabaletan zehar. Paduraz gain, erdiko eskualdeetan marearteko zabalgunek lohitsuak nagusitzen dira eta beheko eskualdean marearteko zabalgunek hareatsuak eta hondartzak. Hala ere, estuarioaren barnealdean, Gernikako urak garbitzen dituen tratamendu primarioko araztegi zahar baten eraginez, estuarioak mantengai eta materia organiko ugari jasotzen ditu (Franco *et al.*, 2004). Araztegi honek duen efizientzia urria eta honek Biosferaren Erreserban duen eragin kaltegarria dela eta, saneamendu-sare berri bat proposatuta dago hurrengo urteetan ezarriko dena.

### 3.4. Datuen bilketa

Datuak EHU-ko Ekologia eta Landare Fisiologia saileko Zooplanktonaren ekologia taldeak 1998-2005 urte bitartean bildu zituen Bilbo eta Urdaibaiko estuarioetan abian den ingurune pelagiko eta planktoneko monorizazio planari jarraituz. Laginak hilabetero marea hilen itsasgoran hartu ziren 35, 33 eta 30 gazitasuneko eremuetan Bilbo (B35, B33 eta B30) zein Urdaibaiko (U35, U33 eta U30) estuarioetan. Mareen zein ibaien eraginagatik, gazitasunaren araberako zonazioa aldakorra da estuarioetan. Hau dela eta, laginketa ez zen eremu finkoetan egin baizik eta gazitasun eremu

jakinetan. Laginketarako estrategia moduan, lagrangian modeloa erabili zen bestelako zooplankton ikerketetan erabili izan den bezala (Kimmerer *et al.*, 1998). Laginketa eremu bakoitzean, gazitasun, temperatura eta disolbatutako oxigeno asetasunaren profil bertikala eskuratu zen WTW ur-kalitatearen sistema multi-parametrikoa erabiliz. Gazitasunaren estratifikazio indizea kalkulatzeko, puntu bakoitzean 0.5 m-ko sakonera tartetean ematen den gazitasun diferentzia handiena erabili zen aurretik egindako ikerketetan bezala (Villate *et al.*, 2013). Laginketa puntu bakoitzean Secchi diskaren sakonera neurtu zen ere, uhertasunaren adierazle.

Zooplanktona sakonera ertainean lagindu zen, haloklinaren (normalean 3-5 m) azpian, emari neurgailu digitalaz ekipatutako 200  $\mu$ m-ko eraztun-sareak (25 cm diametro, 100 cm luze) erabiliaz. *a*-klorofila neurtzeko, ur laginak Niskin botila batez jaso ziren zooplanktona jaso zen sakonera berean.

Zooplankton laginak %4 formalinadun itsas-uretan gorde ziren, ondoren maila taxonomiko baxuenerainoko zenbatze eta identifikazioa mikroskopio optikoaren bidez egiteko. Ikerketa honetarako holoplankton (kopepodoak, apendikularioak, kladozeroak, ketognatoak, sifonoforoak eta doliolidoak) eta meroplankton (zirripedio larbak, gastropodo larbak, bilbalbio larbak, poliketo larbak, dekapodo larbak, hidromedusak eta arrainen arrautz zein larbak) talde nagusienak erabili ziren soilik. Azkenik, *a*-klorofilaren balioak zehazteko, ur laginak Whatman GF/C iragazkitik igaro ziren, ondoren Lorenzen metodo espektrofotometrikoaren bidez kontzentrazioak kalkulatu (Lorenzen, 1967).

### 3.5. Datuen lanketa eta analisiak

Denbora-seriak urteka definitu ziren, honetarako urte bakoitzaren batz bestekoak egin zirelarik aldagai bakoitzarentzat. Datuek banaketa normala ala ez-normala jarraitzen zuten ikusteko, Saphiro-Wilk normalitate testa egin zen. Zooplankton taldeen dentsitate-datuak eta *a*-klorofilaren kontzentrazio-datuak ez-normalak izanik,  $\log(n+1)$  eginez trasformatu ziren. Zooplankton taldeen dentsitate erlatiboak kalkulatu ziren ere. Estuario eta gazitasun eremuen artean ingurune aldagai zein zooplankton talde bakoitzaren dentsitate absolutuetan desberdintasun espazialak zeuden frogatzeko bi faktoretako bariantza analisisa (two-way ANOVA) egin zen. Gazitasun eremu bakoitzeko estuarioen arteko ingurune aldagaietan eta zooplankton taldeen dentsitate absolutuan desberdintasun adierazgarriak zeuden frogatzeko Student t testa egin zen trasformatutako datuekin. Dentsitate erlatiboetan estuarioen arteko desberdintasun esangarriak zeuden frogatzeko Mann-Whitney U testa egin zen, trasformatu gabeko datuak baitziren.

Ondoren, gazitasun eremu bakoitzean estuarioen zooplankton komunitateen denboran zeharreko aldaketak ikusteko, eskalamendu multidimentsional ez-metrikoa (nMDS) erabili zen trasformatu gabeko datuekin. Metodo hau, denbora-serieen arteko konparaketa espazialak egiten zituen beste ikerketa batean erabili zen ere (Bode *et al.*, 2012). nMDS-a ekologian oso erabilia den Bray-Curtis antzekotasun indizean oinarritu zen urteen arteko distantziak gauzatzeko. Bestalde, ingurune aldagaiek nolako eragina zuten zooplankton komunitatean zehazteko, bildutako sei ingurune

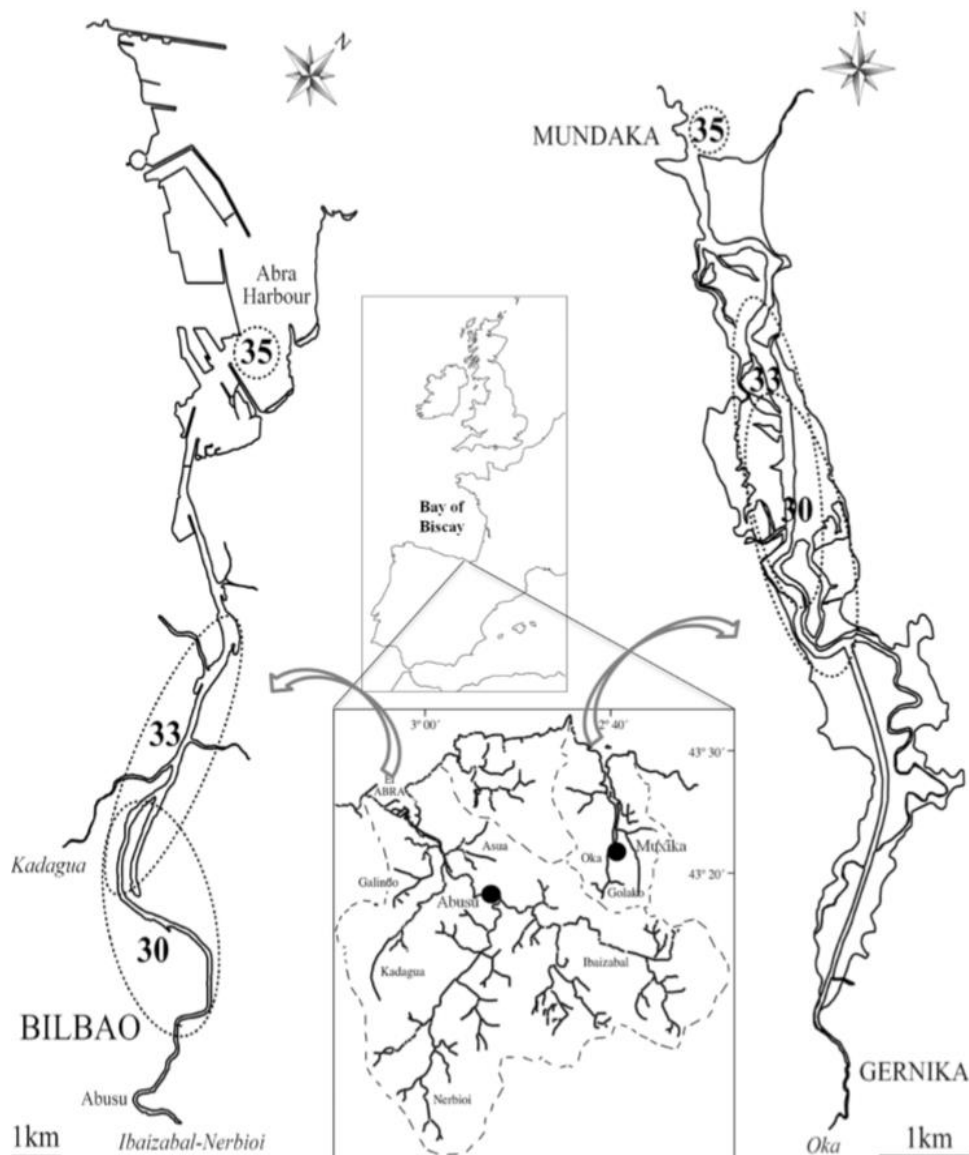
aldagaien datuak nMDS-ra gehitu ziren, analisi multidimentsionalak aukeran ematen zuen ingurugiro aldagai moduan. Lorturiko nMDS 2-dimentsionaleko lagin bakoitzari bere denbora-seriea izendatu zitzaion, honela, bi estuarioen denbora-serieen arteko korrelazio espazialak erakusteko. Gainera, estuario bakoitzeko behaketen %95 kontzentrazio elipseak markatu ziren, kasuen %95-a egon zitekeen eremua zehaztuz. Gazitasun eremu bakoitzean Bilbo eta Urdaibai estuarioen zooplankton komunitateen artean desberdintasun adierazgarriak dauden ikusteko, test ez-parametrikoa den antzekotasun-analisia (ANOSIM) erabili zen. Gainera, bi estuarioen komunitateen arteko desberdintasun nagusienaren eragile diren zooplankton taldeak zehaztu ziren antzekotasun-portzentaiaren analisiaren (SIMPER) bidez gazitasun bakoitzerako. Saphiro-Wilk normalitate testa, Student t testa, Mann-Whitney U testa, two-way ANOVA, nMDS, ANOSIM eta SIMPER PAST (Paleontological Statistics) 3.18 software estatistiko librearekin egin ziren.

