



IKER
GAZTE
NAZIOARTEKO
IKERKETA EUSKARAZ

V. IKERGAZTE

NAZIOARTEKO IKERKETA EUSKARAZ

2023ko maiatzaren 17, 18 eta 19a
Donostia, Euskal Herria

ANTOLATZAILEA:
Udako Euskal Unibertsitatea (UEU)



Aitortu-PartekatuBerdin 3.0

ZIENTZIAK ETA NATURA ZIENTZIAK

**Itsasaldiak eta urte-sasoiak oskol-
dimentsioen eta oskol
dentsitatearen moldapena dakar
Mytilus galloprovincialis
muskuiluan**

*Maitane Pérez Cebrecos,
Xabier Berrojalbiz,
Denis Benito Fernandez,
Urtzi Izagirre Aramaiona
eta Irrintzi Ibarrola Belli*

393-399 or.

<https://dx.doi.org/10.26876/ikergazte.v.05.50>

ANTOLATZAILEA:



BABESLEAK:



LAGUNTZAILEAK:



Itsasaldiak eta urte-sasoia oskol-dimentsioen eta oskol-dentsitatearen moldapena dakar *Mytilus galloprovincialis* muskuiluan

Maitane Pérez-Cebrecos^{1,3}, Xabier Berrojalbiz¹, Denis Benito^{2,3}, Urtzi Izagirre^{2,3},
Irrintzi Ibarrola¹

¹ Genetika, Antropologia Fisikoa eta Animalien Fisiologia Saila, FEMB ikerketa taldea, eta ² Zoologia eta Animalia Zelulen Biologia Saila, CBET ikerketa taldea. Zientzia eta Teknologia Fakultatea, Euskal Herriko Unibertsitatea (UPV/EHU), Leioa

³ Itsas Biologia eta Bioteknologia Esperimentalen Ikerketa Zentroa (PiE-UPV/EHU), Euskal Herriko Unibertsitatea (UPV/EHU), Plentzia
maitane.perez@ehu.eus

Laburpena

Muskuiluetan, oskolaren osotasunak biziraupena zehazten duen heinean, hautespen-presio indartsu baten menpe dago, eboluziorako eragile oinarritzkoa bilakatzen duena. Ikerketa honetan, urtaro eta itsasaldiak izan dezaketen eragina aztertu da oskolaren dentsitatean eta oskol dimentsioen eskala-erlazioetan. Muskuiluak bi hilabetetan (maiatza eta azaroa) eta bi populazioetatik (mareartea eta mareazpia) jaso ziren. Populazio-jatorriak eragin handia dauka muskuiluen oskol-forman, egokitzapen morfologiko espezifiko bat izanik marearteko habitat gogorrera moldatzeko. Oskol dentsitatea, aldiz, urtaroaren arabera aldatzen da: oskol sendoagoak ageri dira maiatzean, neguko baldintzen isla izan daitekeena. Emaitzek muskuilu-hazkuntza ulertzeko baliagarriak dira, hainbat aplikazio zientifiko dituztelarik; hala nola, ekologian edo toxikologian.

Hitz gakoak: *Mytilus galloprovincialis*, oskola, sasoia, marea-eremuak

Abstract

Because shell integrity determines survival, shell form is subject to strong selection pressure, turning it a fundamental evolutionary driving force. In the present study, the alleged effect of both season and habitat upon shell dimensions and density have been analysed. Mussels were sampled in May and November, and from two different populations (intertidal and subtidal). The results show a major impact of the population origin upon the shell form of mussels, which might be a specific morphological adaptation to the harsh intertidal environment. Shell density, conversely, changes with seasonality: denser shells appear in May, which may be an answer to the winter conditions. The results are useful to understand mussel growth, which has in turn many scientific applications.

Keywords: Mytilus galloprovincialis, shell dimensions, shell density, tide-levels

1. Sarrera eta motibazioa

Oskolaren osotasunak biziraupena bermatzen duen heinean, oskol-forma hautespen-presio indartsu baten menpe egon liteke, eboluziorako eragile oinarritzkoa bilaka dezakeena. Izatez, jakina da oskol dimentsioak aldatu egiten direla ingurumen-faktoreen arabera, baita habitat espezifikoetan bizitzearen arabera (adib. [Akester eta Martel, 2000](#); [Steffani eta Branch, 2003](#); [Babarro eta Carrington, 2011](#)). Marearteko habitat harritsuak baldintzek aldakortasun handia duten habitatak sortzen dituzte; batez ere, marearteko habitatetan orokorrak diren faktoreen ondorioz: lehorketara esposizio periodikoak, muturreko tenperaturak eta olatuekiko esposizioa ([Alunno-Bruscia et al., 2001](#); [Steffani & Branch, 2003](#); [Kirk et al., 2007](#); [Márquez et al., 2015](#)). Fluktuazio horiek murrizagoak dira mareazpian, non baldintza fisikoak homogeneo eta egonkorragoak diren.

