

Janariaren lorpena, hautespena eta zurgapena, "Cerastoderma edule" eta "Mytilus edulis" bibalbioetan

Egilea: **BEGOÑA URRUTIA BARANDIKA**

Urtea: 1997

Zuzendaria: JUAN IGNACIO PEREZ IGLESIAS, ENRIQUE NAVARRO ADORNO

Unibertsitatea: UPV/EHU

ISBN: 978-84-8438-795-4

(c) 2021 Udako Euskal Unibertsitatea (UEU)
(c) 1997 Begoña Urrutia Barandika

ISBNa: 978-84-8438-795-4

Harremanetarako: tesiker@ueu.eus
UEU. Erribera 14 1 D. 48005 Bilbo. Tel.: 94 679 05 46

Hitzaurrea

Tesi honetan jasotako Ikerketa-lanak 1984ko irailean hasi nituen, hiru hilabete lehenago bukatu berri nituen Biologiako ikasketak bukatu ondoren. Zenbait urte lehenago, Biologiako lizentziaturako bigarren ikasturtea egiten ari nintzela piztu zitzaidan ikerketan jarduteko grina, Animalien Fisiologiako laborategian barne ikasle modura sartu nintzenean, eta gerora nire tesi-zuzendariak izango ziren ikertzaileek lantzen zituzten molusku bibalbioei buruzko Ikerketa-lerroak ezagutu nituenean. Horrela ba, karrera amaitu baino hilabete batzuk lehenago, Eusko Jaurlaritzako Ikertzaileak prestatzeko diru-laguntza eskatu nuen tesia egiteko asmoz, eta beka lortu ondoren, bibalbioek mota desberdinetako janariak erabiltzeko duten gaitasuna aztertzeari ekin nion. Handik gutxira, baina, Euskal Herriko Unibertsitatean Animalien Fisiologia arloko irakasle lagunaren lanpostu elebidun baterako deialdira aurkeztu nintzen; plaza lortu egin nuen, eta hortik aurrera biologoak izan nahi zuten ikasleei animalien fisiologia euskaraz irakasten hasi nintzen. Hortik aurrera, beraz, tesiari apur bat motelago ekin nion, eskolak ematearekin uztartu behar izan nuelako nire Ikerketa-lana.

Tesiaren helburuei dagokienez, garai hartan nire tesi-zuzendariak izan ziren Juan Ignacio Pérez Iglesias eta Enrique Navarro irakasleek aurretiaz irekitako Ikerketa-lerroarekin bat zetozen, molusku bibalbioen energetika fisiologikoaren arloan. Haiek gidatutako Ikerketa-proiektuetan eta zenbait lankideren tesietan ordura arte egindako aurkikuntzak eta lortutako emaitzak molusku bibalbioen funtzionamenduaren ezagutzan asko aurreratzea ahalbidetu bazuten ere bazegoen oraindik aztertu gabe zegoen alde bat: janaria irentsi aurretik kalitate desberdineko partikulen artean aukeraketa-prozesuak aurrera eramateko gaitasunarena, eta horrek dauzkan ondorioena. Eta horri ekin nion nik nire tesian: bi bibalbio espezie erabili nituen nire esperimientuetan, *Mytilus edulis* eta *Cerastoderma edule*, muskuiluak eta margolak, haien janariaren erabilera aztertzeko, bi-biek hautespenerako gaitasuna izanik, haien brankiak desberdintasun morfologiko sakonak dituztenelako, eta ezaugarri horrek funtzioan eraginik ote zuen aztertu nahi nuelako. Ez nuen halakorik aurkitu ordea, bi espezieetan oso antzeko erantzunak lortu baikenituen: animalien hauen inguruko partikula-kontzentrazioa altua denean eta janariaren osaera konplexua denean, kalitate altuko partikulak lehentasunez irensteko gaitasuna dute, kalitate baxukoak alderatuz. Prozesu horiek etekin desberdinarekin gertatzen dira inguruko baldintzen arabera, baina orokorrean energia-lortzeko prozesuak maximizatzeke zentzuan jotzen dute.

Tesia idazterakoan, euskaraz idaztearena berezkoa, naturala izan zen. Batetik nire jarduna irakasle modura euskaraz gauzatzen zen nagusiki; bestetik, nire tesi-zuzendarietako batekin, aurretiaz nire Animalien Fisiologiako irakaslea izandako Juan Ignacio Pérezekin, euskaraz mintzatzen nintzen beti, baita Ikerketa-kontuak genituenean

mintzagai. Berak ere bere tesia euskaraz idatzi zuen, Zientzia eta Teknologia Fakultatean euskaraz idatzitako lehena izan zen berea, beraz bazegoen nolabaiteko "tradizioa". Gauzak horrela, nire maila goreneko lan akademikoa euskaraz idatziko nuela argi izan nuen beti: askok uste zutenaren kontra, nire iritziz bazuen zentzurik eta merezi zuen, bai, zalantzarik gabe, tesia euskaraz idaztea. Egia da lan gehiago egitea zekarrela euskaraz idazteak, baina nire ikuspuntutik, nik zor nion gure hizkuntzari eta bere normalizazioari ekarpen hori egitea. Arlo bakoitzeko adituek hizkuntzan adituak direnekin elkarlanean garatu behar dituzte euren esparru desberdinetako korpusak. Ez zen lan erraza izan, ez, baina nik, zorionez, Euskara teknikoko nire irakasle izandakoa zen Juan Carlos Odriozola (Txankar) hizkuntzalaritzan doktorearen lankidetzan izan nuen. Zenbat ikasi nuen berarekin nire tesia euskaraz idazten!

Tesiaren eskerronetan jaso nuenez, harro sentitzeko moduko tesia idatzi izana diot zor Txankarri. Handik urte nahikotxora, Juan Carlos katedrarako txostena prestatzen ari zela, nire tesian egindako lana gainbegiratzeari ekin zion, eta benetan pozez eta zirraraz jaso nuen bidali zidan mezua. Honela zioen: Miren Bego, katedra prestatzen nabilela zure tesia gainbegiratzaren aritu izan naiz eta orain egin beharko banu, ez nuke ia ezer aldatuko.

Nik agian zerbait aldatuko nuke orain idatzi beharko banu, seguruenik esaldi laburragoak eta irakurterrazagoak egiten ahaleginduko nintzateke, eta zorroztasuna galdu gabe ulertterrazagoa egiten saiatuko nintzen, baina susmoa dut hori hizkuntzarekin baino eskarmentuarekin duela zerikusia.