Azkenik, bi estuarioen denbora-serieen arteko korrelazio analisia egin zen gazitasun eremu bakoitzerako Spearman estatistikoaren bidez. Estadistikoaren balioentzat PAST 3.18 erabili zen.

Ikerketa honetan kontutan hartutako zooplankton taldeak eta taula eta irudietan erabilitako laburdurak hauek izan ziren: kopepodoak (KOPE), apendikularioak (APEN), kladozeroak (KLAD), ketognatoak (KETO), sifonoforoak (SIFO), doliolidoak (DOLI), zirripedio larbak (ZIRR), gastropodo larbak (GAST), bilbalbio larbak (BIBA), poliketo larbak (POLI), dekapodo larbak (DEKA), hidromedusak (HIDR) eta arrainen arrautz zein larbak (ARRA) hain zuzen.

Inguruneko aldagien kasuan: emaria, estratifikazioa (STR), Secchi diskaren sakonera (SDS), ur temperatura (T), disolbatutako oxigeno asetasuna (DOA) eta *a*-klorofila (Kla) izan ziren.





**1.Irudia.** Bilbo eta Urdaibaiko estuarioren mapa, gazitasun eremu desberdinak eta puntu beltzez geltoki hidro-meteorologikoak agertuz (Villate *et al.*, 2017).

#### 4.EMAITZAK

##### 4.1.Inguruneko aldagaiak

*a*-klorofilari, disolbatutako oxigeno asetasunari eta Secchi diskaren sakonari dagokiola, estuarioren, gazitasunen eta bien arteko interakzioen artean desberdintasun adierazgarriak zeudela ikusi zen (1.Taula eta 2.Taula). *a*-klorofila balio altuenak Bilbon egon ziren bitartean, Urdaibaik izan zituen oxigeno asetasun eta Secchi diskaren sakonera balio altuenak. *a*-klorofilak eta disolbatutako oxigeno asetasunak kontrako joera erakutsi zuten gazitasunaren emendioarekin. Bi estuarioetan *a*-klorofila kontzentrazio beherakada behatu zen gazitasunaren emendioarekin batera (B30=3.66 µg/l - B35=2.3966 µg/l eta U30=3.8266 µg/l - U35=0.8566 µg/l), eta bi estuarioren artean desberdintasun

adierazgarriak 35 gazitasun eremuan baino ez ziren behatu. Disolbatutako oxigeno asetasuna ordea, gazitasunarekin batera izugarri emendatu zen Bilboko estuarioan (B30=%32.46 - B35=%97.98), Urdaibaiko balioak altuak izanik eremu euhalino osoan zehar (%85 - %100 inguru). Hau honela, Bilbo eta Urdaibairen artean desberdintasun nabarmenak behatu ziren 30 eta 33 gazitasun eremuetan, bi eremuetan Urdaibairen oxigeno asetasun balioak handiagoak izanik. 35 eremuan ordea, bi estuarioen artean ez zen desberdintasunik topatu, antzeko oxigeno balioak izan zituztelarik (B35=%97.98 eta U35=%98,6). Secchi diskaren sakoneraren kasuan, honen emendioa behatu zen bi estuarioetan gazitasunarekin batera, batez ere 33 gazitasun eremutik 35 gazitasun eremura igarotzerakoan (B33=1.15 m - B35=3.17 m eta U33=2.14 m - U35=3.77 m). Aldagai honen kasuan desberdintasun adierazgarriak topatu ziren estuarioen artean hiru gazitasun eremuetan, Urdaibaik balio altuagoak izan zituztelarik. Hala ere, desberdintasun adierazgarrienak 30 eta 33 gazitasunetan behatu ziren, 35 gazitasuneko eremuan desberdintasuna lausoagoa izan zen eremu honetan Urdaibaiko estuarioan diskak maiz hondoa jo zuelako.

Estratifikazioak bestalde, desberdintasun adierazgarriak izan zituen estuarioen bai eta gazitasun eremu desberdinen artean, bi estuarioetan gazitasunarekin bilakaera berdina edukiz. Desberdintasun adierazgarriak topatu ziren hiru gazitasun eremuetan, Bilboko estuarioa Urdaibaikoa baino nabarmen estratifikatuagoa egonik batez ere 30 gazitasun eremuan (B30=12.44 - U30=2,75). Bi estuarioetan estratifikazioaren murrizpena behatu zen gazitasunarekin batera, 33 gazitasun eremutik 35 gazitasun eremura igarotzerakoan jaitsiera nabarmenena gertatuz bi estuarioetan (B33= 9.03 - B35=3.12 eta U33=2.33 - U35=0.20).

Azkenik, estuarioen ur tenperaturari dagokiola, desberdintasun nabarmenak behatu ziren estuarioen artean, nahiz eta ez ziren desberdintasun adierazgarriak topatu gazitasunen artean ez eta estuario-gazitasun interakzioan ere. Hala ere, gazitasun eremu guztietan bi estuarioen artean ez zen desberdintasun adierazgarririk ikusi, tenperatura desberdintasunak estuarioak osotara hartuta izan zirelarik.

**1.Taula.** Inguruneko aldagaien two-way ANOVA,  $p < 0.05$  desberdintasun adierazgarritzat hartuz.

	STR	Kla		T	DOA	SDS	
Estuarioak	<b>p&lt;0.001</b>	<b>p&lt;0.001</b>	B>U	<b>p=0.02</b>	<b>p&lt;0.001</b>	<b>p&lt;0.001</b>	B<U
Gazitasuna	<b>p&lt;0.001</b>	<b>p&lt;0.001</b>		p=0.32	<b>p&lt;0.001</b>	<b>p&lt;0.001</b>	
Estuario eta Gazitasuna	p=0.58	<b>p=0.002</b>		p=0.98	<b>p&lt;0.001</b>	<b>p=0.001</b>	

**2.Taula.** Gazitasun bakoitzaren eta bi estuarioen ingurunekeo aldagaien bataz besteko eta desbideratze estandarrak. Bi estuarioen arteko desberdintasun adierazgarriak Student t testaren bidez, \*(p<0.05), \*\*(p<0.01) eta \*\*\*(p<0.001).

	30		33		35	
	Bilbo	Urdaibai	Bilbo	Urdaibai	Bilbo	Urdaibai
STR	***12.44 ± 4.92	***2.75 ± 3.78	***9.03 ± 5.18	***2.33 ± 3.52	***3.12 ± 4.09	***0.20 ± 0.44
Kla (µg/L)	3.66 ± 4.69	3.82 ± 4.33	2.99 ± 4.4	2.06 ± 2.21	***2.39 ± 3.15	***0.85 ± 0.97
T (°C)	16.20 ± 3.6	16.44 ± 4.62	16.12 ± 3.37	16.35 ± 4.23	16.00 ± 3.14	16.26 ± 3.67
DOA (%)	***32.46 ± 22.54	***84.73 ± 15.17	***67.06 ± 19.42	***91.94 ± 12.86	97.98 ± 13.01	98.60 ± 9.52
SDS (m)	***1.03 ± 0.37	***1.63 ± 0.58	***1.15 ± 0.44	***2.14 ± 0.74	*3.17 ± 1.42	*3.77 ± 1.24

#### 4.2. Zooplankton taldeen dentsitate absolutuak

Bi faktoretako ANOVA-ren arabera (3.Taula), apendikulario, zirripedio larba, kladozero eta dekapodo larben taldeek desberdintasun adierazgarriak azaldu zituzten estuarioen eta gazitasunen artean, baita bi faktoreen interakzioan ere. Apendikulario, zirripedio larba eta kladozero dentsitate handienak Bilbok izan zituen bitartean, Urdaibaik dekapodo larben dentsitate altuagoa izan zuen. Apendikularioen dentsitate balioak batez ere Bilboko estuarioan gazitasunarekin batera handitu zirela behatu zen (B30=42.25 ind/m<sup>3</sup> - B35=1630.53 ind/m<sup>3</sup> eta U30=13.7 ind/m<sup>3</sup> - U35=28.027 ind/m<sup>3</sup>) (4.Taula), 33 eta 35 gazitasuneko eremuan bi estuarioen arteko dentsitate desberdintasunak adierazgarrienak izanik. Kladozeroek joera berdina erakutsi zuten, dentsitateen arteko desberdintasunak soilik estuarioaren kanpoaldean adieraziz (B35=265.52 ind/m<sup>3</sup> eta U35=40.64 ind/m<sup>3</sup>). Dekapodo larbek kontrako joera izan zuten bi estuarioetan, Urdaibaiko estuarioaren barnealdean dentsitate altuenak egon ziren bitartean, Bilboko estuarioan balio altuenak kanpoaldean egon ziren (B30=0.24 ind/m<sup>3</sup> - B35=20.54 ind/m<sup>3</sup> eta U30=16.9 ind/m<sup>3</sup> - U35=9.46 ind/m<sup>3</sup>); dentsitate balioen desberdintasun adierazgarrienak estuarioen barnealdean adieraziz. Bilboko estuarioko zirripedio larben dentsitate absolutuaren emendioa gertatu zen 35 gazitasun eremutik 33 gazitasun eremura, ondoren, barnealderago dentsitatea murriztuz (B35=642.5 ind/m<sup>3</sup>, B33=953.14 ind/m<sup>3</sup> eta B30=257.34 ind/m<sup>3</sup>). Urdaibaiko estuarioan bestalde, dentsitate balioak nahiko konstante mantendu ziren estuarioaren barnealderantz (U35=185.65 ind/m<sup>3</sup>, U33=201.37 ind/m<sup>3</sup> eta U30=258.4 ind/m<sup>3</sup>). Hau dela eta, Bilboko estuarioko dentsitate balioak nabarmen handiagoak izan ziren 35 eta 33 gazitasun eremuetan.