Oskolaren ekoizpena, baina, nahiz eta funtsezkoa, garestia da energiari dagokiola, muskuiluetan energia-gastu totalaren % 25-50 –a izatera ere heldu baitaiteke ([Hawkins eta Bayne, 1985](#); [Gardner eta Thomas, 1987](#); [Steffani eta Branch, 2003](#)). Horrela, guztiz alda dezake muskuiluek beste egituretara bideratzen duten energia-esleipena; esate baterako, ehun bigunen hazkuntzara bideratzen duten energia. Muskuiluaren oskolak faktore abiotiko eta biotikoen aurrean babesten badu ere ([Burnett eta Belk, 2018](#)), oskolaren ezaugarriak ere alda daitezke gorputz-tamainarekin. Izan ere, gorputz-tamainaren eragina nekez aztertzen den parametro endogenoa da, edo, behintzat, ez modu espezifikoan.

Gainera, oskolak erabili daitezke hainbat ingurumen ezberdinetan gerta daitezkeen aldaketa intraespezifikoak aztertzeko, batez ere kontuan hartuta oskolaren formak eragina izan dezakeela

oskola beraren errendimenduan (Penney et al., 2007; Fitzer et al., 2014). Esan bezala, molusku bibalbioen osotasun estrukturalak ahalbidez die bizirautea fisikoki estresagarriak diren ingurumenetan eta sendo eragiten du beste organismoekiko elkarrekintzetan, direla harrapakariak, direla komunitate biologikoaren gehiengo kideak.

2. Arloko egoera eta ikerketaren helburuak

Honako ikerketa honetan, aztertu da urtaro eta habitatak izan dezaketen eragina oskolaren dentsitatean eta oskol dimentsioen eskala-erlazioen gain. Ikerketaren hipotesi orokorra izan da oskol morfologia aldatu egingo dela habitatak edo urtaroak eragiten dituzten ingurumen-estres ezberdinak murrizteko estrategia gisa.

Hortaz, helburu zehatzak honakoak izan dira:

- Ezagutzea nola aldatzen diren oskolaren dimentsioak *Mytilus galloprovincialis* muskuiluen bi azpipopulazioetan (mareazpiko eta marearteko populazioak) eta bi urte-sasietan (maiatzean eta azaroan).
- Aztertzea oskol-dentsitatearen aldakuntza bi muskuilu-azpipopulazioetan (mareazpiko eta marearteko populazioak) eta bi urte-sasietan (maiatzean eta azaroan).

3. Ikerketaren muina

3.1. Esperimentuaren diseinua

Bi laginketa egin ziren muskuiluak (*Mytilus galloprovincialis*) batzeko Plentziako ertz harritsu babestu batetatik, bat etorritz udazkenarekin (2021 –eko azaroa) eta udaberriarekin (2022 –ko maiatza). Laginketa bakoitzean, muskuiluak itsasbeheran hartu ziren (marea bizietan) bi marea-eremutatik: marearteko (n = 30) eta mareazpiko (n = 30) populazioetatik, barnean hartuz ahalik eta tamaina-heinik zabalena. Horrela, lau esperimendu-talde lortu ziren: M_A (maiatzeko mareazpikoak), M_M (maiatzeko mareartekoak), A_A (azaroko mareazpikoak), A_M (azaroko mareartekoak).

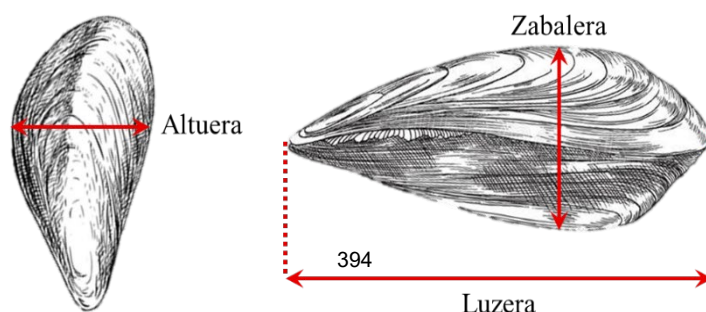
Biometriak neurtu eta oskol azalera kalkulatu ziren esperimendu-talde bakoitzeko 30 muskuiluetan. Oskolen aurre-atzeko ardatza (luzera), ardatz dortso-bentrala (zabalera) eta alboko ardatza (altuera) neurtu ziren 0.01 mm hurbilera kalibre digitalak erabiliz (1. Irudia). Azalera (SA: mm²) Reimer eta Tedengren (1996) jarraituz eskuratu zen:

$$SA = L \cdot (H^2 + W^2)^{0.5} \cdot 0.5\pi$$

non L, H eta W luzera (mm), altuera (mm) eta zabalera (mm) diren, hurrenez hurren. Oskolen pisu lehorrak lortu ziren behin muskuiluak sakrifikatu, disezionatu eta garbitu ostean, oskola aire tenperaturan sikatuz. Oskolak 0.01 mg doitasuneko balantzan pisatu ziren.