2021eko maiatzean Leioan

Bego Urrutia

eman ta zabal zazu



Universidad del País Vasco

Euskal Herriko Unibertsitatea

Departamento de Biología Animal y Genética

Animali Biologia eta Genetika Saila

Janariaren lorpena, hautespena eta
zurgapena, Cerastoderma
edule eta Mytilus edulis
bibalbioetan

Doktore-gradua erdiesteko Miren Bego
Urrutia Barandikak aurkeztutako
Txostena

Leioan, 1997ko apirila

Janariaren lorpena, hautespena eta zurgapena, C. edule eta M. edulis bibalbioletan

TESIAREN ZUZENDARIAREN ONESPENA BERORREN AURKEZPENERAKO
--

JUAN IGNACIO PÉREZ IGLESIAS eta ENRIQUE NAVARRO ADORNO
Doktoreek MIREN BEGOÑE URRUTIA BARANDIKA Doktoregai Andreak ANIMALI
BIOLOGIA ETA GENETIKA Sailean burututako JANARIAREN LORPENA,
HAUTESPENA ETA ZURGAPENA, *Cerastoderma edule* ETA *Mytilus*
edulis BIBALBIOETAN izenburuko Doktorego-Tesiaren Zuzendari gisa, aipatutako
Doktorego-Tesiaren aurkezpena baimentzen dugu, berorren defentsarako beharrezkoak diren
baldintzak betetzen ditu eta,

-

Leioan, 1997ko Martxoaren 17an

TESIAREN ZUZENDARIAK

SINATURIK: Juan Ignacio Pérez Iglesias Enrique Navarro Adorno

Janariaren lorpena, hautespena eta zurgapena, C. edule eta M. edulis bibalbioletan

SAILAREN ADOSTASUNA

ANIMALI BIOLOGIA ETA GENETIKA Sailak, 1997ko Martxoaren 19an eginiko bileran, jarraian aipatuko duen Doktorego-Tesiaren irakurketa tramiterako onartzea erabaki du: JANARIAREN LORPENA, HAUTESPENA ETA ZURGAPENA, Cerastoderma edule ETA Mytilus edulis BIBALBIOETAN, JUAN IGNACIO PEREZ IGLESIA ETA ENRIQUE NAVARRO ADORNO Doktoreek zuzendua eta MIREN BEGOÑE URRUTIA BARANDIKA Andreak Sail honen aurrean aurkeztua.

Leioan, 1997ko Martxoaren 19an

O.E. SAILEKO ZUZENDARIA

SAILEKO IDAZKARIA

Sinaturik.: Enrique Navarro Adorno

Sinaturik: Ana I. Aguirre Escobal

Janariaren lorpena, hautespena eta zurgapena, C. edule eta M. edulis bibalbioetan

DOKTORE-GRADUAREN AKTA
DOKTOREGO-TESIAREN DEFENTSAREN AKTA

MIREN BEGOÑE URRUTIA BARANDIKA DOKTOREGAI ANDREA
TESIAREN IZENBURUA: JANARIAREN LORPENA, HAUTESPENA ETA
ZUGAPENA, Cerastoderma edule ETA Mytilus edulis BIBALBIOETAN

Errektore Jaunak goian aipaturiko Doktorego-Tesia kalifikatzeko izendaturiko Epaimahaiak,
Akta hau izenpetzen duten partaideek datako egunean osatua, doktoregaiak defentsa egin eta
formulatu zaizkion objekzioak entzun ondoren, _____ z_
kalifikazio hau eman du:

_____, 199 ko ren (e)an.

Mahaiburua,

Idazkaria,

Sin.: _____

Sin.: _____

1. Mahaikidea

2. Mahaikidea

3. Mahaikidea

Sin.: _____ Sin.: _____ Sin.: _____

Doktoregaia

Sin.: MIREN BEGOÑE URRUTIA

Janariaren lorpena, hautespena eta zurgapena, C. edule eta M. edulis bibalbioetan

MIREN BEGOÑE URRUTIA BARANDIKA	DOKTOREGAI ANDREAREN
TESIAREN IZENBURUA:	JANARIAREN LORPENA, HAUTESPENA ETA
ZURGAPENA, <i>Cerastoderma edule</i> ETA	<i>Mytilus edulis</i> BIBALBIOETAN

EPAIMAHI KALIFIKATZAILEAREN OSAKETA

Behean adierazitako partaideak bildurik, Unibertsitatearen Errektoreak izendatuak Doktorego-Batzordearen proposamenaz, eta honekin batera eranstean diren aurkezturiko txostenak ikusirik, goian aipatutako Doktorego-Tesiaren defentsa onartzea _____ (1).

185/1985 Erret Dekretuaren 9. artikulua (85/02/16ko E.B.O.a), Doktorego-Tesiak epaitu behar dituzten Epaimahaiak ezartzen dituen betez, bertan dauden partaideek aipaturiko artikuluan ezarritako betebeharrak betetzen ditutela adierazten dute.

Eta horrela ager dadin, biduriko guztiek Akta hau sinatzen dute _____(e)n, mila bederatziehun eta _____ ko _____ aren _____(e)an.

MAHAIBURUA,

IDAZKARIA,

Sin.: _____

Sin.: _____

1 MAHAIKIDEA,

2. MAHAIKIDEA,

3, MAHAIKIDEA

Sin.: _____

Sin.: _____

Sin.: _____

Janariaren lorpena, hautespena eta zurgapena, C. edule eta M. edulis bibalbioetan

(1) onartzea erabaki da ez onartzea erabaki

Janariaren lorpena,
hautespena eta zurgapena,
Cerastoderma edule *eta* Mytilus
edulis *bibalbioetan*

Janariaren lorpena, hautespena eta zurgapena, C. edule eta M. edulis bibalbioetan

Aurkibide orokorra

1. Sarrera	1
1.1. Janari-iturriak	3
1.2. Janariaren lorpena	6
1.2.1. Anatomia funtzionala	6
1.2.2. Iragazketa	9
1.2.2.1. Aklaramendu-tasa	9
1.2.2.2. Atxikipen-etekina	9
1.2.2.3. Iragazte-tasa	10
1.3. Ingestioaren aurreko janariaren tratamendua	10
1.3.1. Sasigorotzen ekoizpena	10
1.3.2. Hautespen preingestiboa	11
1.3.3. Sasigorotzen ekoizpenean mukiak duen zeregina	12
1.3.4. Hautespen-indizeak	15
1.3.4.1. Hautespen-indizeak, animalia urtarren etologia- eta ekologia-ikerketetan	15
1.3.4.2. Hautespen-indizeak bibalbioetan	16
1.3.4.3. Sasigorotzetan eta hautespen-etekinetan mukiak duen ekarpena	17
1.3.4.4. Hobetze-indizeak	18
1.3.5. Hautespen-etekinaren aldagarritasuna	19
1.4. Janariaren ingestioa eta zurgapena	19
1.4.1. Ingestioa	19
1.4.2. Liseriketa eta zurgapena	20
1.4.2.1. Anatomia funtzionala	20
1.4.2.2. Zurgapen-etekina	21
1.4.2.3. Liseri- hodiaren kapazitatea	22
1.4.2.4. Igarotze-denbora	23
1.4.2.5. Gorotzetako galera endogenoak	23
1.5. Janariaren kalitatearen aldaketen aurreko erantzun fisiologikoak	23
1.5.1. Aurrekariak	23
1.5.2. Liseri-prozesuak	24
1.5.3. Ingestioaren eraenketa	26
1.5.4. Hautespen preingestiboa	27
1.5.5. Azken gogoetak	29
1.6. Ikerlan honen egitura eta helburuak	29
2. Materiala eta metodoak	31
2.1. Aztertutako bibalbio-espezieak	31
2.2. Janeurriak	32
2.2.1. Janeurrien ezaugarriak	33
2.2.2. Prozedura esperimentalak	34
2.3. Parametro fisiologikoen neurketak	36
2.3.1. Parametro fisiologikoak	36
2.3.2. Parametro fisiologikoen neurketa	41
2.4. Datuen estandarizazioa	42
2.5. Analisi estatistikoak	43
3. Sestonaren kontzentrazio- eta konposizio-aldaketek <i>Cerastoderma edule</i> bibalbioaren elikatze-prozesuetan eragindako aldagarritasuna	45