Gastropodo larben dentsitateek estuarioen arteko desberdintasunak eta faktoreen interakzioa adierazi zituzten, baina ez zuten desberdintasun esangarririk adierazi gazitasunen artean (3.Taula). Dentsitate balioen desberdintasun adierazgarrienak estuarioen barnealdean aurkitu ziren 30 eta 33 gazitasun eremuetan, bi estuarioetan gazitasunaren araberrako kontrako joera erakutsiz (4.Taula). Bilboko estuarioaren barnealderantz dentsitate balioen murrizpena gertatu zen bitartean, Urdaibaiko estuarioan dentsitatearen emendapena gertatu zen; oro ar, Urdaibaiko estuarioan dentsitatea handiagoa izan zelarik (B30=7.53 ind/m<sup>3</sup> - B35=43.47 ind/m<sup>3</sup> eta U30=554.2 ind/m<sup>3</sup> - U35=201.5 ind/m<sup>3</sup>).

Sifonoforo, arrainen larba zein arrautza eta hidromedusen dentsitateen kasuan, hauek desberdintasuna adierazgarriak azaldu zituzten gazitasunen artean, baita estuario-gazitasun interakzioa ere (3.Taula). Hiru taldeetan desberdintasun adierazgarriak behatu ziren 35 gazitasun eremuan, arrainen larba eta arrautzen dentsitate balio desberdintasunak 30 gazitasun eremuan behatuz baita ere (4.Taula). Sifonoforo dentsitate balioen murrizpena gertatu zen gazitasunaren murrizpenarekin batera, Bilboko estuarioko murrizpena handiagoa izanik (B30=1.04 ind/m<sup>3</sup> - B35=41.29 ind/m<sup>3</sup> eta U30=5.7 ind/m<sup>3</sup> - U35=12.01 ind/m<sup>3</sup>). Hidromedusetan ordea, Bilboko estuarioan dentsitate balioen murrizpena eta Urdaibaikoan emendioa gertatu zen (B30=0.64 ind/m<sup>3</sup> - B35=10.74 ind/m<sup>3</sup> eta U30=9.8 ind/m<sup>3</sup> - U35=3.94 ind/m<sup>3</sup>). Urdaibaiko estuarioan arrainen larba eta arrautzen dentsitate absolutuak nahiko konstante mantendu ziren estuarioan barrena, Bilbokoan presentzia murriztuz joan zen bitartean. Hau dela eta, 35 gazitasun eremuan Bilboko estuarioan dentsitate balioak nabarmen handiagoak izan ziren bitartean, 30 gazitasun eremuan Urdaibaiko estuariokoak nabarmen handiagoak izan ziren (B30=0.52 ind/m<sup>3</sup> - B35=16.61 ind/m<sup>3</sup> eta U30=2.4 ind/m<sup>3</sup> - U35=3.91 ind/m<sup>3</sup>).

Ketognatoen dentsitate absolutuak desberdintasunak adierazi zituen estuario eta gazitasun desberdinen artean, ez ordea bien interakzioan aurretik aipaturiko zooplankton taldeek bezala (3.Taula). Desberdintasun adierazgarriak 35 gazitasun eremuan behatu ziren soilik, Bilbokoak altuagoak izanik (B35=14.58 ind/m<sup>3</sup> eta U35=7.03 ind/m<sup>3</sup>). Bi estuarioen barnealderantz dentsitateak murriztuz joan ziren, balioen arteko desberdintasun adierazgarriak desagertuz.

Kopepodo eta doliolido dentsitate balioek gazitasunen artean soilik adierazi zituzten desberdintasunak, beste egoeretan desberdintasun esangarririk ez baitzen behatu (3.Taula). Kopepodoek estuario bakoitzean gazitasun aldaketen aurrean gertatutako dentsitate balioetan desberdintasunik azaldu ez arren, batez besteko balioei behatuz Bilboko estuarioaren barnealderantz dentsitatearen murrizpena eta Urdaibaikoan emendio txikia ikusi zen (B35=2016.51 ind/m<sup>3</sup> - B30=1539.35 ind/m<sup>3</sup> eta U35=1697.88 ind/m<sup>3</sup> - U30=2161.17 ind/m<sup>3</sup>). Doliolidoek bi estuarioen barnealderantz euren dentsitatearen murrizpena izan zuten proportzio berean (3.Taula).

Azkenik, bibalbio eta poliketoen dentsitateetan ez zen desberdintasunik ikusi estuarioen, gazitasunen eta bien interakzioaren artean, gazitasun eremu bakoitzeko estuarioen erkaketan desberdintasun nabarmenik ez zegoelarik (3.Taula eta 4.Taula).

**3.Taula.** Zooplankton taldeen dentsitatearen two-way ANOVA, p<0.05 desberdintasun adierazgarritzat hartuz.

	APEN	ZIRR	KLAD	KETO		GAST	DEKA	
Estuarioak	<b>p&lt;0.001</b>	<b>p&lt;0.001</b>	<b>p=0.02</b>	<b>p=0.04</b>	B>U	<b>p&lt;0.001</b>	<b>p&lt;0.001</b>	B<U
Gazitasuna	<b>p&lt;0.001</b>	<b>p=0.03</b>	<b>p&lt;0.001</b>	<b>p=0.002</b>		p=0.64	<b>p&lt;0.001</b>	
Estuario eta Gazitasuna	<b>p&lt;0.001</b>	<b>p=0.002</b>	<b>p=0.001</b>	p=0.48		<b>p&lt;0.001</b>	<b>p&lt;0.001</b>	
	SIFO	ARRA	MEDU	KOPE	DOLI	BIBA	POLI	
Estuarioak	p=0.54	p=0.15	p=0.85	p=0.27	p=0.13	p=0.19	p=0.32	
Gazitasuna	<b>p&lt;0.001</b>	<b>p&lt;0.001</b>	<b>p=0.009</b>	<b>p=0.04</b>	<b>p&lt;0.001</b>	p=0.06	p=0.05	
Estuario eta Gazitasuna	<b>p=0.009</b>	<b>p&lt;0.001</b>	<b>p=0.01</b>	p=0.16	p=0.09	p=0.98	p=0.51	

**4.Taula.** 1998-2005 urte bitarteko zooplankton populazio dentsitatearen bataz besteko eta desbideratze estandarra. Bi estuarioen arteko desberdintasun adierazgarriak Student t testaren bidez, \*(p<0.05), \*\*\*(p<0.01) eta \*\*\*\*(p<0.001).

	30		33		35	
	Bilbo (ind/m <sup>3</sup> )	Urdaibai (ind/m <sup>3</sup> )	Bilbo (ind/m <sup>3</sup> )	Urdaibai (ind/m <sup>3</sup> )	Bilbo (ind/m <sup>3</sup> )	Urdaibai (ind/m <sup>3</sup> )
KOPE	1539.55 ± 4996.8	2161.17 ± 7190.3	1147.79 ± 2524.27	993.13 ± 1439.71	2016.51 ± 2089.4	1697.88 ± 2428.00
APEN	<b>*42.25 ± 100.1</b>	<b>*13.7 ± 33.6</b>	<b>***84.00 ± 134.79</b>	<b>***29.23 ± 65.79</b>	<b>***1630.53 ± 1884.36</b>	<b>***28.02 ± 42.8</b>
KLAD	9.03 ± 28.0	14.5 ± 57.5	42.74 ± 88.34	30.75 ± 114.38	<b>***265.52 ± 580.73</b>	<b>***40.64 ± 85.3</b>
KETO	3.87 ± 10.7	2.9 ± 6.8	10.32 ± 50.05	3.921 ± 10.73	<b>*14.58 ± 28.16</b>	<b>*7.03 ± 22.7</b>
SIFO	1.04 ± 3.4	5.7 ± 20.3	12.53 ± 47.05	8.94 ± 31.18	<b>**41.29 ± 67.56</b>	<b>**12.01 ± 37.1</b>
DOLI	0.72 ± 3.8	0.3 ± 1.5	1.55 ± 8.47	2.00 ± 10.49	69.24 ± 253.02	20.89 ± 74.6
ZIRR	257.34 ± 591.5	258.4 ± 526.2	<b>***953.14 ± 2688.50</b>	<b>***201.37 ± 338.49</b>	<b>***642.5 ± 850.97</b>	<b>***185.65 ± 414.1</b>
GAST	<b>***7.53 ± 15.4</b>	<b>***554.2 ± 2391.9</b>	<b>***19.37 ± 38.61</b>	<b>***164.92 ± 321.70</b>	<b>*43.47 ± 94.18</b>	<b>*201.5 ± 890.6</b>
BIBA	37.66 ± 233.0	8.9 ± 38.7	28.14 ± 92.51	18.76 ± 57.03	26.86 ± 59.62	22.61 ± 50.7
POLI	15.06 ± 43.8	36.2 ± 153.7	43.12 ± 175.75	50.65 ± 243.68	5.47 ± 14.72	14.94 ± 52.3
DEKA	<b>***0.24 ± 0.6</b>	<b>***16.9 ± 77.8</b>	<b>*5.76 ± 11.55</b>	<b>*14.40 ± 36.08</b>	<b>*20.54 ± 44.03</b>	<b>*9.46 ± 18.00</b>
HIDR	0.64 ± 1.6	9.8 ± 61	4.08 ± 8.31	5.78 ± 15.4	<b>*10.74 ± 17.0</b>	<b>*3.94 ± 9.6</b>
ARRA	<b>*0.52 ± 2.1</b>	<b>*2.4 ± 6</b>	423 ± 11.47	4.48 ± 11.74	<b>***16.61 ± 31.52</b>	<b>***3.91 ± 8.3</b>
TOTALA	1915.45	3085.07	2356.77	1.528.331	<b>**4803.86</b>	<b>**2248.48</b>

#### 4.3.Zooplankton taldeen dentsitate erlatiboak

Zooplankton komunitatean taldeek izan zuten ekarpen kuantitatiboari behatuz (5.Taula), gazitasun eremu guztietan kopepodoak izan ziren nagusi bi estuarioetan alde handiarekin. Urdaibaiko estuarioan kopepodo dentsitate erlatiboak hiru gazitasun eremuetan %65-%75 artean mantendu zen, Bilbokoan berriz, dentsitate erlatiboak jaitsiera nabarmena erakutsi zuen estuarioaren kanpoaldera hurbildu ahala, izan ere, komunitatearen %80.37 osatzen, %41.98 izatera igaro zen. Jaitsiera hau dela eta, 33 eta 35 gazitasun eremuetan Urdaibaiko estuarioaren kopepodo dentsitate erlatiboak nabarmen handiagoa izan zen. Bi estuarioetan nagusitasuna izan zuen hurrengo zooplankton taldea, zirripedioena izan zen. Urdaibaiko estuarioaren dentsitate erlatiboak nahiko konstante mantendu ziren, komunitatearen %8.2-%13.3 osatzen zutelarik. Bilboko estuarioan bestalde, komunitatearen %13 inguru ziren 30 eta 35 gazitasun eremuetan; 33 gazitasun eremuan aldaketa handia izanik eta komunitatearen %40.37 izatera igaroz. Honegatik, eremu honetan estuarioen arteko dentsitate erlatiboan desberdintasun esangarriak agertu ziren, Bilboko estuarioaren balioak handiagoak izanik. Gastropodo larben taldea nabarmen ugariagoa izan zen Urdaibaiko estuarioan hiru gazitasun eremuetan, izan ere, Bilboko estuarioan gastropodo larben dentsitate erlatiboak oso baxua izan zen eremu guztietan. Bilboko estuarioan, 35 gazitasuneko eremuan kopepodo taldearen ondoren apendikularioen taldea izan zen nagusiena, komunitatearen %34 izan zelarik. Talde hau ez zen beste gazitasun eremuetan nagusi izan estuario batean ere ez, hala ere, Bilboko estuarioko dentsitate erlatiboaren balioak nabarmen altuagoak izan ziren hiru eremuetan, desberdintasun adierazgarrienak 35 gazitasun eremukoak izanik.