Dimensio-ezberdintasunak zuzentzeko, transformazio logaritmikoa erabili zen oskol pisua eta oskol luzeren arteko erregresioak eraikitzeko; ostera, logaritmizatu gabeko datuak erabili ziren oskol azalera, pisua, zabalera, altuera eta luzeraren arteko erregresio desberdinak eraikitzeko. Ordinal karratu txikiaren erregresio-analisiak erabili ziren ezagutzeko erregresio bakoitzari zegozkion berretzaile alometrikoak eta elebazioak. Erregresio bakoitzaren malda zein elebazioen arteko ezberdintasun esanguratsuak ezagutzeko, kobariantza prozedurak erabili ziren (ANCOVA), Zar –en (2010) deskribatuta ageri direnak.

1. irudia. Muskuilu-oskolen dimentsioen izenak: aurre-atzeko ardatza (luzera), ardatz dortso-bentrala (zabalera) eta alboko ardatza (altuera)



3.2. Emaitzak

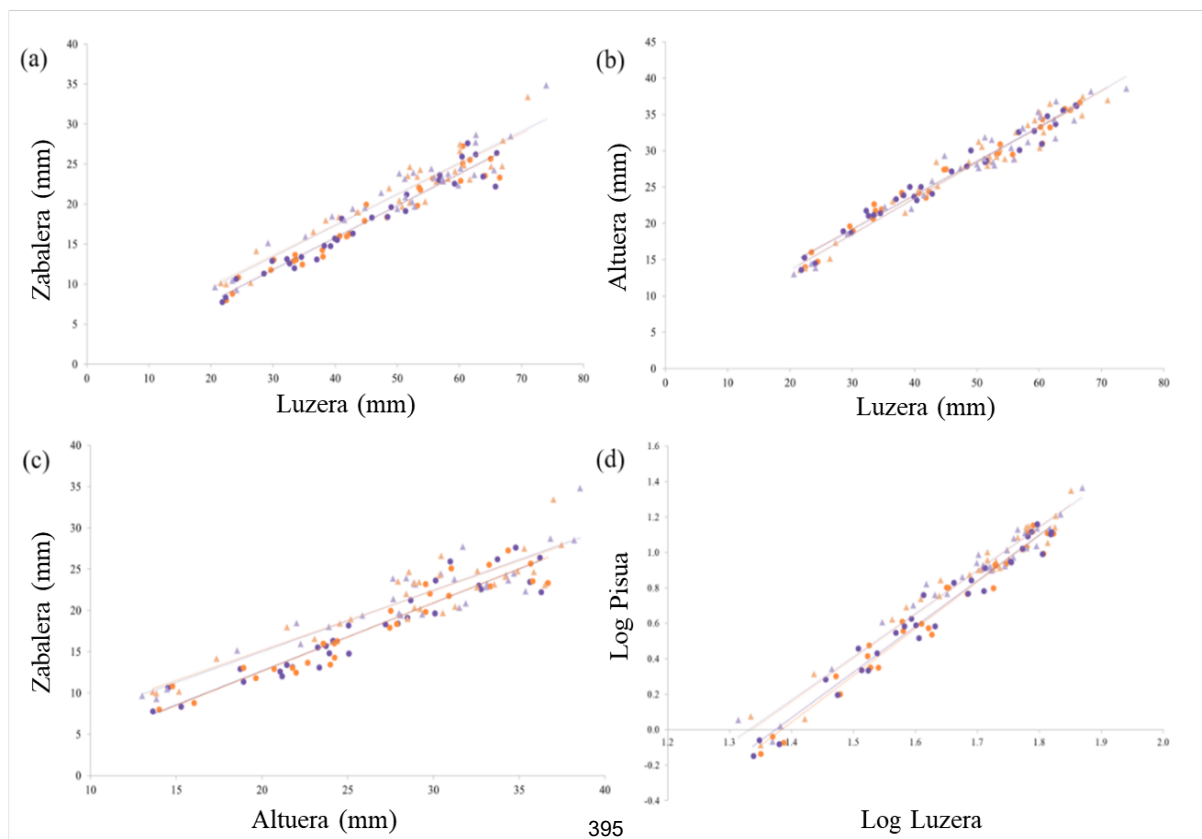
Zabalera vs. luzera. 2. Irudian (a) ageri dira, esperimentu-talde bakoitzeko, indibiduo bakoitzaren oskol-zabalerak dagozkien oskol-luzeren funtzio gisa. 1. Taulan (a) adierazi dira funtzio horien ondoriozko ekuazioak. Ez ziren ezberdintasun estatistikoki esanguratsurik aurkitu erregresio zuzenen malden artean; hortaz, malda amankomun bat eskuratu zen ($b_c = 0.393$). Aldiz, elebazioen balioak altuagoak ziren marearteko muskuiluetan, urtaroa edozein zelarrik ere ($F = 10.999$, 110; $p < 0.001$; 2. Taula,a).