3.1. Sarrera	45
3.2. Materiala eta Metodoak	46
3.2.1. Animalien biltzea eta laborategiko baldintzetan ipintzea.	46
3.2.2. Neurketak	47
3.2.2.1. Esekidurako materia partikulatuaren ezaugarriak	47
3.2.2.2. Biodepositoen biltzea eta parametro fisiologikoen neurketa	47
3.2.3. Prozesatze-tasen estandarizazioa	48
3.2.4. Tratamendu estatistikoa	48
3.3. Emaitzak	48
3.3.1. Elikadura-baldintzak.	48
3.3.2. Aklaramendu- eta iragazte-tasa	49
3.3.3. Sasigorotzen ekoizpena eta ingestio-tasa	52
3.3.4. Hautespen-etekinak eta ingestio-tasa	54
3.3.5. Zurgapen-tasa eta etekina	56
3.4. Eztabaida	59
3.4.1. Aklaramendu- iragazte- eta sasigorotzen ekoizpen-tasak	59
3.4.2. Janariaren hautespen preingestiboa	61
3.4.3. Zurgapen-etekina	62
3.4.4. Baldintza naturalen pean gertatzen den janariaren zurgapena	64
4. Janariaren gertutasun naturalaren aldaketan aurreko <i>Cerastoderma edule</i> (L.) bibalbioaren elikadura-prozesuen eratzearen aldagarritasuna	67
4.1. Sarrera	67
4.2. Materiala eta metodoak	69
4.2.1. Esperimentaziorako prestakuntza	69
4.2.2. Animalien biltzea, eta laborategi-baldintzetan ipini eta mantentzea	69
4.2.3. Sestonaren materialaren azterketa	69
4.2.4. Parametro fisiologikoen neurketa	70
4.2.5. Datuen estandarizazioa eta tratamendu estatistikoa	71
4.3. Emaitzak	71
4.3.1. Sestonaren ezaugarrien azterketa	71
4.3.2. Iragazketa, sasigorotzen ekoizpena eta ingestioa	73
4.3.3. Hautespen preingestiboa	76
4.3.4. Ingestio organikoa	78
4.3.5. Zurgapen-etekina eta zurgapen-tasa	79
4.4. Eztabaida	81
4.4.1. Iragazketa	82
4.4.2. Ingestioa	83
4.4.3. Hautespen preingestiboa	83
4.4.4. Zurgapena	86
4.4.5. Ingurune baldintza aldakorren simulazioa	88
5. Sestonaren osagaien prozesatze diferentziala <i>Cerastoderma edule</i> bibalbioan	91
5.1. Sarrera	91
5.2. Materiala eta metodoak	92
5.2.1. Animalien biltzea eta mantentzea	93
5.2.2. Janariaren prestaketa	93
5.2.2.1. 1. Esperimentua	93
5.2.2.2. 2. Esperimentua	94
5.2.3. Neurketak	94
5.2.3.1. Janariaren ezaugarriak	94
5.2.3.2. Janariaren prozesatze-tasen neurketa	95

5.2.3.3. Hautespen preingestiboa	95
5.2.3.4. Sasigorotzen ekoizpenari lotutako muki-ekoizpena	96
5.2.4. Parametro fisiologikoen pisu estandarrerako estandarizazioa	97
5.3. Emaizak	97
5.3.1. 1. Esperimentua	97
5.3.1.1. Janeurriak	97
5.3.1.2. Janariaren prozesatze-tasak	98
5.3.1.3. Hautespen preingestiboa	102
5.3.1.4. Zurgapen-tasa eta -etekina	106
5.3.2. 2. Esperimentua	109
5.3.2.1. Janeurriak	109
5.3.2.2. Janariaren prozesaketa	110
5.3.3.3. Hautespen preingestiboa	113
5.4. Eztabaida	117
5.4.1. Elikatze-jokaera: iragazte-, aldaratze- eta ingestio-tasak	118
5.4.2. Hautespen preingestiboa	120
5.4.3. Muki-ekoizpena	121
5.4.4. Muki-ekoizpenaren estimazioak dakartzan ondorio metodologikoak	123
5.4.5. Janariaren zurgapena	125
5.4.6. Hautespen preingestiboaren ondorioak eta balorazio-orokorra	127
6. Mikroalgen eta detritusen prozesatze diferentziala <i>Cerastoderma edule</i> bibalbioan	129
6.1. Sarrera	129
6.2. Materiala eta metodoak	130
6.2.1. Animalien bilketa eta laborategi-baldintzen peko mantenimendua	130
6.2.2. Janeurriak	130
6.2.3. Neurketak	131
6.2.3.1. Janeurrien ezaugarriak	131
6.2.3.2. Janariaren prozesatze-tasen neurketa	131
6.3. Emaizak	132
6.3.1. Janeurri esperimentalak	132
6.3.2. Janariaren prozesatze-tasak	133
6.3.2.1. Iragazte- eta sasigorotzen-ekoizpen-tasak	133
6.3.2.2. Hautespen preingestiboa	135
6.3.2.3. Ingestio- eta zurgapen-tasak	139
6.4. Eztabaida	140
6.4.1. Janariaren prozesatze preingestiboa	141
6.4.2. Janeurriko osagaien tratamendu diferentziala	142
6.4.3. Ingestio-tasak	143
6.4.4. Zurgapena	143
7. Sestonaren osagaien prozesatze-diferentziala <i>Mytilus edulis</i> bibalbioan	145
7.1. Sarrera	145
7.2. Materiala eta Metodoak	146
7.2.1. Animalien bilketa, laborategira eramatea eta bertako baldintzen peko mantenimendua	146
7.2.2. Esperimentuen antolaketa	146
7.2.3. Neurketak	147
7.2.3.1. Janariaren ezaugarriak	147
7.2.3.2. Janariaren prozesatze-tasen neurketa	147
7.3. Emaizak	148

7.3.1. Populazio bietako animalien egoera-indizea	148
7.3.2. 1. Esperimentua.....	149
7.3.2.1. Elikadura-baldintzak	149
7.3.2.2. Janariaren prozesatze-tasak	150
7.3.2.3. Hautespen preingestiboa	152
7.3.2.4. Mukiaren ekarpena.....	156
7.3.2.5. Zurgapen-etekina.....	157
7.3.3. 2. Esperimentua.....	158
7.3.3.1. Janeurri esperimentalak.....	158
7.3.3.2. Janariaren prozesaketa.	159
7.3.4. Hautespen-etekina	162
7.3.5. Zurgapen-etekina.....	166
7.4. Eztabaida.....	167
7.4.1. Materia partikuluaren prozesatze-tasak.....	167
7.4.2. Hautespen preingestiboa	168
7.4.3. Mukiaren zeregina sasigorotzen ekoizpenean	169
7.4.4. Prozesamendu preingestiboan behatutako populazioen arteko desberdintasunak.....	169
7.4.5. Zurgapen-etekina.....	170
7.4.6. Azken gogoetak.....	171
8. Laburpena eta ondorioak	173
8.1. Elikadura-jokaera	173
8.2. Hautespen preingestiboa.	174
8.3. Mukiaren zeregina.....	174
8.4. Janeurriko osagaien hautespena	175
8.5. Materia ingerituaren hobekuntza, eta hobetzeak elikadura-jokaeran duen eragina.....	175
8.6. Zurgapen-etekina.....	176
8.8. Muskuiluen elikadura-jokaeraren balorazioa	177
8.8. Azken gogoetak.....	178
9. Bibliografia	179