**5.Taula.** Zooplankton talde bakoitzaren dentsitate erlatiboa 1998-2005 urte tartean. Bi estuarioen arteko desberdintasun adierazgarriak Mann-Whitney U testaren bidez, \*( $p < 0.05$ ), \*\*( $p < 0.005$ ). Beltzez, komunitatearen egitura ekarpen handiena duten taldeak.

	30		33		35	
	Bilbo (%)	Urdaibai (%)	Bilbo (%)	Urdaibai (%)	Bilbo (%)	Urdaibai (%)
KOPE	<b>80.37</b>	<b>70.05</b>	<b>**48.76</b>	<b>**64.98</b>	<b>**41.98</b>	<b>**75.51</b>
APEN	*2.21	*0.44	**3.57	**1.91	<b>**33.94</b>	**1.25
KLAD	0.47	0.47	1.82	2.01	*5.53	*1.81
KETO	*0.20	*0.09	0.44	0.26	0.30	0.31
SIFO	0.05	0.18	0.53	0.58	0.86	0.53
DOLI	0.04	0.01	0.07	0.13	1.44	0.93
ZIRR	<b>13.44</b>	<b>8.38</b>	<b>**40.37</b>	<b>**13.28</b>	<b>13.37</b>	<b>8.26</b>
GAST	<b>**0.39</b>	<b>**17.97</b>	<b>**0.82</b>	<b>**10.79</b>	<b>**0.90</b>	<b>**8.96</b>
BIBA	1.97	0.29	1.20	1.23	0.56	1.01
POLI	0.79	1.17	1.83	3.31	*0.11	*0.66
DEKA	*0.01	*0.55	*0.24	*0.94	0.43	0.42
HIDR	0.03	0.32	0.17	0.38	0.22	0.18
ARRA	0.03	0.08	0.18	0.29	*0.35	*0.17

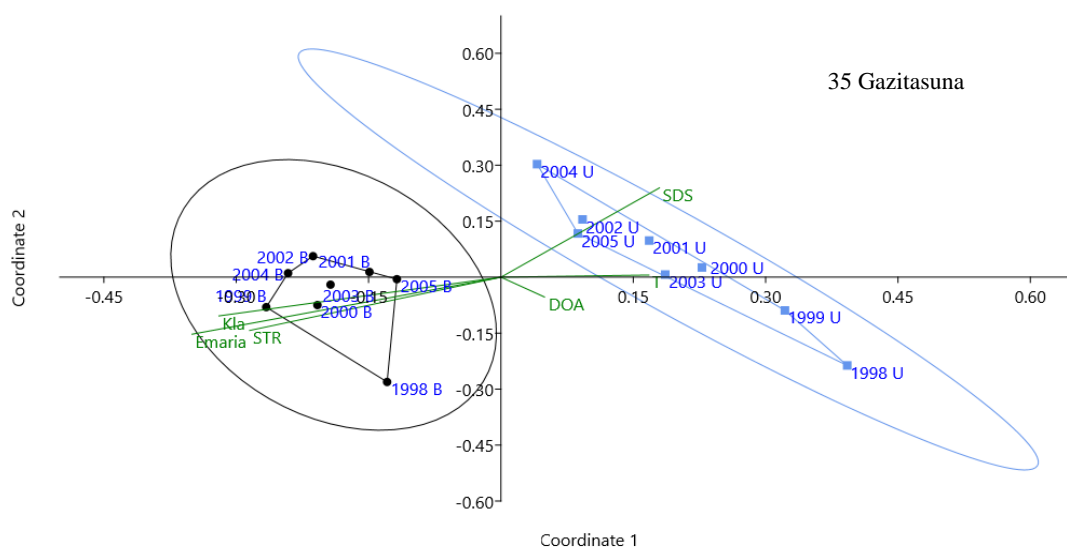
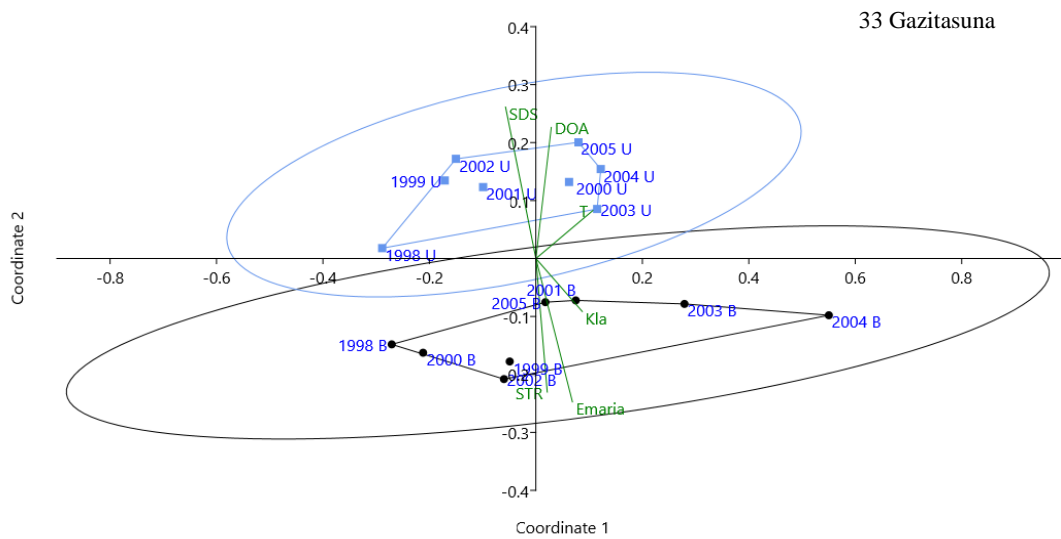
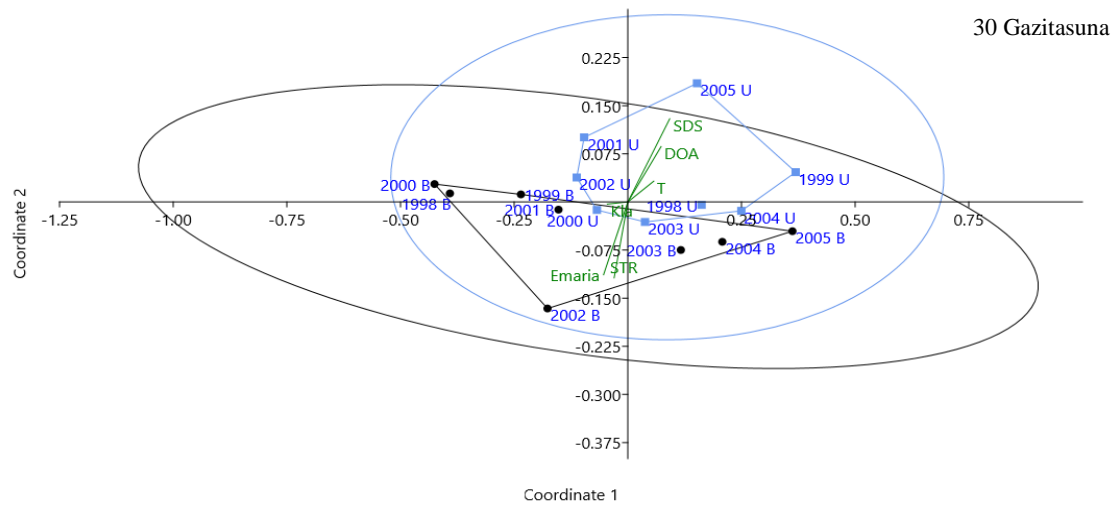
#### 4.4. Zooplankton komunitatearen desberdintasunak eta urtez-urteko bilakaera

Gazitasun eremu bakoitzeko 1998-2005 urteetako zooplankton datuak erabiliz egin zen nMDS-an (2.Irudia), 30 gazitasuneko eremuan bi estuarioen kasuak %95-eko elipsean solapatu ziren, bi estuarioen arteko komunitateak oso desberdinak ez zirela aditzera emanek. ANOSIM antzekotasun analisi ez-parametrikoko gazitasun eremu honetan bi estuarioen arteko zooplankton komunitatearen desberdintasun adierazgarriak ez zegoela baieztatu zuen (6.Taula). Bi estuarioen arteko zooplankton komunitatearen dentsitate desberdintasunean ekarpen handiena egin zuten taxoi taldeak kopepodoak (%66) eta gastropodo larbak (%18) izan ziren (7.Taula). Eremu honetan gastropodo larba, arrainen larba zein arrautza, apendikulario eta dekapodo larben dentsitate absolutuaren balioetan desberdintasun adierazgarriak behatu zirenez, hauek dira estuarioen banaketaren eragile nagusiak Y ardatzean. Urdaibaiko estuarioak gastropodo eta dekapodo larben dentsitate handiagoa izateagatik eta Bilboko estuarioan zirripedio larbak ugariagoak izateagatik bereiztu ziren estuarioak. Gazitasun eremu honetan estuarioen arteko kopepodoen dentsitate balioetan desberdintasun esangarriak ez zenez behatu (4.Taula eta 5.Taula), kopepodoak eragin zuten urteen banaketa X ardatzean. Ardatz honetan, Bilbok bilakaera lineala izan zuen, lehenengo urteetan kopepodo dentsitate baxuenak eta azken urteetan altuenak behatu baitziren. Urdaibaiko estuarioak berriz, ez zuen bilakaera patroiz zehatzik adierazi. Ingurune aldagaiek bi estuarioen artean behatu ziren desberdintasunetan eragina izan zuten, Urdaibaiko estuarioan oxigeno disolbatu asetasunak eta Secchi diskaren sakonerak altuagoak izateagatik eta Bilbokoan, bestalde, emariak eta estratifikazioak altuagoak izateagatik.