Altuera vs. luzera. 1. Irudian (b) irudikatu dira esperimentu-talde bakoitzeko, muskuilu bakoitzaren oskol-altuerak dagozkien oskol-luzerekiko. 1. Taulan (b) adierazi dira funtzio horien ondoriozko ekuazioak. Ez ziren ezberdintasunik aurkitu ez malden ez eta elebazioen artean, erregresio amankomun bat gertatuz ($R^2 = 0.959$; $p < 0.001$; $F = 2687.46$), $0.479 (\pm 0.009)$ –ko malda batekin eta $4.539 (\pm 0.457)$ balioa duen elebazioarekin.

Zabalera vs. altuera. 1. Irudian (d) ageri dira, esperimentu-talde bakoitzeko, indibiduo bakoitzaren oskol-zabalerak dagozkien oskol-luzeren funtzio gisa. 1. Taulan (d) adierazi dira funtzio horien ondoriozko ekuazioak. Malda amankomun bat eskuratu zen ($b_c = 0.776$) ez baitziren ezberdintasun esanguratsurik aurkitu lau erregresioen malden artean. Berriz ere, elebazioen balioak altuagoak izan ziren marearteko muskuiluetan, neurtutako urtaro bietan ($F = 11.436$, 110; $p < 0.001$; 2. Taula,b).

Pisua vs. luzera. 1. Irudian (e) ageri dira, esperimentu-talde bakoitzeko, indibiduo bakoitzaren oskol-pisuak dagozkien oskol-luzeren funtzio gisa. 1. Taulan (d) adierazi dira funtzio horien ondoriozko ekuazioak. Ez ziren ezberdintasun estatistikoki esanguratsurik aurkitu erregresio zuzenen malden artean; hortaz, malda amankomun bat eskuratu zen ($b_c = 2.531$). Aldiz, elebazioen balioak altuagoak ziren marearteko muskuiluetan, urtaroa edozein zelarrik ere ($F = 12.281$, 110; $p < 0.001$; 2. Taula,e).

2. irudia. $Y = a \cdot X^b$ (Y: dimentsioa; a: elebazioa; X: dimentsioa; b: malda) funtzioa jarraitzen duten alometria-erlazioentzako erregresio lerroak. Ikur more (maiatza) eta laranja (azaroa) urtaroak bereizten dituzte, borobil (mareazpiko) eta hirukiek (marearteko) marea-eremuak adierazten dituzten bitartean. a) indibiduo bakoitzaren oskol zabalera (mm) vs. oskol luzerak (mm); b) indibiduo bakoitzaren oskol altuera (mm) vs. oskol luzerak (mm); c) indibiduo bakoitzaren oskol zabalera (mm) vs. oskol altuerak (mm); eta d) indibiduo bakoitzaren logaritmitzatutako oskol pisuak (mm) vs. oskol luzera logaritmitatuak (mm).



Azalera vs. pisua. Oskol bakoitzaren azalera indibidualak irudikatuta ageri dira 2. irudian pisuarekiko funtzio gisa. Erregresio bakoitzeko ekuazioak 3. Taulan (a) ikus daitezke. Malda bakoitza bestearekiko ezberdin suertatu zen (3. Taula, b), beherakako ordenan: mareazpikoak azaroan, mareartekoak azaroan, mareartekoak maiatzean, mareazpikoak maiatzean.

1. taula. Oskol (a) zabalerak eta (b) altuerak luzerarekiko funtzioari dagozkion erlazio alometrikoak, bai (c) oskol zabalerak altuerarekiko duen erlazioa, honako adierazpenaren arabera: $Y = a \cdot X^b$ (Y: dimentsioa; a: elebazioa; X: dimentsioa; b: malda).

a)

Urtaroa	Marea-eremua	n	a (± SD)	b (± SD)	R ²	p	F
Azaroa	Mareazpiko	28	- 0.098 (± 0.87)	0.397 (± 0.02)	0.947	< 0.001	460.773
	Marearteko	30	2.147 (± 1.29)	0.381 (± 0.03)	0.894	< 0.001	235.346
Maiatza	Mareazpiko	30	- 0.215 (± 0.87)	0.401 (± 0.02)	0.942	< 0.001	454.660
	Marearteko	30	1.654 (± 1.30)	0.392 (± 0.03)	0.898	< 0.001	246.304

b)

Urtaroa	Marea-eremua	n	a (± SD)	b (± SD)	R ²	p	F
Azaroa	Mareazpiko	28	5.266 (± 0.71)	0.466 (± 0.02)	0.973	< 0.001	936.079
	Marearteko	30	3.722 (± 1.16)	0.493 (± 0.02)	0.946	< 0.001	486.386
Maiatza	Mareazpiko	30	5.073 (± 0.68)	0.470 (± 0.02)	0.987	< 0.001	1022.59
	Marearteko	30	3.604 (± 1.18)	0.496 (± 0.02)	0.972	< 0.001	479.127

c)