Taulen aurkibidea

3.1. Taula. 3. kapitulua. Erabilitako janeurrien ezaugarriak.	49
4.1. Taula. Erregresio anizkoitzeko analisiaren ondoren lorturiko ekuazioa: Iragazte-tasa, materia partikulatuaren kontzentrazioaren, sestonaren edukin organikoaren eta bien arteko elkarrekintza-terminoaren funtzio modura.	74
4.2. Taula. Erregresio anizkoitzeko analisiaren ondoren lorturiko ekuazioa: sasigorotzen ekoizpen-tasa, iragazte-tasaren, sestonaren edukin organikoaren eta bien arteko elkarrekintza-terminoaren funtzio modura.	75
4.3. Taula. Erregresio anizkoitzeko analisiaren emaitza: A) a klorofilarako neurturiko hautespen-etekina eta B) materia organikorako neurturikoa, sestonaren edukin organikoaren, materia partikulatuaren kontzentrazioaren eta dagozkien elkarrekintza-terminoen funtzio modura.	76
4.4. Taula. S.N.K. testaren emaitza. Analisia, substratu desberdinetarako hautespen-etekinen arteko desberdintasunen esangarritasun- maila aztertze burutu zen:.....	78
5.1. Taula. 5. kapitulua. 1. esperimentuan erabilitako janeurrien ezaugarriak.	98
5.2. Taula. 5.1. Taulan aurkeztutako janeurriei dagozkien osagai organiko eta ez-organikoaren iragazte-tasa, aldaratze-tasa eta ingestio-tasa, eta osagai organikoaren zurgapen-tasa eta zurgapen-etekina.....	99
5.3. Taula. 5. kapitulua. 2. esperimentuan erabilitako janeurrien ezaugarriak.	109
5.4. Taula. 5.3. Taulan aurkeztutako janeurriei dagozkien osagai organiko eta ez-organikoaren iragazte-tasa, aldaratze-tasa eta ingestio-tasa, eta osagai organikoaren zurgapen-tasa eta zurgapen-etekina.....	110
6.1. Taula. 6. kapitulua. Janeurri esperimentalen ezaugarriak.	132
6.2. Taula. Materia organikoaren, materia ez-organikoaren eta materia osoaren prozesatze-tasak.	134
6.3. Taula. Elikadura-baldintza desberdinei dagozkien janariaren eta sasigorotzen C/N indizeetan oinarrituta gauzatutako Student t testaren emaitzak.....	139
6.4. Taula. Baldintza bakoitzerako lortutako zurgapen-etekinetan oinarrituta gauzatutako Student-en t testaren emaitza.	140
7.1. Taula. Esperimentu bakoitzean (1 eta 2), A, B, C eta D lau janeurrien saioetan erabilitako muskuiluen taldeei dagozkien maskorraren luzerak eta ehunen pisu lehorrak	149
7.2. Taula. 7. kapitulua. 1. esperimentuan erabilitako janeurri esperimentalen ezaugarriak.	150
7.3. Taula. Muskuiluen jatorriak eta janeurri-motak 1. esperimentuko janariaren prozesatze-tasetan eta zurgapen-etekinean duten eragina aztertze gauzatutako bariantzaren analisiaren emaitzak.....	152

7.4. Tabla. 2. esperimentuan erabilitako janeurri esperimentalen ezaugarriak	159
7.5. Taula. Muskuiluen jatorriak eta janeurri-motak 2. esperimentuko janariaren prozesatze- tasetan eta zurgapen-etekinean duten eragina aztertzeko gauzatutako bariantzaren analisiaren emaitzak	162

Irudien aurkibidea

3.1. Irudia. A) Aklaramendu-tasa, sestonaren kontzentrazioaren eta esekiduraren edukin organikoaren arteko erlazioaren arabera. B) Ikerketa honetan behatutako materia partikulatuaren kontzentrazioaren eta edukin organikoaren tarterako aklaramendutasaren eboluzioaren adierazle den erantzun-azalera.....	51
3.2. Irudia. Sestonaren prozesamendurako parametro fisiologikoen aldagarritasunaren adierazle diren erantzun-azalerak, esekidurako materia partikulatu osoaren kontzentrazioaren eta sestonaren edukin organikoaren arabera.	52
3.3. Irudia. Materia organikoaren hautespen-etekina, a klorofilarena, karbonoarena eta nitrogenoarena, sestonaren edukin organikoaren funtzio modura.....	55
3.4. Irudia. Materia organikoaren prozesatze-tasak, materia organikoaren gertutasunaren arabera, janariaren hiru edukin organiko desberdinetarako: A) $f = 0.15$, B) $f = 0.45$ eta C) $f = 0.75$	56
3.5. Irudia. Zurgapen-tasa, materia ingerituaren edukin organikoaren funtzio modura.	57
3.6. Irudia. Karbonoaren eta nitrogenoaren zurgapen-etekinen eta materia organiko osoaren zurgapen-etekinaren arteko erlazioa.	58
3.7. Irudia. Materia organikoaren zurgapen-tasa eta materia partikulatu osoaren kontzentrazioaren arteko erlazioa, baldintza desberdinetarako	65
4.1. Irudia. Materia partikulatuaren eboluzioa, marea hiletan (A), eta marea bizietan (B) zehar.	71
4.2. Irudia. A) Materia organiko partikulatua, materia partikulatu osoaren funtzio modura. B) Sestonaren edukin organikoa, materia partikulatuaren kontzentrazioaren funtzio modura. C) a klorofila eta feopigmentuen kontzentrazioa, materia partikulatuaren kontzentrazioaren funtzio modura. D) Karbono organiko partikulatua eta nitrogeno partikulatua, materia partikulatuaren kontzentrazioaren funtzio modura.	72
4.3. Irudia. A) C/N indizea eta B) C:cl indizea, f sestonaren edukin organikoaren arabera.....	73
4.4. Irudia. A) Iragazte-, B) Aldaratze- eta C) Ingestio-tasak, materia partikulatuaren kontzentrazioaren funtzio modura.	74
4.5. Irudia. A) Materia organikorako eta a klorofilarako hautespen-etekinak, sestonaren edukin organikoaren arabera. B) Karbono organikorako eta nitrogeno partikulaturako hautespen-etekinak, materia partikulatuaren edukin organikoaren funtzio modura.	77
4.6. Irudia. A) Ingestio organikoaren tasa eta B) zurgapen-tasa, sestonaren lau edukin organikotarako, eta materia partikulatuaren kontzentrazioaren funtzio modura.....	79
4.7. Irudia. Zurgapen-etekinaren eta ingerituriko materiaren edukin organikoaren arteko erlazioa.	80