33 gazitasun eremuan gure laginak nMDS-an solapatu ez ziren arren, %95 elipseek elkar ebaki zuten eremu txiki batean (2.Irudia). Hala ere, bi estuarioen arteko zooplankton komunitate dentsitate desberdintasunak gazitasunarekin batera handitu zirela ikusi zen, 33 eta 35 gazitasun eremuetan estuarioen komunitatearen artean desberdintasun adierazgarriak zeudela frogatu baitzen (6.Taula). 33

gazitasun eremuan kopepodo eta zirripedio larbek egin zuten bi estuarioen arteko desberdintasunaren ekarpen handiena, biek %40 inguruko ekarpena eginez (7.Taula). Gazitasun eremu honetan apendikulario, zirripedio larba, gastropodo larba eta dekapodo larben dentsitate balio desberdinak behatu zirenez (4.Taula), hauek bi estuarioen banaketa eragin zuten Y ardatzean, zirripedio eta gastropodo larbek ekarpen handiena eginez. Zirripedio larben dentsitate balioak Bilboko estuarioan handiagoak izateagatik eta gastropodo larben dentsitate balioak Urdaibaiko estuarioan altuagoak izateagatik bereiztu ziren bi estuarioak Y ardatzean. Kopepodoen dentsitate balioetan desberdintasun esangarririk behatu ez zenez (4.Taula), hauek X ardatzean eragin zuten urteen banaketa espaziala, bi estuarioak nahasirik agertuz. X ardatzaren eskuin-aldean kokaturiko urte laginek kopepodo kantitate handienekoak izan ziren, Bilboko estuarioan 2003 eta 2004 urteak, eta Urdaibaikoan 2000, 2003, 2004 eta 2005 urteak izan ziren kopepodo dentsitate handiena izan zutenak. Ingurune aldagaietatik, eremu honetan ere Secchi diskaren sakonerak, oxigeno disolbatu asetasunak, estratifikazioak eta emariak izan zuten eragin handiena.

Estuarioen itsasoratze gunean (35 gazitasuna) ez zen %95-eko elipsean solapatzerik egon nMDS-an (2.Irudia), bi estuarioen arteko zooplankton komunitatearen desberdintasunak frogatu zirelarik. Eremu honetan apendikularioak izan ziren bi estuarioen arteko desberdintasunean ekarpen handiena egin zutenak (%48.45), kopepodoen ekarpena jaitsi egin zelarik %21.1-era (7.Taula). Gazitasun eremu honetan, talde ugariaren dentsitate absolutuetan desberdintasun nabarmenak behatu ziren (4.Taula). Hau dela eta, X ardatzean talde ugariak eragin zuten estuarioen arteko banaketa espaziala, apendikularioek ekarpen handiena egin zutelarik. Hau dela eta, urteen banaketa espazialean eragiten zuten taldeak zehaztea zailagoa izan zen. Kopepodoen estuarioen arteko dentsitate balioak desberdinak izan ez zirenez, hauen desberdintasunaren ekarpena Y ardatzean izan zen. Urdaibaiko estuarioaren kasuan, kopepodo dentsitateari dagokiola bilakaera lineala behatu zen, azken urteetan dentsitate balioen emendioa gertatuz. Bilboko estuarioan ordea, ez zen bilakaera argirik behatu. Gazitasun eremu honetan, besteetan ez bezala, oxigeno disolbatu asetasunak ez zuen ia eraginik izan bi estuarioak desberdintzen eta Secchi diskaren sakonerak, estratifikazio eta emariak desberdintasunean eragina izateaz gain, *a*-klorofila kontzentrazioak ere eragin zuen. Hain zuzen, Bilboko *a*-klorofila kontzentrazioa Urdaibaikoa baino nabarmen handiagoa izan zen eremu bakarrean.



**2.Irudia.** 30,33 eta 35 gazitasun eremuetako zooplankton komunitate denbora-serieen antolaketa espaziala nMDS-an.



**6.Taula.** 30, 33 eta 35 gazitasun eremuetan, bi estuarioen arteko zooplankton komunitatearen desberdintasun adierazgarriak ( $p < 0.05$ ) ANOSIM antzekotasun analisi ez-parametrikoko bidez.

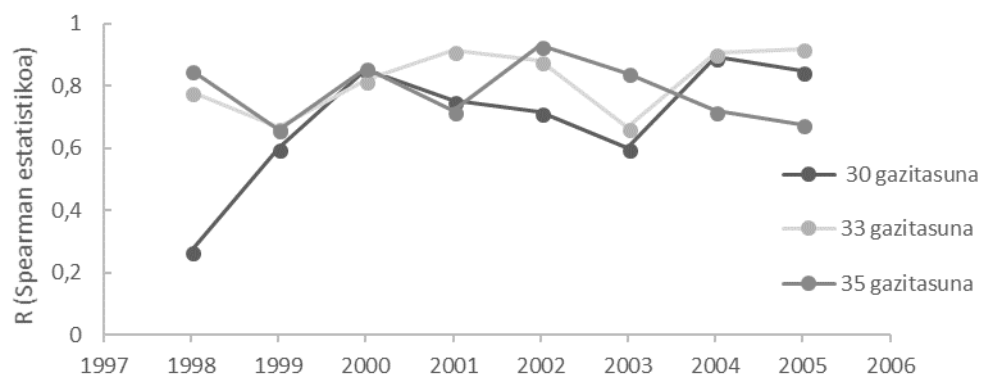
Estadistikoak	30 Gazitasuna	33 Gazitasuna	35 Gazitasuna
<b>R</b>	0.14	0.47	0.82
<b>p</b>	0.08	<b>0.0005</b>	<b>0.0001</b>

**7.Taula.** Estuarioen arteko desberdintasunean ekarpen handiena duten taxoiak, SIMPER antzekotasun portzentaiaren analisiaren bidez.

30 Gazitasuna			33 Gazitasuna			35 Gazitasuna		
Taxoia	Ekarpena %	Pilaketa %	Taxoia	Ekarpena %	Pilaketa %	Taxoia	Ekarpena %	Pilaketa %
KOPE	66.66	66.66	KOPE	39.96	39.96	APEN	48.45	48.45
GAST	18.73	85.39	ZIRR	38.25	78.21	KOPE	21.1	69.55
ZIRR	9.203	94.59	GAST	9.578	87.79	ZIRR	13.89	83.44
APEN	1.19	95.78	POLI	3.153	90.94	KLAD	6.536	89.97
POLI	1.11	96.89	APEN	3.071	94.02	GAST	4.679	94.65

#### 4.5. Komunitate egituraren antzekotasuna urteetan zehar

Gazitasun eremu eta urte bakoitzeko bi estuarioetako komunitateen artean kalkulatu ziren korrelazioek, bi estuarioen komunitate egituren arteko erlazioa erakutsi zuten urteetan zehar (3. Irudia). 33 eta 35 gazitasun eremuetan, korrelazio balio altuak ( $R > 0.6$ ) izan zituzten denboran zehar, joera argirik erakutsi gabe. Aurrekoetan ez bezala, 30 gazitasun eremuan korrelazioaren emendioa behatu zen urtetik urtera, 2000 urtetik aurrera  $R > 0.6$  izanik. 2003 urtean korrelazioaren murrizpena gertatu bazen ere ( $R = 0.7$ -tik  $R = 0.6$ -ra), ondoren 2004-2005 urteetan korrelazio balio altuenak egon ziren ( $R = 0.9$  eta  $R = 0.85$ ).



**3.Irudia.** Bilbo eta Urdaibairen zooplankton komunitate egituraren denbora-serieen Spearman korrelazioa.

## 5.EZTABAIDA

### 5.1.Inguruneko aldagaien desberdintasunak

Aldagai hidrologikoei dagokienez, desberdintasun nabariak agertu ziren bi estuarioen artean. Ur geza eta gazia dentsitate desberdineko urak direnez, ur gezak gaziaren gainean flotatzen duela ezaguna da (Hansen & Rattray, 1966). Ondorioz, ur masa geza gero eta handiagoa izan, estratifikazioa handiagoa izango da eta bi ur masa bereiztuko dira, nahasten ez direnak (Iriarte *et al.*, 2010). Bilboko estuarioak emari eta sakonera handiakoak izanik, estuario hau askoz ere estratifikatuago egotea esperotako ondorioa da.

Klimari loturik dagoen ur tenperatura ere estatistikoki desberdina agertu zen estuarioen artean, bi estuarioak klima eremu berean badaude ere. Urdaibaiko estuarioaren tenperatura Bilbokoa baino epelagoa agertu zen osotasunean, nahiz eta gazitasun eremu bakoitzean estuarioen artean egindako alderaketan desberdintasunik ez adierazi. Urdaibaiko estuarioa Bilbokoa baino azalera zabalagoa eta sakonera txikiagokoa izanik (Villate *et al.*, 2017), eguzki erradiazioaren ondorioz Bilbokoa baino azkarrago eta gehiago berotuko da bertako uraren tenperatura Bilbokoa baino epelagoa izango delarik.