Urtaroa	Marea-eremua	n	a (± SD)	b (± SD)	R ²	p	F
Azaroa	Mareazpiko	28	- 3.888 (± 1.35)	0.827 (± 0.05)	0.909	< 0.001	270.969
	Marearteko	30	0.686 (± 1.83)	0.724 (± 0.06)	0.822	< 0.001	134.498
Maiatza	Mareazpiko	30	- 3.796 (± 1.36)	0.824 (± 0.05)	0.951	< 0.001	263.941
	Marearteko	30	0.207 (± 1.82)	0.741 (± 0.06)	0.901	< 0.001	142.682

d)

Urtaroa	Marea-eremua	n	a (± SD)	b (± SD)	R ²	p	F
Azaroa	Mareazpiko	28	- 3.662 (± 0.16)	2.645 (± 0.10)	0.967	< 0.001	772.818
	Marearteko	30	- 3.287 (± 0.15)	2.460 (± 0.09)	0.964	< 0.001	754.431
Maiatza	Mareazpiko	30	- 3.542 (± 0.14)	2.580 (± 0.09)	0.967	< 0.001	852.559
	Marearteko	30	- 3.258 (± 0.15)	2.444 (± 0.09)	0.964	< 0.001	754.478

2. Irudia. Erregresio zuzenen elebazioen arteko askotariko alderaketan lortutako q-estadistikoaren balioekin eraikitako *Post hoc* taulak. a) Zabalerak vs. luzera; b) Zabalerak vs. altuera; d) Pisua vs. luzera. Ezberdintasun esanguratsuak (p < 0.05) izartxo baten bitartez adierazi dira.

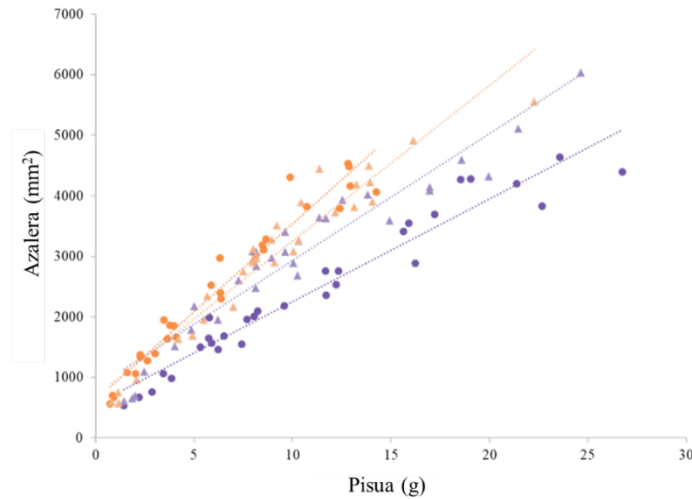
a)	A _M	M _A	M _M	b)	A _M	M _A	M _M	d)	A _M	M _A	M _M
A _A	4.550*	0.062	4.638*	A _A	4.259*	0.000	4.318*	A _A	5.307*	0.786	5.393*
M _M	0.089	4.555*		M _M	0.058	4.384*		M _M	0.085	4.689*	
M _A	4.644*			M _A	4.325*			M _A	4.602*		

3.3. Eztabaida

Lan honetan ageri diren datuek marea-eremuak eragina badaukala oskolaren alometrian adierazten dute. Marearteko muskuiluek ia % 7 –ko barrunbe handiagoa dute oskolen artean mareazpiko muskuiluekin alderatuta. Hau da, marearteko muskuiluek oskol forma borobilagoa agertzen dute, mareazpikoen oskolak zapalagoak direlarik. Proporzio horiek ez dira aldatzen muskuiluak tamainan hazi ahala edota urtaro batetik bestera, iradoki dezakeenak oskol fenotipo ezberdin horiek onuragarriak direla bai muskuilu txiki zein handientzako, baita urteko sasoi ezberdinetan zehar. Jakina da ingurumen baldintzek moluskuen oskola-dimentsioen gain eragina

daukatela (Clark *et al.*, 2020), nahiz eta, *M. galloprovincialis* muskuiluen kasuan, olatuekiko esposizioak duen eragina izan den azterketa-faktore bakarra oraingoz. Babarro eta Carrington –

3. irudia. $Y = a \cdot X^b$ funtzioa jarraitzen duten alometria-erlazioentzako erregresio lerroak, oskolen azalera eta oskolen pisuarekiko alderatuz. Ikur more (maiatza) eta laranja (azaroa) urtaroak bereizten dituzte, borobil (mareazpiko) eta hirukiek (marearteko) marea-eremuak adierazten dituzten bitartean.