4.8. Irudia. Karbonoaren eta nitrogenoaren zurgapen-etekinak, materia organikoaren zurgapen-etekinaren funtzio modura.	81
4.9. Irudia. Zurgapen-tasaren balioak, sestonaren kontzentrazioaren arabera. Lerro desberdinak, materia sedimentarioaren berreskidurak eragindako "diluzio"-maila desberdinen simulazioei dagozkienak.	89
5.1. Irudia A) Janeurri bakoitzean neurtutako materia partikulatu osoaren prozesatze-tasak.	100
5.2. Irudia. Aklaramendu-tasa, materia organikoaren kontzentrazioaren funtzio modura.	100
5.3. Irudia. Sasigorotz modura kanporatutako materia iragaziaren aldaratze-portzentaia: A) materia partikulatu osoari, B) klorofilari, C) materia organiko osoari eta D) materia ez-organikoari dagozkionak.	101
5.4. Irudia. Klorofilarako eta materia organiko osorako neurtutako hautespen-etekinak, esekiduraren edukin organikoaren funtzio modura.	103
5.5. Irudia. Materia organiko exogenoaren eta endogenoaren aldaratze-tasak.	104
5.6. Irudia. Benefit Ratio delako hobetze-indizea, esekiduraren edukin organikoaren funtzio modura.	105
5.7. Irudia. A) Zurgapen etekinaren eta materia ingerituaren edukin organikoaren arteko erlazioa. B) Sasigorotzetako mukiaren agerpenaren eraginerako zuzendutako AEm zurgapen-etekina, im materia ingerituaren edukin organikoaren funtzio modura.	107
5.8. Irudia. A) Neurtutako eta estimaturiko zurgapen-tasen arteko desberdintasuna, esekiduraren edukin organikoaren funtzio modura. B) Zurgapen-tasarako kalkulatu den Benefit ratio indizea, esekidurako edukin organikoaren arabera.	107
5.9. Irudia. Aklaramendu-tasa, materia organikoaren kontzentrazioaren funtzio modura.	111
5.10. Irudia. A) Janeurri bakoitzean neurtutako materia partikulatu osoaren prozesatze-tasak.	112
5.11. Irudia. Sasigorotz modura kanporatutako materia iragaziaren aldaratze-portzentaia: A) materia partikulatu osoari, B) klorofilari, C) materia organiko osoari eta D) materia ez-organikoari dagozkionak.	112
5.12. Irudia. Klorofilarako eta materia organiko osorako neurtutako hautespen-etekinak, esekiduraren edukin organikoaren funtzio modura.	113
5.13. Irudia. Materia organiko sedimentarioaren hautespen-etekin gordinak, erabilitako janeurri bakoitzaren kasurako.	115
5.14. Irudia. A) Benefit Ratio delako hobetze-indizea, esekiduraren edukin organikoaren funtzio modura. B) Gauza bera, materia detritiokaren kasurako.	116
5.15. Irudia A) Zurgapen etekinaren eta materia ingerituaren edukin organikoaren arteko erlazioa. B) Sasigorotzetako mukiaren agerpenaren eraginerako zuzendutako AEm zurgapen-etekina, im materia ingerituaren edukin organikoaren funtzio modura.	117
5.16 Irudia. Materia osoaren aldaratze-portzentaia eta janeurriaren edukin organikoaren arteko erlazioa.	119
5.17 Irudia. A) Neurtutako ingestio-tasak mukiaren ekarpenerako zuzendutako benetako ingestio-tasaren barruan duen proportzioaren batzebesteko balioak. B) Gauza bera, zurgapen-tasarako kalkulatu.	124

5.18 Irudia. 1 esperimentuan erabilitako baldintza bakoitzerako mukiari dagozkion benetako zurgapen-tasaren proportzioaren batezbesteko balioak	125
6.1. Irudia. Erabilitako hiru esekidurei dagozkien materia organiko partikulatuaren prozesatze-tasak.....	135
6.2. Irudia. Baldintza bakoitzerako (A, B eta C) neurtutako aldaratze-portzentaiak: materia partikulatu osoari, materia partikulatu organikoari, klorofilari eta materia ez-organikoari dagozkionak aurkeztu dira.	136
6.3. Irudia. Materia organiko osoaren eta klorofilaren hautespen-etekinak, erabilitako hiru baldintza desberdinetarako	136
6.4. Irudia. A) Janeurri esperimental bakoitzean behatu den <i>Spartina alterniflora</i> landaretik eratorritako materia detritikoaren aldaratze-portzentaia. B) 6.4.A Irudian aurkeztutako aldaratze-portzentaiaetan oinarriturik kalkulaturako Spartinaren detritusen hautespen-etekinak.	137
6.5. Irudia. Fitoplanktonari lotuta ez dagoen materia ez-organikoaren aldaratze-portzentaiak, erabilitako hiru baldintzen kasuan.	138
6.6. Irudia.Esekidurako laginetan eta animaliek ekoitzitako sasigorotzen laginetan neurturiko C/N indizeak.	139
7.1. Irudia. A) Sedimentu kaltzinatuz eta <i>Tetraselmis suecica</i> algaren zelulez osatutako janeurriekin elikaturiko animalietan behatutako materia partikulatu osoaren prozesatze-tasak. B) Materia partikulatu organikoaren prozesatze-tasak.	151
7.2. Irudia. Janeurriaren osagai desberdinen aldaratze-portzentaiak: klorofilari, materia organikoari, materia ez-organikoari eta materia osoari dagozkionak adierazi dira.	153
7.3. Irudia. Klorofilarako eta materia organiko osorako neurtutako hautespen-etekinenak, edukin organikoaren funtzio modura.	154
7.4. Irudia. A) 1 esperimentuan erabilitako baldintzetan neurturiko esekiduraren, sasigorotzen eta materia ingerituaren edukin organikoak. B) 1 esperimentuan erabilitako baldintzetan neurturiko esekiduraren, sasigorotzen eta materia ingerituaren klorofila-edukinak.	155
7.5. Irudia. Klorofilarako eta materia organiko osorako kalkulaturiko Benefit ratioak, esekiduraren edukin organikoaren arabera.	157
7.6. Irudia. Zurgapen-etekin garbia, materia ingerituaren edukin organikoaren funtzio modura.	158
7.7. Irudia. A) Sedimentu naturalez eta <i>Tetraselmis suecica</i> algaren zelulez osatutako janeurriekin elikaturiko animalietan behatutako materia partikulatu osoaren prozesatze-tasak. B) Materia partikulatu organikoaren prozesatze-tasak.	160
7.8. Irudia. A) Osagai fitoplanktonikoari dagozkion prozesatze-tasak.	161
7.9. Irudia. 2 esperimentuko janeurrien osagai desberdinen aldaratze-portzentaiak: klorofilari, materia organikoari, materia ez-organikoari eta materia osoari dagozkionak adierazi dira.	163
7.10. Irudia. A) Klorofilarako eta materia organiko osorako neurtutako hautespen-etekinak, edukin organikoaren funtzio modura. B) Sedimentuko materia organiko detritikoaren	

hautespen-etekinak, erabilitako lau baldintzetarako eta erkatutako muskuilu- populazioa bietarako.....	164
7.11. Irudia. A) 2 esperimentuan erabilitako baldintzetan neurturiko esekiduraren, sasigorotzen eta materia ingerituaren edukin organikoak. B) 2 esperimentuan erabilitako baldintzetan neurturiko esekiduraren, sasigorotzen eta materia ingerituaren klorofila-edukinak.	165
7.12 Irudia. Klorofilarako eta materia organiko osorako kalkulaturiko Benefit ratioak, esekiduraren edukin organikoaren arabera.	166
7.13. Irudia. Zurgapen-etekin garbia, materia ingerituaren edukin organikoaren funtzio modura.	167

1

Sarrera.

Elikatze-modu suspentsiborua oso hedatua dago uretan bizi diren organismoen artean, molusku bibalbio gehienak kasu. Bibalbioena, garrantzi ekologiko handiko talde zoologikoa da. Zenbait kasutan komunitate bentoniko nagusiak osa ditzakete, eta beraz, eragin sakona izan dezakete bere ingurune hurbilenean. Eragin hori, lehen maila batean, ur-masan sortarazten duten partikula-kontzentrazioaren jaitsieraren bidez gertatzen da (ikus Smaal & Prins-en 1993ko berrikuspena), eta zehatzago, fitoplanktonaren gertutasunaren jaitsiera dela medio (Cadée & Hegeman, 1974; Cloern, 1982; Carlson *et al.*, 1984; Nichols, 1985; Smaal *et al.*, 1986; Hily, 1991). Iragazte-ihardueraren bidez, gainera, elikagai mineralen berziklapen-maila altua eragiten dute (Dame *et al.*, 1980; Kautsky, 1981; Jordan & Valiela, 1982) eta, biodeposizio-prozesuen bidez, ur-zutabetik hondoranzko materia partikulatuaren transferentzia azkartzen dute (Verwey, 1942; Haven & Morales-Alamo, 1972). Hori guztia dela eta, bibalbioek dentsitate altuetan bizi direneko kosta- eta itsasadar-sistemetako akoplamendu bentoniko-pelagikoan eragin handia dutela ondoriozta daiteke.