Kutsadurarekin harremanduta dauden inguruneko faktoreek (oxigeno disolbatu asetasuna, uhertasuna eta *a*-klorofila) desberdintasun adierazgarriak azaldu zituzten estuarioen artean, nahiz eta oxigeno disolbatu asetasuna eta *a*-klorofilaren kasuetan ez adierazi gazitasun eremu guztietan. Oxigeno disolbatuari dagokiola, ur sistema batean oxigenoak bi iturri izan ditzake. Lehenengoa atmosfera eta uraren artean ematen den difusioa da eta bigarrena izaki fotosintetiko oxigenikoen aktibitatearen ondoriozkoa (Charlton, 1980). Urdaibai estuarioa oxigeno asetasun totaletik hurbil egon zen hiru gazitasun eremuetan, 30 gazitasun eremuan balio txikiena edukiz. Gazitasun honetan, Urdaibai estuarioaren oxigeno asetasuna bertako izaki autotrofo eta heterotrofoen aktibitatearen menpekoa da, difusioaren eragina txikiagoa izanik. Estuarioaren kanpoalderantz joan ahala oxigeno asetasuna %100 inguru bilakatu zen bertan eragiten duten itsasoko faktore fisikoen (mareta, korrante) ekintzagatik (Iriarte *et al.*, 2010). Bilboko estuarioaren 30 eta 33 gazitasun eremuak ordea, uraren kalitatearentzako eta moluskuen hazkuntzarako Europako legeetan oinarriturik (Uriarte & Villate, 2004) egoera oso txarrean egongo liriteke izan zituzten oxigeno asetasun balio baxuen ondorioz. Estuario barnealdean hipoxia egoera egongo litzateke, oxigeno eskari biologiko handiko bakterio heterotrofoen aktibitateari loturik dagoena (Albaina *et al.*, 2009). Izan ere, eremu honetako materia organiko ugaria aerobikoki degradatzeko oxigeno eskari handia dago. Gainera, uraren estratifikazioak haloklinaren azpiko ura hipoxia larrian egotea eragiten du, ur nahasketarik gertatu ez eta beheko ur masa oxigenoz hornitzen ez delarik (Iriarte *et al.*, 2010). Bilboko estuarioaren kanpoaldean, itsasoaren ekintzagatik estratifikazioa jaitsi eta ur nahasketen ondorioz, oxigeno asetasuna %100 ingurura iritsi zen, ur kutsatua itsasoan diluituz. Bestalde, eremu euhalino osoan zehar, Bilbon Secchi diskaren desagertzea sakonera txikiagoa izan zen, hau uhertasunarekin eta hortaz, esekiduran dauden partikulekin zuzenki loturik dagoelarik (Sandén & Håkansson, 1996). Hortaz, Bilbok suspentsioan

dauden partikula gehiago eduki zituen, kutsaduraren adierazle izanik. Urdaibaiko estuarioaren kanpoalderantz Secchi diskaren sakoneraren emendioa *a*-klorofilaren murrizpenarekin batera gertatu zen.

Ikerketa honen emaitzak 1997 martxoa-1999 maiatza bitartean egindakoarekin (Uriarte & Villate, 2004) eta 1999 uztaila-2001 maiatza bitartean egindakoarekin (Albaina *et al.*, 2009) konparatuz, Bilboko estuarioko disolbatutako oxigeno asetasun balioek hobekuntzak erakutsi dituzte 33 eta 35 gazitasun eremuetan. 33 gazitasun eremuan Bilboko oxigeno balioak Urdaibaikoak baino nabarmen txikiagoak izan ziren arren, oxigeno balioak %57 inguru izatetik %67 izatera emendatu ziren; honek 2001-2005 urte bitartean disolbatutako oxigenoaren emendioa egon zela adierazten du. 35 gazitasun eremuan disolbatutako oxigeno asetasunaren emendio oso adierazgarria gertatu da. 1997-1999 bitartean egindako ikerketan Bilboko estuarioko eremu honek Urdaibairenak baino oxigeno balio nabarmen baxuagoak azaldu zituen  $p < 0.001$  izanik; 1999-2001 bitartean egindako ikerketan  $p < 0.05$  izatera igaro zen eta azken ikerketa honetan ez zen desberdintasun adierazgarririk behatu bi estuarioen artean. Honek kanpo estuarioaren hobekuntza nabarmena adierazten du. Bilboko ekosistema egoeraren hobekuntzak aurkitu dira azken urteetan (Franco *et al.*, 2004), azken emaitza hauek baieztatzen duten moduan. 2001 urtetik aurrera gertaturiko disolbatutako oxigeno asetasun balioen emendioa, urte honetan estuarioaren barnealdean ezarritako tratamendu sekundarioa egiten zuen araztegiaren jarduerari loturik dago (Uriarte *et al.*, 2016; Franco *et al.*, 2004). *a*-klorofilari dagokiola, Urdaibaiko estuarioan kontzentrazioaren murrizpena gertatu zen kostaldera gerturatu ahala. Estuario honek Gernikako urak jasotzen dituen tratamendu primarioko araztegi bateko urak jasotzen ditu barnealdean, mantenugai eta materia organiko ugariz hornituz (Franco *et al.*, 2004); kanpoalderantz ordea, isurketak murriztu eta mantenugai mugaketa gertatzen da (Villate *et al.*, 2008). Hau dela eta, barnealdean fitoplanktonaren hazkuntza faboratuko da, ondoren kanpoalderantz mantenugaien kontzentrazio murrizpenarekin batera fitoplanktonarena gertatuz. Bilbon ordea ez zen *a*-klorofilaren murrizpena behatu kanpoaldean eta emaitzak bat datoz 1997-1999 bitartean egindako ikerketarekin, 35 gazitasun eremuan Bilboko balioak nabarmen handiagoak izanik. Honakoa Bilboko estuarioa jatorri antropogenikoa duten mantenugaietan aberatsagoa izatearekin loturik dago (Albaina *et al.*, 2009); gazitasun eremu hau partzialki kutsatua ageriz. Izan ere, argi eta mantenugai ez-organiko ugariko eremuetan fitoplanktonaren hazkuntza handitzen da. Emaitza honek Bilboko estuarioaren kanpoaldean mantenugai kontzentrazioek irauten dutela iradokitzen du, eremu hau mantenugaiez aberastua agertuz.

### 5.2. Zooplanktonaren erantzuna

Bilboko estuarioaren barnealdeak Urdaibaikoak baino kutsadura maila handiagoa eduki izanak zooplankton komunitatearengan eragina izan zuen, eremu honetako zooplankton dentsitatea Urdaibaikoarekin konparatuz txikiagoa izanik, nahiz eta desberdintasun adierazgarririk ez azaldu. Hau, 30 gazitasun eremuko zooplanktonean erabat nagusi diren kopepodoek estuarioen artean desberdintasun nabarmenik erakutsi ez zutelako gertatu zen. Izan ere, kopepodo taldean badaude

espezieak estuarioen gazitasun eremu guztietan ondo moldatu daitezkeenak (*Calanipeda aquaedulcis* eta *Eurytemora affinis*), baita oxigeno kontzentrazio baxuetan bizitzeko moldatu direnak ere (*Acartia tonsa* eta *Oithona davisae*) (Uriarte *et al.*, 2016; Albaina *et al.*, 2009).

Beste taldeen artean, gehienek eremu neritikoan dute jatorria eta estuarioan sartzen dira barnealderantz (Albaina *et al.*, 2009), estuario barnealdeko egoera ekologikoak eragina izanik taldeko kideen sarreran. Nutrizio abantailek kutsaduraren desabantaila gainditzeko dutenean, zooplankton taldeen dentsitatearen emendioa faboratzen da (Uriarte & Villate, 2004). Hau honela, estuarioen kanpoaldean Bilboko zooplankton dentsitate absolutu totala Urdaibaikoa baino nabarmen handiagoa izan zen, eremu honetako *a*-klorofila kontzentrazio altuaren ondorioz. Izan ere, zooplanktoneko kide ugari fitoplanktonaz elikatzen direla jakina da. Urdaibaiko estuarioan, zooplankton totalaren dentsitate absolutuaren emendio txikia (kopepodoen emendioak eraginda) gertatu zen gazitasunaren murrizpenarekin, *a*-klorofila kontzentrazioaren emendioarekin batera.

Talde zooplanktonikoen dentsitate absolutuaren murrizpen nabarmena gertatzen da Bilboko estuarioaren barnealderantz, kutsaduraren ondoriozko oxigeno balio eskas eta uhertasun balio altuak direla eta. Barnealdeko egoera dela eta, kutsaduraren aurrean zooplanktoneko kideek ematen duten erantzunaren arabera, bi patroi bereiztu ziren: kutsadurari sentikorrek ziren taldeen dentsitateen murrizpena eta kutsadurari erresistenteak zirenen dentsitateen emendioa.

Gazitasunaren araberako dentsitate aldaketak berdinak izan beharko lirateke bi estuarioetan. Hala ere, bi aldagaietako ANOVA-k adierazi moduan, zenbait zooplankton taldek ez zuten bilakaera berdina izan bi estuarioetan gazitasun aldaketekin batera. Honek aditzera ematen du gazitasunaz gain, kutsaduraren eragina jasan zutela Bilboko estuarioan. Bilboko estuarioaren barnealdeko kutsadurari sentikorrek izan zirenen artean apendikularioak, kladozeroak, sifonoforoak, hidromedusak eta arrainen larbak zeuden. Kopepodoen kasuan, bi aldagaietako ANOVA-n esangarria izan ez arren, Bilboko estuarioan hauen dentsitatea txikitu egin zen gazitasunaren murrizpenarekin batera eta Urdaibaiko estuarioan handitu.