3. taula. a) Oskol pisuak oskol azalerekiko (mm^2) funtzioari dagozkion erlazio alometrikoak, honako adierazpenaren arabera: $Y = a \cdot LW^b$. b) ANCOVA eta post hoc test-ak oskol azalera vs. oskol pisuaren arteko erlazioarako. Ezberdintasun estatistikoak izartxo batekin adierazi dira.

a)	Urtaroa	Marea-eremua	n	a (\pm SD)	b (\pm SD)	R ²	p	F
	Azaroa	Mareazpiko	28	636.77 (\pm 96.96)	289.65 (\pm 13.06)	0.948	< 0.001	492.136
		Marearteko	30	687.65 (\pm 134.82)	256.84 (\pm 13.32)	0.927	< 0.001	371.800
	Maiatza	Mareazpiko	30	553.10 (\pm 103.24)	169.52 (\pm 7.87)	0.941	< 0.001	464.281
		Marearteko	30	835.37 (\pm 137.38)	209.66 (\pm 11.56)	0.919	< 0.001	329.049

b)	A _M	M _A	M _M
A _A	4.259*	0.000	4.318*
M _M	0.058	4.384*	
M _A	4.325*		

ek (2013) oskol baxu eta zabalagoak aurkeztu zituzten babesgabetutako inguruneentzako, olatuek eragin dezaketen dislokazioaren aurreko defentsa-mekanismo gisa. Steffani eta Branch –ek (2003) oskol baxuagoak ikusi zituzten baita ingurune babestugabeen, baina estuagoak. Ikerketa honetan, muskuilu guztiak batu ziren ertz harritsuko eremu babestu berdinetik eta, hala eta guztiz ere, oskolen arteko hutsunea esangarriki ezberdina da. Haatik, oskol altuera, alegia, oskol estu edo zabalagoa izatea, ez zen aldatzen marea-eremuaren artean, eremu babestuen adierazle (Babarro *et al.*, 2020).

Oskolen arteko hutsune handiago batek ekidite-estrategia bezala joka lezake marearteko indibiduoetan, bai lehortzearen aurka zein tenperatura-estresaren kontra, baita hipoxiaren aurkako mekanismo gisa. Izan ere, topatu da oskol altuko lapek ur-galera txikiagoa agertzen dutela (Nuñez *et al.*, 2018), bai eta konbekzio bitarteko bero-galera handiagoa ere (Harley *et al.*, 2009). Hutsune zabalago batek baita eskaintzen du aire-erreserbarako gunea handitzeko aukera itsabeherako aire-esposizioan. Mantuko barrunbean ura harrapatzea estrategia tipikoa da itsasbeheran oxigeno-iturri bat izan ahal izateko (Zippay eta Helmuth, 2012). Ez hori bakarrik, oskol altuko ekotipo bat deskribatu da lapetan hipoxiaren aurrean bizirauteko hobeto moldatuta dagoena (Weihe and Abele, 2008).

Oskol-barrunbe handiago batekin batera, marearteko muskuiluen oskola sistematikoki pisutsuagoa da, edozein delarik ere urtaroa. Oskolaren dentsitatea (azalera vs. pisua), alabaina, bai aldatzen dela: bi populazioen oskolek azalera gutxiago dute masa unitateko maiatzean azaroan baino, nahiz eta urtaro bakoitzaren baitan banaketa ezberdinarekin marea-eremuen arabera. Hala, oskol-pisu komun baterako (10 g), marearteko muskuiluek % 9 –ko oskol dentsuagoa daukate azaroan; aldiz, maiatzean, mareazpiko muskuiluak dira % 24 –ko oskol dentsuagoak aurkezten dutenak. Populazioen oskolen batz besteko dentsitatearen aldaketak azaldu daitezke bai oskol-konposizioaren aldakuntza bezala, edo oskolaren loditasunaren bariazio bezala, baita bi faktore horien aldibereko aldaketa bat bezala ere.

Oskolen dentsitatea txikiagoa izatea azaroan lotuta egon daiteke gazitasun ezberdintasunarekin, oskol-eraikuntzaren bultzatzaile nagusitzat hartzen den faktorea (Clark *et al.*, 2020). Gazitasun balio baxuek pH eta CaCO₃ asetun-egoera baxuagoak dakartzate, kaltzio ioiak gutxitzen dituen eta kaltzifikazioan erabiltzen den karbono inorganikoaren eskuragarritasuna txikitzen duena (Miller *et al.*, 2009). Izatez, oskol konposizioan aldaketak gertatzen dira pH baxuetan, kaltzita geruzak handitu eta aragonita geruzak txikitzen baitira (Fitzer *et al.*, 2014), oskolaren dentsitatea txikiagotzea dakartzana. Euskal Meteorologia Agentziak erregistratutako datuen arabera, 2021 –eko azaroa bereziki hezea izan zen, eurite masiboak jazo zirela hilabete osoan zehar (Euskalmet, 2021), estuarioko gazitasuna jaitea eragingo zuena. Hala ere, gazitasun faktorea gehiago aztertu beharko litzateke, gazitasun aldaketa puntualen efektu hau ulertuko badira (Babarro *et al.*, 2020).