Esandako guztia dela kausa, azken urteetan, ikerketa ekofisiologikoak eta janariaren prozesamenduan eragina duten faktoreen azterketak ugartu egin dira. Faktore horien artean, esekidurako materia partikulatuaren ezaugarriek aipamen berezia jaso dute, zeren eta, dirudienez, elikadura-faktoreak baitira bibalbioen populazioetan zeharreko energia-fluxuak nagusiki mugatzen dituztenak eta bai bibalbioak osatzen dituzten komunitateetan zeharrekoak ere. Ikerketa ekofisiologikoekin batera, animalia hauen elikadura-jokaeraren ereduarekiko hurbilketa anitz izan dira. Erabilitako metodologiak desberdinak izan dira oso, baina horien artean hurrengo hauek goraipatuko ditugu: a) Datu esperimentalak prozedura estatistikoen bidez ekuazio matematikoei doitzea (Ross & Nisbet, 1990; Raillard *et al.*, 1993; 1994; Navarro *et al.*, 1997; Barillé *et al.*, 1997). b) Elikatze-modu suspentsiboroaren oinarri diren prozesu fisiko-kimikoen analisi eta eredu matematikoak (Shimeta & Jumars, 1991). c) Janaria lortzeko prozesuak eta ondorengo prozesatzea gobernatzen duten ustezko edo egiaztaturiko arauetan oinarritutako eredu analitikoak eraikitzea, eta horietatik optimizazio-oinarriekin bat datorren irabazi energetiko maximoan azalduko duen elikadura-jokaeraren eratortzea (Willows, 1992).

Ereduen auresateko ahalmena baldintza naturaletarako estrapolatu nahi denean ordea, laborategi-baldintza kontrolatuen pean lorturiko emaitzetan oinarrituriko ereduen erabilpen zuzenak eragozpen larriak izan ditzake. Doering & Oviatt-en arabera (1986), bibalbioen populazio naturalen elikadura-jokaerarako ereduen erabilpenak, ingurune naturalaren antzeko baldintzetan lorturiko ereduetan bakarrik du emaitza onargarriak.

Baldintza naturaletan, elikadura-baldintzen etengabeko aldaketak jasan behar dituzte bibalbioek, eta areago, aldaketa horiek ezin aurrean daitezke askotan. Esekidurako materiaren konposaketa, kantitatea eta kalitatea, denboran zein espazioan zehar aldatzen dira. Aldagarritasun-maila altua jasaten duten mota horretako zonaldeetan bizi diren bibalbioek, hala ere, hazkunde-tasa altuak agertzen dituzte kasu askotan; horrela, komunitate bentonikoen barruan talde nagusiak osatzera heltzea, baliabide trofikoaren aldagarritasunari aurre egiteko janariaren prozesatze-tasen doiketarako ahalmen handia dutelako adierazletzat har daiteke (Bayne, 1993).

Ikerketa honetan, hain zuzen ere, *Cerastoderma edule* (L.) eta *Mytilus edulis* (L.) bibalbio-espezieen epe laburreko erantzun-gaitasuna aztertuko dugu, janeuriaren ezaugarrien aldaketen aurrean eta partikula-kontzentrazioa sasigorotzen ekoizpena eragiten dueneko atari-mailatik gorakoa deneko baldintzetan. Hautespen preingestiborako prozesuak aztertu duten lanetan (Navarro *et al.*, 1992; Iglesias *et al.*, 1992; Bayne *et al.*, 1993; Hawkins *et al.*, 1996), salbuespen gutxi izan ezik, ez dira prozesu horien ondorio energetikoak kontutan hartu. Mota honetako lanak behar-beharrezkoak ditugu ordea, elikadura-jokaeraren ereduen gauzaketarako, zeren eta animaliek, bere ohiko ingurunean jasaten dituzten baldintzetan, sasigorotzen ekoizpenarekin erlazionatuta dauden hautespen preingestiborako prozesuen iharduera ezinbestekoa gerta baitaiteke. Onarpen hauek garrantzi berezia dute bibalbio infaunalen kasuan; berez, sedimentu / ur interfasetik elikatzen direlarik, erresuspensio-fenomenoek eragindako partikula-kontzentrazioaren izugarritzko aldaketak jasan behar diituzte bere ingurune trofiko hurbilenean.

Aurreko guztia kontutan izanik, ikerlan honen helburu nagusia, *Cerastoderma edule* bibalbio infaunalaren elikadura-jokaera elikadura-baldintzen tarte zabal batean eta prozesu preingestiboak arreta bereziz ikertuz aztertzea izan da. Ildo beretik, zenbait substratu trofiko desberdinen erabilpen diferentziala aztertu da, eta horretarako, iragazketa-aparatuak lor ditzakeen materia partikulatu organikoaren iturri desberdinak bereizi dira. Zehatzago esateko, landare-jatorriko materia organiko bizia den fitoplanktona eta materia bizigabe detritikoa bereizi ditugu. Jokaera preingestiboan behatutako aldaketen ondorioak, unitate energetikoetan neurtu ziren eta beraz, aldaketen moldapen-balioa finkatu ahal izateko, liseri-hodian gertatzen den janariaren prozesamendua ere miatu da, maila horretan neur baitaiteke azken finean janeurriko osagai bakoitzari ateratzen zaion etekina. Prozesu preingestiboen eta liseri-prozesuak batera aztertzeak, brankia- eta palpo-mailan behatutako jokaerek elikadura-baliabideen erabilpenaren optimizazioan duten eraginaren balorazioa ahalbidetzen digu. Prozesu hauen ikerketa azalezkoagoa aurkeztzen duen kapitulu bat sartu da: *Mytilus edulis* muskuiluan, margoetan aurkitutako jokaerak, antzeko ezaugarri asko izanik nitxo

desberdinetan bizi diren espezieetan ere gertatzen ote diren finkatu nahi izan da; *Mytilus edulis* itsasadarretako hondo bigunetan ager badaiteke ere, bere ohiko substratua, marearteko haitzetan du gure kostaldean, animalia epifaunala baita. Orintsu argitaratutako bioenergetikaren eta bibalbioen akuikulturaren arteko erlazioaren berrikuspenean Grant-ek (1996) azaldu duenez, esparru honetako erronka nagusietariko bat da espeziez espezie aldatzen ez diren eta beraz, unibertsaltzat har daitezkeen erlazio fisiologikoen finkapena.

1.1. Janari-iturriak

Bibalbioen elikatze-modua dela eta, bere jaki-iturriak, teorikoki behintzat, esekidurako materia organiko partikulatuaren mota guztiak lirateke. Ondoren aurkeztuko diren fenomenoek, horietako batzuk aldi berean gerta daitezkeelarik, zail egiten dute bibalbioen iragazketarako aparatuak eskuragarri duen janaria zehatz ezagutzea.