Gazitasunaren murrizpenarekin batera Bilboko estuarioan kopepodoen dentsitate absolutua beste taldeena baino proportzio txikiagoan murriztu zenez, honen dentsitate erlatiboa gazitasunaren murrizpenarekin batera emendatu zen. Estuario kanpoaldetik 30 gazitasun eremura kopepodoen dentsitate absolutuaren murrizpena gertatu arren, ez zen Urdaibaiko dentsitate balioekin desberdintasun adierazgarririk behatu aurreko ikerketan bezala; non eremu honetan (Uriarte & Villate, 2004) desberdintasun adierazgarriak egon ziren ( $p < 0.01$ ). Hortaz, kopepodo dentsitate absolutuaren emendioa gertatu zen barne estuario euhalinoan, eremu honetan 2001tik aurrera gertatu den disolbatutako oxigeno asetasunaren emendioaren ondorioz (Uriarte *et al.*, 2016). Kopepodoena izan zen zooplankton talde guztietatik dentsitatearen emendio handiena izan zuena barne estuarioan (Uriarte *et al.*, 2016). 2001 urtean oxigeno balioak hobetu arren, nMDS-ak adierazi moduan, kopepodo

dentsitate absolutuaren emendioa ez zen 2003 urterarte gertatu, egindako ikerketekin bat etorritik (Uriarte *et al.*, 2016). Bilboko estuarioan kopepodo espezie berriak aurkitu ziren urte tarte hauetan (Uriarte & Villate, 2004; Albaina *et al.*, 2009; Uriarte *et al.*, 2016), barne estuarioko zooplankton komunitatearen berreskuratze-prozesuaren lehen faseak behatuz. 1997-1999 urteen ikerketan, *Acartia* generoko bi espezie berri behatu ziren lehenengo aldiz Bilboko estuarioan, *A. discaudata* eta *A. margalefi*; ondoren 1999-2001 urte bitartean egindako ikerketan *Calanipeda aquaedulcis* eta *Eurytemora affinis* espezie berriak aurkitu zirelarik. 2003 urtetik aurrera kopepodo dentsitatearen emendioa bultzatu zuten espezieak *A. tonsa*, *Oithona davisae* eta *C. aquaedulcis* izan ziren (Uriarte *et al.*, 2016). Honela, kopepodo dentsitatearen emendioak, barne estuarioen artean desberdintasunik ez egotea ekarri du.

Hidromedusen dentsitate absolutuak nabarmen handiagoak izan ziren Bilboko estuario kanpoaldean Urdaibaiko estuarioan baino. Dentsitateek gazitasunarekin batera, estuario eta gazitasunaren interakzioan desberdintasunak adierazi zituzten. Izan ere, <33 gazitasun eremuetan desberdintasun adierazgarriak ez zenez aurkitu, Bilboko estuarioan gazitasunaren murrizpenarekin batera dentsitate murrizpen nabarmenagoa egon zela esan dezakegu; kutsaduraren aurrean oso sentikorak zirela adierazi zutelarik (Uriarte & Villate, 2004). 1997-1999 urteen ikerketan 30 gazitasun eremuan Bilboko estuarioko hidromedusa dentsitate absolutua Urdaibaikoa baino nabarmen txikiagoa izan zenez, oraingo ikerketako dentsitate murrizpena ez da hain handia izan. Honek, kutsaduraren murrizpena adierazi zuen. Urdaibaiko estuarioan hidromedusen dentsitatearen emendioa behatu zen gazitasunaren murrizpenarekin batera, *Odessia maeotica* espeziea gazitasun baxuetan aurkitu baitzen (Uriarte & Villate, 2004). Honen zergatia ez da ezaguna, izan ere, oso knidario gutxi jasan ditzakete estuarioko osmolaritate baldintzak (Dumont, 1994).

Apendikularioek estuarioen, gazitasunen eta bien interakzioen arteko desberdintasunak adierazi zituzten. Bilboko estuarioaren kanpoaldeko dentsitate absolutua Urdaibaikoa baino nabarmen handiagoa izan zen, barnealderantz izugarriko murrizpena edukiz. 1997-1999 urteen ikerketan ordea, ez zen estuarioen arteko desberdintasun adierazgarriak behatu gazitasun eremu batean ere ez, kostaldeko apendikularioen dentsitatearen emendioa gertatu delarik azken urteetan (Uriarte *et al.*, 2016), honek estuarioen, eta gazitasun eta estuarioen arteko interakzioan desberdintasun adierazgarriak ekarritik. Talde honen dentsitatearen emendioa esekiduran dauden partikulen murrizpenarekin harremana duen arren, ikerketa gehiago egin beharko lirake (Uriarte *et al.*, 2016). Kladozeroek, joera berdina erakutsi zuten, azken urteetan Bilboko estuario kanpoaldeko dentsitatearen emendioa gertatu baita. Kostako eremuetan kladozeroak uraren egonkortasunarekin eta fitoplankton dentsitate igoerarekin batera asko ugartzen dira (Sampaio de Souza *et al.*, 2011). Ondorioz, Bilboko estuario kanpoaldeko *a*-klorofila kontzentrazio handien erantzuna izan liteke kladozeroen dentsitatearen emendioa.

Azkenik, arrainen arrautza eta larben zein sifonoforoen dentsitate absolutuak proportzio desberdinetan murriztu ziren gazitasunarekin batera estuario bakoitzean, izan ere, Bilboko estuarioko dentsitateak Urdaibaikoak baino altuagoak izan ziren 35 gazitasun eremuan baina txikiagoak 30 gazitasun eremuan. Hau dela eta, bi estuarioen arteko dentsitate totalen artean desberdintasun adierazgarririk ez zen bereiztu. Bi talde hauen dentsitateak gazitasunaren presioaren arabera murriztu ziren Urdaibaiko estuarioan, Bilboko estuarioan kutsaduraren presioa gehitu zitzaielarik. Urdaibaiko estuario kanpoaldeko baldintza hidrológicoak Bilbokoak baino ezegonkorragoak izateak bertako arrainen arrautza eta larba kopuru baxuagoan eragina izan lezake (Villate *et al.*, 2017).

Ketognato zein doliolidoen kasuan, bi estuarioetan gazitasunaren murrizpenarekin batera proportzio berean murriztu zen dentsitate absolutua, honek bi zooplankton talde hauetan gazitasun gradienteak kutsadurak baino eragin handiagoa duela adierazi zuen (Uriarte & Villate, 2004). Bilboko estuarioaren kanpoaldean ketognatoen dentsitate absolutuaren emendioa gertatu da ikerturiko azken urteetan, izan ere, 1997-1999 urteen ikerketan ez ziren desberdintasun adierazgarriak topatu 35 gazitasun eremuan, buruturiko ikerketa honetan Bilboko estuarioko dentsitate balioa nabarmen handiagoa izan den bitartean.

Bilboko estuarioaren kutsaduraren aurrean tolerantzia handiena erakutsi zuen taldea poliketoena izan zen, poliketo larben dentsitatearen emendioa behatu baitzen gazitasunaren murrizpenarekin batera. Poliketoak eremu eutrofiko eta kutsatueta ondo garatzen dira, izan ere, kutsatzaileetara (Levin *et al.*, 1996) eta hipoxia egoeretara (Frietzsche & Von Oertzen, 1995) ondo moldatuta daude. Espionidoak izan ziren Bilbon aurkitutako poliketo larba ugarienak (Uriarte & Villate, 2004; Uriarte *et al.*, 2016). Urdaibaiko estuarioan dentsitate absolutuaren emendioa behatu zen estuario barnealderantz ere, barnealdea kanpoaldea baino kutsatuago dagoela adieraziz.

Bentoseko kideak diren gastropodo, dekapodo eta zirripedioen egoera desberdina da, izan ere, hauen dentsitate absolutuak bentoseko habitat motaren arabekoak dira (Albaina *et al.*, 2009). Zirripedioek substratu gogorak (naturalak zein artifizialak) behar dituzten bitartean, gastropodoak, sedimentu bigunetan ugariagoak dira. Hau dela eta, Bilboko estuarioan zirripedioak eta Urdaibaikoan gastropodoak nagusitu ziren. Hau gizakiok eragindako eraldaketan ondoriozko erantzuna da, Bilboko kanpo portuaren garapena eta estuarioaren kanalizazioaren aurrean emandakoa. Gainera, gastropodo larbak ur-hondakinen isurketa eremuetan agertzen ez direla behatu da (Uriarte *et al.*, 2016). 1997-1999 urteen ikerketan, 33 gazitasun eremuan bi estuarioen arteko zirripedioen dentsitatean desberdintasunik behatu ez zen bitartean, ikerketa honetan eremu honetan ikusi ziren desberdintasun nabarmenenak, Bilboko balioak handiagoak izanik.

Barnealdeko gazitasun eremuan ikerturiko zortzi urteak (1998-2005) kontutan hartuz, ez da estuarioen arteko zooplankton dentsitate absolutuan desberdintasun adierazgarririk behatu 1997-1999 urteen ikerketan bezala; barnealdeko eremuaren berreskuratzea gertatzen ari dela aditzera emanaz.

Zooplankton dentsitatearen emendia kopepodoen dentsitatearen emendioari zor zaio, esan bezala, azken urteetan barne-estuarioan euren presentzia asko ugartu delako. Komunitate osoaren konparaketak egin dituen aurretiazko ikerketarik ez dagoenez, emaitza hau ezin izan zen beste urte batzuekin erkatu. Hala ere, barne estuarioetako komunitateen artean desberdintasunik azaldu ez zenez, antzekotasun hau Bilboko estuarioaren bilakaera positibotzat jo da. Gainera, bi estuarioen arteko zooplankton komunitate egituraren korrelazioaren emendia behatu da 2000 urtetik aurrera, zooplankton taldeek komunitatearen egituran antzeko posizio eta garrantzia erakutsiz. Bilboko barne estuarioko zooplankton dentsitatearen emendia estuario honen kutsaduraren murrizpenaren ondorioz gertatu da, 1980 hamarkadan barne estuarioa kasik zooplankton gabe zegoela kontutan hartuz (Uriarte *et al.*, 2016).

Urdaibaiko estuarioaren eta Bilbokoaren itsasoratze eremuan, kostaldeko eta itsasoko aldagai klimatikoek desberdin eragiten dute. Hori dela eta, kanpoalderago aurkitzen diren 33 eta 35 gazitasun eremuetako zooplankton komunitateek desberdintasun adierazgarriak azaldu zituzten. Bilboko estuarioaren itsasoratze eremua Urdaibaikoa baino sakonagoa eta babestuagoa dago itsasoko ekintzetatik, itsasoratze eremuan Abra portu-badia eraiki baitzen (Villate *et al.*, 2017). Hau dela eta, Bilboko estuarioaren itsasoratze eremuan aldagai hidrologikoak egonkorragoak dira, zenbait zooplankton talderen hazkuntza bultzatuz (Villate *et al.*, 2017). Bilboko portu handiak eragina du bertan isurtzen diren mantenugetan eta ondoriozko fitoplanktonaren biomasan; baita sedimentuen egituran ere. Izan ere, portuaren eraikuntzan arroka gogor ugari erabili zen, bertako sedimentua Urdaibaikoarena baino gogorragoa delarik. Hala ere, komunitate desberdintasun hauek dentsitatean izan ziren; izan ere, bi estuarioetako zooplankton komunitate egiturek korrelazioak azaldu zituzten. Honek, bi estuarioetan zooplankton komunitate egituran talde berdinek posizioak partekatzen dituztela adierazten du.