Baita, bi hilabeteen arteko dentsitate desberdintasunak, muskuiluen hazkuntzaren adierazle ere izan daitezke, luzetara gehiago haziko balira udan eta loditara neguan. Udaberri bukaeran eta udan, elikadura-eskuragarritasun handiago baten ondorioz luzetarako hazkuntza handiagoa da, murriztu egiten dena neguan zehar janari eskasia dela eta. Fenomeno hori are nabarmenagoa liteke mareazpiko muskuiluetan, denboraldi luzeagotan elikatu baitaitezke eta, hortaz, gehiago hazi, oskol finenak garatuz. Ostera, maiatzean, mareazpiko muskuiluak dira oskol dentsoenak dituztenak, karramarroen harrapakaritzaren aurreko erantzuna izan litekeena (Freeman, 2007), aktiboago izan ohi direnak uda aldean (Hunter eta Naylor, 1993; Aagaard *et al.*, 1995).

4. Ondorioak

Populazioaren jatorriak eragin handia dauka muskuiluek garatzen duten oskol formaren gain, egokitzapen morfologiko espezifiko bat suertatzen dena marearteko habitat gogorrera moldatzeko. Oskol dentsitatea, aldiz, urtarorekin arabera aldatzen den faktore bakarra izan da. Oskol senduagoak erregistratu ziren maiatzean, neguan zeharreko hazkuntza-tasa geldoago edota gazitasun ezberdintasunen isla izan daitezkeenak. Lortutako emaitzek ahalbidetzen dute *M. galloprovincialis* –en hazkuntza ulertzea, ez bakarrik muskuilu energetikan aplikatu ahal izateko, baita muskuiluaren edozein ikerketari begira, hala nola, akuikulturaren, ekologian eta ingurumen-toxikologian.

5. Etorkizunerako planteatzen den norabidea

Ikerketa hau *in situ* esperimentuetarako abiapuntutzat jo da, alegia, zelai-esperimentuetan hazkuntza-tasa ezberdineko indibiduen profilak aztertzeke, ingurumen-baldintzek inposa lezaketan efektuak barne. Datu hauek ikuspuntu oso baliagarria ematen digu muskuiluaren fisiologia aztertzeke; esate baterako, tamainak oxigeno kontsumoan duen eragina ulertuz.

6. Erreferentziak

- Aagaard, A., Warman, C. G. eta Depledge, M. H. (1995). Tidal and seasonal changes in the temporal and spatial distribution of foraging *Carcinus maenas* in the weakly tidal littoral zone of Kertminde Fjord, Denmark. *Marine Ecology Progress Series*, 122, 165–175. <https://www.int-res.com/abstracts/meps/v122/p165-172/>
- Akester, R. J. eta Martel, A. L. (2000). Shell shape, dysodont tooth morphology, and hinge-ligament thickness in the bay mussel *Mytilus trossulus* correlate with wave exposure. *Canadian Journal of Zoology*, 78, 240-253. <https://cdsciencepub.com/doi/abs/10.1139/z99-215>
- Alunno-Bruscia, M., Bourget, E. & Fréchet, M. (2001). Shell-allometry and length-mass-density relationship for *Mytilus edulis* in an experimental food-regulated situation. *Marine Ecology Progress Series*, 219, 177-188. <https://www.int-res.com/abstracts/meps/v219/p177-188/>