1) Organismo suspentsiboroak elikatzen direneko ur-zutabeko materia partikulatuaren ezaugarriek aldagakortasun-maila altua erakusten dute. Aldaketak denboran zein espazioan zehar gertatzen dira, habitat bakoitzaren ezaugarri hidrodinamiko eta biologikoen arabera. Horrela, Bayne-k (1993) esekidurako materiaren gertutasunean eragina duten hiru denbora-aldagarritasun desberdin bereizi ditu: a) Epe motzeko aldaketak, mareek eta *patchiness* izeneko fenomenoek eragindakoak: esekidurako materiaren banapen mikroespazialaren aldarazpenari dagozkie. Mota honetako aldaketak maiz gertatzen dira itsasadarretan eta kostaldeetan, non ohikoak baitira sedimentuen berreskidura- eta jailkitze-fenomenoak; aldaketa horiek, mareen mugimenduek eta ur-zutabeen zeharreko bloom fitoplanktonikoen banapen ez-homogeneoek eragiten dituzte; bibalbioen populazioen iharduerak berak ere, aldaketak eragin ditzake, janariaren kontzentrazioan sortzen duen beherapen nabarien bidez. Epe laburrean behatutako aldaketak garrantzizkoak izan daitezke, eta zenbait kasutan neurtu diren aldaketak, sasoi-aldaketei dagozkien batezbesteko balioen arteko aldagarritasuna baino altuagoak gertatu dira. Aldaketa hauek, gainera, materia partikulatuaren konposaketan desberdintasunak agertzea eragiten dute, eta beraz, janari-iturri modura dituen kalitateak muga ditzake (edukin organikoa, a klorofilaren kontzentrazioa, etabar...). b) Bloom fitoplanktonikoen hasierak edo amaierak, edo marea-ziklo hil / bizien txandaketak eragindako aldaketak bezalako noizbehinkako prozesuei loturiko aldagarritasuna; hauek guztiak egunetako edo aste gutxi batzuetako iraupena dute. c) Sasoi-aldaketei loturiko aldaketak, hau da, latitude epeletako itsasoetan gertatzen diren urteko sasoiaren segidarekin batera partikula-kontzentrazioan eta edukin organikoan gertatzen diren alkatetak.

Bibalbio suspentsiboroen kasuan, beste zailtasun bat dugu: espezie hauek sedimentu / ur interfaseko materia erabiltzen dute jaki modura; zonalde horretan olatuek eta haizeak eragindako sedimentuko materiaren berreskidurak era aldakorrean eta auresanezinean aldarazten dute animalien ingurune hurbileneko sestonaren konposaketa (Miller & Sternberg, 1988).

2) Esekidurako materia partikulatuaren izaera eta ezaugarriak zehaztasun handiz ezagutzeak, bestalde, ez dakar halabeharrez bibalbioen janeurrian osagai bakoitzak izan dezakeen garrantziaren ezagumendua, hurrengo arrazoi hauengatik: a) Gerta liteke animaliak esekidurako partikula guztiak etekin berdinez ez atxikitzea, eta b) materia partikulatu osoa % 100 etekinez atxikiko balitz ere, iragazitako materiak tratamendu diferentziala jasan lezake brankietan eta palpoetan, materia organikoaren zenbait osagai lehentasunez aldaratuz edo ingerituz; materia iragaziarekin erkatuz, ingeritua gertatzen denaren konposaketa aldatua gerta daiteke, beraz.

3) Azkenik, janariaren osagai bakoitzaren ingestio-tasa ezagutzea lortuko balitz ere, osagai horiek animalien eskakizun energetikoen zein proportzio betetzen duten jakiteko, ezinbestekoa da mota bakoitzeko osagaiak liseri-mailan erabiltzen direneko etekinak neurtzea, zurgapenean finkatzen baita kontsumitzaileak ingeritzen duen materiaren barruan erabil dezakeen proportzioa.

Esandako guztiaren arabera, argi dago bibalbio iragazleen janari-iturriak zehazki finkatzeak dituen arazoak, infaunalak diren espezieen kasuan bereziki.

Urte askotan zehar, bibalbio itsastarren jaki-iturri bakarra edo nagusia behintzat, jatorri fitoplanktonikoko materia organikoa zela uste izan da. Hala ere, bibalbioak dentsitate altuetan agertzen direneko zenbait aldetan burututako ikerketek frogatu dutenez, ekoizpen fitoplanktonikoa ez da nahikoa behatutako hazkunde-tasak mantentzeko (Pérez & González, 1984). Eraitza hauek suspertu egin dute, bibalbioen elikaduran materia partikulatu organikoaren beste iturri batzuek izan dezaketen garrantziaren azterketaren interesa.

Janari-iturri izan daitezkeen gainerako osagaien artean, marearteko itsasadarretako sedimentuak estaltzen sarritan agertzen den materia mikrofytobentonikoa aipa daiteke. Materia hau, batez ere diatomeoez osatua dagoelarik (Grant *et al.*, 1990; De Jonge & Van Beusekom, 1992), berresekia gerta daiteke korrontearen abiadura ertainetan eta baxuetan ere (Jonge & Bergs, 1987; Wainwright, 1990), eta ur-zutabearen parte izatera heltzen da. Honekin batera, tesi honetako esperimendu gehienetan erabilitako animaliak bildu direneko itsasadarraren beheko aldean, haizeak eragindako sedimentuaren berresekidurak, ur-zutabeko a klorofilaren kontzentrazioaren alde garrantzitsu bat azal dezakeela frogatu da. Ria de Arousa delakoan burututako ikerketen arabera (Varela, 1984), mikroflora bentonikoak, marearteko aldeetan ur-zutabeko ekoizpen osoaren % 60a osa dezake. Holandako Ems itsasadarrean, gutxi gora-behera ur-zutabeko a klorofilaren %30a dagokio mikrofytobentosaren berresekidurari. Zenbait itsasadar azaletan, ekoizpen primario fitobentonikoa, fitoplanktonikoaren 1 - 13 aldiz altuagoa izan daiteke (Cadée & Hegeman, 1974; Matheke & Horner, 1974; Joint, 1978; Varela-k aipatuak 1984; Varela & Penas, 1985). Newell *et al.*-ek (1989), Maine-ko *Mytilus edulis* muskuiluen aleen liseri-hodiko edukinak aztertuz, identifikatutako alga-espezieen 2/3 jatorri bentonikokoak zirela aurkitu dute.

Zenbait itsasadarretako sestonaren konposizioari begiratuz, *Spartina alterniflora* edo *Juncus roemerianus* itsasadarretako landare baskularren hondarrak ere, janari-iturri izan litezkeela pentsa daiteke (Lucas & Newell, 1984). Mota honetako materia detritikoaren ezaugarrietako bat, errefraktarioak diren osagaien edukin altua da. Hala ere, zenbait bibalbiok *Spartina alternifloratik* eratorritako hondar lignozelulosikoak etekin aldakorrez erabil ditzaketela frogatu da. Horrela, *Crassostrea virginica* ostrak, karbono detritikoa % 1.3 (Newell & Langdon, 1986) eta % 3 (Crosby *et al.*, 1989) balioen tarteko etekinez zurga dezakeen artean, *Geukensia demissa* muskuiluak, materia-mota berdinerako % 14ko etekina aurkez dezake (Kreeger *et al.*, 1988).