## 6.ONDORIOAK

Ingurugiro aldagai zein zooplankton taldeen dentsitate balioek desberdintasunak adierazi zituzten estuarioen artean gazitasun eremu bakoitzean, kutsadura maila desberdinak bereiztuz eremuen artean. Estuarioen kanpoaldeko zooplankton totalaren dentsitate balioa altuagoa izan zen Bilboko estuarioan, barnealdean ordea, ez zen desberdintasunik agertu. Estuarioen arteko alderaketak Bilboko estuarioaren itsasoratze eremua partzialki kutsaturik ageri dela adierazi zuen, neurturiko *a*-klorofila balio altuak zirela eta. Bestalde, Bilboko estuarioaren barnealdeko oxigenazio balio baxuek eta zooplankton taldeen dentsitate balioen murrizpenak eremu honetan kutsadura maila altua zegoela erakutsi zuten. Kutsadura mailaren arabera halako erantzuna eman zuten zooplankton taldeek; Urdaibaiko estuarioaren dentsitate balio homogeneoen aldean, Bilboko estuarioaren barnealderantz talde ugariaren dentsitate absolutuen beherakada nabarmena gertatuz.

Industriaren gainbeheraren ondoriozko Bilboko barne estuarioaren berreskuratzearen lehen faseak 1999-2001 urteen ikerketan hauteman ziren. Gainera, 2001 urtean tratamendu sekundarioko araztegiaren ezarpenaz eta honek eragindako ingurugiro aldagaien hobekuntzaz geroztik, zooplankton komunitate egoeraren hobekuntza nabarmena gertatu dela esan daiteke; izan ere, Bilboko barne estuarioan kopepodo dentsitatearen emendioa behatu da ikerturiko azken urteetan (2003-2004-2005), barne estuarioen arteko zooplankton dentsitate totalean eta komunitatearen egituraren desberdintasunik ez adieraztea eraginez. Bilboko portu handiaren garapenak itsasoratze eremuko aldagai hidrológicoak egonkorragoak izatea eragin duen bitartean, Urdaibaiko estuarioaren itsasoratze eremuak itsasoaren eragin handiagoa du. Hau dela eta, estuarioen kanpoaldean zooplankton komunitateen arteko desberdintasunak nabarmendu ziren.

## 7.ESKER ONAK

Esker onak EHU-ko Ekologia eta Landare Fisiologia saileko Zooplanktonaren ekologia taldeari euren laginketen datuak utzi eta lan hau burutzen ahalbidetzeagatik. Ezin aipatzeke utzi lau urte hauetako irakasle zein klasekideak, haiengandik jaso dudak guztiagatik.

## 8.BIBLIOGRAFIA

- Albaina, A., Villate, F. & Uriarte, I. (2009). Zooplankton communities in two contrasting Basque estuaries (1999-2001): Reporting changes associated with ecosystem health. *J. Plankton Res.*, 31, 739-752.
- Alcaraz, M., Almeda, R., Calbet, A., Saiz, E., Duarte, C.M., Lasternas, S., Agustí, S., Santiago, R., Movilla, J. & Alonso, A. (2010). The role of arctic zooplankton in biogeochemical cycles: respiration and excretion of ammonia and phosphate during summer. *Polar Biol.*, 33, 1719-1731.
- Bode, A., Alvarez, M.T., Miranda, A., López, A. & Valdés, L. (2012). Comparing copepod time-series in the north of Spain: Spatial autocorrelation of community composition. *Progress in Oceanography*, 97-100, 108-119.
- Borja, Á., Dauer, D.M., Elliott, M. & Simenstad, C.A. (2010). Medium- and long-term recovery of estuarine and coastal ecosystems: patterns, rates and restoration effectiveness. *Estuar. Coasts.*, 33, 1249-1260.
- Cearreta, A. & Leorri, E. (2000). La transformación ambiental reciente de la Ría de Bilbao: indicadores micropaleontológicos en el registro sedimentario estuarino. *Naturalia Cantabricae*, 1, 21-31.
- Charlton, M.N. (1980). Hypolimnion Oxygen Consumption in Lakes: Discussion of Productivity and Morphometry Effects. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 37, 1531-1539.
- Dumont, H.J. (1994). The distribution and ecology of fresh- and brackish-water medusae of the world. *Hydrobiologia*, 272, 1-12.
- Falcão, J., Marques, S.C., Pardal, M.A., Marques, J.C., Primo, A.L. & Azeiteiro, U.M. (2012). Mesozooplankton structural responses in a shallow temperate estuary following restoration measures. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 112, 23-30.
- Franco, J., Borja, Á. & Valencia, V. (2004). Overall assessment - human impacts and quality status. In: Borja, Á., Collins, M. (Eds.), *Oceanography and Marine Environment of the Basque Country* (581-597 orr.). Amsterdam: Elsevier Oceanography Series.



- Fritzsche, D. & Von Oertzen, J.A. (1995). Bioenergetics of a highly adaptable brackish water polychaete. *Thermochimica Acta*, 251, 1-9.
- Goberville, E., Beaugrand, G. & Edwards, M. (2014). Synchronous response of marine plankton ecosystems to climate in the Northeast Atlantic and the North Sea. *J. Mar. Syst.*, 129, 189-202.
- Hansen, D.V. & Rattray, M. (1966). New dimensions in estuary classification. *Limnol. Oceanogr.*, 11(3), 319-326.
- Intxausti, L., Villate, F., Uriarte, I., Iriarte, A. & Amezttoy, I. (2012). Size-related response of zooplankton to hydroclimatic variability and water-quality in an organically polluted estuary of the Basque coast (Bay of Biscay). *Journal of Marine Systems*, 94, 87-96.
- Iriarte, A., Aravena, G., Villate, F., Uriarte, I., Ibañez, B., Llope, M. & Stenseth, N.C. (2010). Dissolved oxygen in contrasting estuaries of the Bay of Biscay: effects of temperature, river discharge and chlorophyll *a*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 418, 57-71.
- Kimmerer, W.J., Burau, J.R. & Bennett, W.A. (1998). Tidally-oriented vertical migration and position maintenance of zooplankton in a temperate estuary. *Limnol. Oceanogr.*, 43, 1697-1709.
- Kirby, R.R. & Beaugrand, G. (2009). Trophic amplification of climate warming. *Proc. R. Soc. B*, 276, 4095-4103.
- Levin, L., Caswell, H., Bridges, T., Di Bacco, C. & Plaia, G. (1996). Demographic responses of estuarine polychaetes to pollutants: Life table response experiments. *Ecological Applications*, 6(4), 1295-1313.
- Lorenzen, C.J. (1967). Determination of chlorophyll and phaeopigments by spectrophotometric equations. *Limnol. Oceanogr.*, 12, 343-346.
- Madariaga, I., Díez, F. & Revilla, M. (1994). Caracterización hidrográfica del estuario de Urdaibai durante el desarrollo de una floración fitoplanctónica estival. *Kobie (Serie Ciencias Naturales)*, 22, 13-21.
- McLusky, D.S. & Elliot, M. (2004). *The Estuarine Ecosystem* (214.or). Oxford: Oxford University Press.
- Mridula, R.M., Rajesh, K.M., Katti, R.J. & Gowda, G. (2009). Zooplankton variability in polluted and unpolluted waters off Mangalore, south-west coast of India. *Pollution Research*, 28, 83-87.
- Pascual, M., Borja, A., Franco, J., Burdon, D., Atkins, J.P & Elliot, M. (2012). What are the costs and benefits of biodiversity recovery in a highly polluted estuary?. *Water Research*, 46, 205-217.
- Sandén, P. & Håkansson, B. (1996). Long-term trends in Secchi depth in the Baltic Sea. *Limnol. Oceanogr.*, 42(2), 346-351.
- Sampaio de Souza, C., Mafalda, P., Sallés, S., Ramirez, T., Cortés, D., Garcia, A., Mercado, J. & Vargas-Yañez, M. (2011). Seasonal changes in the distribution and abundance of marine cladocerans of the Northwest Alboran Sea (Western Mediterranean), Spain. *Braz. Arch. Biol. Technol.*, 54(3), 543-550.
- Uriarte, I. & Villate, F. (2004). Effects of pollution on zooplankton abundance and distribution in two estuaries of the Basque coast (Bay of Biscay). *Marine Pollution Bulletin*, 49, 220-228.
- Uriarte, I., Villate, F. & Iriarte, A. (2016). Zooplankton recolonization of the inner estuary of Bilbao: influence of pollution abatement, climate and non-indigenous species. *J. Plankton Res.*, 38 (3): 718-731.
- Vieira, L., Guilhermino, L. & Morgado, F. (2015). Zooplankton structure and dynamics in two estuaries from the Atlantic coast in relation to multi-stressor exposure. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 167, 347-367.

- Vieira, L., Azeiteiro, U., Ré, P., Pastorinho, R., Marques, J.C. & Morgado, F. (2003). Zooplankton distribution in a temperate estuary (Mondego estuary southern arm:Western Portugal). *Acta Oecologica*, 24,163-173.
- Villate, F., Aravena, G., Iriarte, A. & Uriarte, I. (2008). Axial variability in the relationship of chlorophyll a with climatic factors and the North Atlantic Oscillation in a Basque coast estuary, Bay of Biscay (1997–2006). *Journal of Plankton Research*, 30 (9), 1041-1049.
- Villate F., Iriarte, A., Uriarte, I., Intxausti, L. & de la Sota, A. (2013). Dissolved oxygen in the rehabilitation phase of an estuary: Influence of sewage pollution abatement and hydro-climatic factors. *Marine Pollution Bulletin*, 70, 234-246.
- Villate, F., Iriarte, A., Uriarte, I. & Sanchez, I. (2017). Seasonal and interannual variability of mesozooplankton in two contrasting estuaries of the Bay of Biscay. Relationship to environmental factors. *Journal of Sea Research*, 130, 189-203.