- Babarro, J. M. F. eta Carrington, E. (2011). Byssus secretion of *Mytilus galloprovincialis*: effect of site at macro- and micro-geographical scales within Ria de Vigo (NW Spain). *Marine Ecology Progress Series*, 435, 125-140. <https://www.int-res.com/abstracts/meps/v435/p125-140/>
- Babarro, J. M. F. eta Carrington, E. (2013). Attachment strength of the mussel *Mytilus galloprovincialis*: effect of habitat and body size. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 443, 188-196. <https://doi.org/10.1016/j.jembe.2013.02.035>
- Babarro, J. M. F., Filgueira, R., Padín, X. A. eta Portabales, M. A. L. (2020). A novel index of the performance of *Mytilus galloprovincialis* to improve commercial exploitation in aquaculture. *Frontiers in Marine Science*, 7, 719. <https://doi.org/10.3389/fmars.2020.00719>
- Burnett, N. P. eta Belk, A. (2018). Compressive strength of *Mytilus californianus* shell is time-dependent and can influence the potential foraging strategies of predators. *Marine Biology*, 165, 42. <https://link.springer.com/article/10.1007/s00227-018-3298-y>
- Clark, M. S., Lloyd, S. P., Arivalagan, J., Backeljau, T., Berland, S., Cardoso, J. C. R., ..., Harper, E. M. (2020). Deciphering mollusc shell production: the roles of genetic mechanisms through to ecology, aquaculture and biomimetics. *Biological reviews*, 95, 1812-1837. <https://doi.org/10.1111/brv.12640>
- Fitzer, S. C., Zhu, W., Tanner, K. E., Phoenix, V. R., Kamenos, N. A. eta Cusack, M. (2014). Ocean acidification alters the material properties of *Mytilus edulis* shells. *Journal of the Royal Society Interface*, 12, 20141227. <https://doi.org/10.1098/rsif.2014.1227>
- Freeman, A. S. (2007). Specificity of induced defenses in *Mytilus edulis* and asymmetrical predator deterrence. *Marine Ecology Progress Series*, 334, 145-153. <https://www.int-res.com/abstracts/meps/v334/p145-153/>
- Gardner, J. P. A. eta Thomas, M. L. H. (1987). Growth, mortality and production of organic matter by a rocky intertidal population of *Mytilus edulis* in the Quoddy Region of the Bay of Fundy. *Marine Ecology Progress Series*, 39, 31-36. <https://www.jstor.org/stable/24825643>
- Harley, C. D. G., Denny, M. W., Mach, K. J. eta Miller, L. P. (2009). Thermal stress and morphological adaptations in limpets. *Functional Ecology*, 23, 292-301. <https://www.jstor.org/stable/40205532>
- Hawkins, A. J. S. eta Bayne, B. L. (1985). Seasonal variation in the relative utilization of carbon and nitrogen by the mussel *Mytilus edulis*: budgets, conversion efficiencies and maintenance requirements. *Marine Ecology Progress Series*, 25, 181-188. <https://www.int-res.com/articles/meps/25/m025p181.pdf>
- Hunter, E. eta Naylor, E. (1993) Intertidal migration by the shore crab *Carcinus maenas*. *Marine Ecology Progress Series*, 101, 131-138. <https://www.int-res.com/articles/meps/101/m101p131.pdf>
- Kirk, M., Esler, D. & Boyd, W. S. (2007). Morphology and density of mussels on natural and aquaculture structure habitats: implications for sea duck predators. *Marine Ecology Progress Series*, 346, 179-187. <https://www.int-res.com/abstracts/meps/v346/p179-187/>
- Márquez, F., Nieto-Vilela, R. A., Lozada, M. & Bigatti, G. (2015). Morphological and behavioral differences in the gastropod *Trochon geversianus* associated to distinct environmental conditions, as revealed by a multidisciplinary approach. *Journal of Sea Research*, 95, 239-247. <https://doi.org/10.1016/j.seares.2014.05.002>
- Miller, A. W., Reynolds, A. C., Sobrino, C. eta Riedel, G. F. (2009). Shellfish face uncertain future in high CO2 world: influence of acidification on oyster larvae calcification and growth in estuaries. *PLoS One*, 4, e5661. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0005661>
- Núñez, J.D., Iriarte, P.F., Ocampo, E.H., Madrid, E. eta Cledón, M. (2018). Genetic and morpho-physiological differentiation in a limpet population across an intertidal gradient. *Helgoland Marine Research*, 72, 16. <https://doi.org/10.1186/s10152-018-0519-1>
- Penney, R. W., Hart, M. J. eta Templeman, N. D. (2006). Shell strength and appearance in cultured blue mussels *Mytilus edulis*, *M. trossulus*, and *M. edulis* x *M. trossulus*. *North American Journal of Aquaculture*, 69, 281-295. <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1577/A06-044.1>
- Reimer, O. eta Tedengren, M. (1996). Phenotypical improvement of morphological defences in the mussel *Mytilus edulis* induced by exposure to the predator *Asterias rubens*. *Oikos*, 75, 383-390. <https://doi.org/10.2307/3545878>
- Steffani, C. N. eta Branch, G. M. (2003). Growth rate, condition and shell shape of *Mytilus galloprovincialis*: responses to wave exposure. *Marine Ecology Progress Series*, 246, 197-209. <https://www.int-res.com/abstracts/meps/v246/p197-209/>
- Zar, J. H. (2010). *Biostatistical Analysis*, 5th Edition. Prentice Hall arg.
- Zippay, M. L. eta Helmuth, B. (2012). Effects of temperature change on mussel, *Mytilus*. *Integrative Zoology*, 7, 312-327. <https://doi.org/10.1111/j.1749-4877.2012.00310.x>

7. Eskerrak eta oharrak

Ikerketa hau Eusko Jaurlaritzak babestu du Ikerketa-talde kontsolidatuen bitarteko diru-laguntzarekin (CBET group, IT810-B) bai eta Maitane Pérez-Cebrecos –i emandako doktoretza-aurreko diru-laguntzaren bitartez. Deskribatzen den lana Maitane Pérez-Cebrecos –en tesiaren kapitulu bateko atal bati dagokio.