Landareetatik eratorritako hondarrak kontutan hartzean, ezin ahaz daitezke makrofito seneszentetatik eratorriak direnak, itsasadar azaletako hondoetan benetako belardiak osa baitituzkete mota horretako landareek. Alga makrofitoen hondakinak, landare baskularren detritusekin erkatuz, materia errefraktarioaren edukin baxuagoa izaten dute, bibalbioen liseri-hodietan mota honetako materiari etekin altuagoa ateratzea erraztuz. Badaude makroalgetatik eratorritako hondakinak janari-modura erabili dituzten zenbait ikerketa; bertan frogatu denez, mota honetako osagaiak, materia fitoplanktonikoari dagozkionak baino etekin altuagoz erabil daitezke (Stuart *et al.*, 1982), batez ere materia hori aldeztu aurretik zaharkitua izan denean (Stuart, 1982; Cranford & Grant, 1990).

Sestonaren beste ohiko osagai bat, bakterioena da. Oro har, elikadura-osagai garrantzitsua ez direla onartzen bada ere - Stuart & Klump-ek (1984) eta Matthews *et al.*-ek (1989) zenbait bibalbioen kasuan bakterioek karbono-eskakizunen % 1 - % 4 basterik betetzen ez dutela aurkitu zuten-, zenbait baldintza bereziren menpean *Choromytilus meridionalis* (Seiderer *et al.*, 1984) muskuiluaren nitrogeno-eskakizun osoa bete dezakete. Bakterio askeak jaki modura erabiltzeko aukerak, horren tamaina txikiko partikulen atxikimendurako moldapenak eskatzen ditu brankia-mailan; zenbait bibalbio-espezieetan, frogatua da 1 μ m baino tamaina txikiagoko partikulak atxikitze eta ingeritzeko gaitasuna (Birkbeck & McHenry, 1982; McHenry & Birkbeck, 1985; Langdon & Newell, 1990), atxikipen-etekina gutxi gora-behera % 50ekoa izanik (Møhlenberg & Riisgard, 1978).

Bakterioek, bestalde, detritikotzat hartzen den materiaren zati garrantzitsua osa dezakete, eta ondorioz, proportzio hori ez da janari-iturri modura kontutan hartzen, Newell-ek (1963) *Macoma balthica*ren kasuan argi utzi zuenez. Bibalbio hau, ur-zutabeko partikulez elika badaiteke ere, orokorki sedimentiboro modura jokutzen du; hala ere, Newell-ek (1963) aipatutako zenbait animaliak eratorri organikoak edo flora mikrobiano laguntzailea erabiltzeko duten gaitasuna, aintzat hartzekoa da era berean bibalbioen artean ohikoagoa den iragazketa-era suspentsiboroa kontutan hartzean.

Janari-iturri izan daitezkeen osagai hauek guztiak agertzen dira, proportzio altuago edo baxuagoan, itsasadarreko hondoko sedimentuaren materia organikoa osatuz. Horrela, mareen edo olatuen eraginez, materia sedimentarioa berreskitzen denean, izaera desberdineko materia esekitzen da ur-zutabeen: mikroflora bentonikoa, detritusak (Grant *et al.*, 1986; 1987; Wainwright, 1990) eta partikula ez-organikoak; horiek guztiak, alde

horietan bizi diren bibalbioen berezko janeurriaren zati bat osa dezakete. Sedimentuak bibalbioen hazkundean izan dezakeen eragin onuragarriari buruz nahiko lan dago (Winter, 1976; Griffiths, 1980; Kjørboe *et al.*, 1980; 1981; Møhlenberg & Kjørboe, 1981; Grant *et al.*, 1990). Sedimentuaren eragin onuragarri hau, dirudienez, osagai horren agerpenak fitoplanktonaren zurgapen-tasa igotzean datza; aklaramendu-tasaren emendioaren bidez, edo/eta zurgapen-etekinaren emendioaren bitartez gertatzen da. Berriagoak diren ikerketek frogatu dutenez, bere edukin organikoa oso baxua da baina sedimentu naturalaren dentsitate altuko partikulen zati organikoa bera ere, etekin altuz zurga daiteke (Bayne *et al.*, 1987). Horrela, azaleko jalkinetan azaltzen diren alga-zelula biziek, eragin sakona izan dezakete suspentsiboro infaunalen prozesu energetikoetan (Grant *et al.*, 1990). Adibide modura, hurrengo aipa daiteke: *Ruditapes decussatus*en hazkunde-tasak, korrelazio hobea agertzen du sedimentuko klorofila-kontzentrazioarekin, eta mikrofitobentosaren ekoizpen primarioarekin, ur-zutabeko a klorofilaren gertutasunarekin edo ekoizpen primario fitoplanktonikoarekin baino (Bodoy & Plante-Cluny, 1984).

1.2. Janariaren lorpena

1.2.1. Anatomia funtzionala

Molusku bibalbioen iragazketa-aparatua, brankiez eta palpoez osatuta dago neurri handi batean. Espezetan zehar, organo hauen arteko desberdintasun morfofuntzionalak badaude ere, bibalbio iragazle gehienetarako baliagarri diren ezaugarri anatomiko orokor batzuk finka daitezke: brankiak, lau demibrankia parez osaturik daude, eta demibrankia bakoitzak goranzko eta beheranzko lamelak ditu osagai modura. Lamelak, bestalde, espezieen arabera motan eta kopuruan aldagarriak diren firuz osaturik daude; firuek, hiru alde ziliatu agertzen dituzte, hurrenez hurren zilio frontalak, lateralak.

Aurreko mendeko amaieratik honantz zenbait bibalbio-espezieren brankien eta palpoen prestaketen bidez burututako ikerketen emaitzek, iragazketa-prozesua azaltzeko mekanismo mukoziliarraren proposamena eragin zuten (Kellogg, 1915; Dral, 1967; Foster-Smith, 1975a). Hipotesi honen arabera, zilio lateralen iharduerak, brankietan eta gunee palealean zeharreko ur-fluxua eragiten du. Kanale interfilamentarren sarreran kokaturiko kirru laterofrontalek sare modura jokatzen dute, uretan dauden partikulak atxikiz, eta firuen alde frontalerantz bidaliz. Hor, firuetan ugari diren guruin-zelulek ekoiztutako mukiari itsasten zaizkio partikulak, eta mukian murgildurik, marjina dortsala edo bentralerantz garraiatzen dira; bertatik, ahorantz abiatzen dira. Ziliatuak diren traktu dortsaleetatik garraiatutako materia, zuzenean bideratzen da ahorantz, marjina bentraletan garraiatutakoa ezpain-palpoetarantz bideratzen den artean; azken hauen barne-azaleran, non traktu ziliatuak baitaude, garraiatutako materialak hautespen -prozesuak jasaten ditu, eta beraz, materia aldaratuko den ala ingestiorako onartuko den erabakitzen da bertan.

Jorgensen-en (1990) arabera, bibalbioen iragazketa-prozesuari dagozkion Reynolds zenbaki baxuei loturik dauden murrizketa fisikoak kontutan hartu gabe proposatu zen mekanismo mukoziliarra, eta beraz, ikertzaile honek ez-zuzentzat jo zuen hipotesi hori. Mekanismo mukoziliarren ordeztu, partikulak lortzeko mekanismo hidrodinamikoa proposatu zuen; horren arabera, gune palealean sartzen diren partikulen gain eragiten duten indar inertzialak ez dira kontutan hartzen. Jorgensen-en (1990) aburuz, indar horiek arbuigarriak izango lirateke nahiko tamaina handika duten partikulen kasuan ere, eta beraz, ezinezkotzat hartu du iragazketa-mekanismoa partikulen eta zilio laterofrontalen arteko kontaktu fisikoan oinarritzea. Aukera modura, hurrengo proposatu zuen: firuetako zilio-alde desberdinetan eragindako korronteen ondorioz, alde horietan hiru dimentsioko korronte konplexuak gertatzen dira; korronte inhalantean zehar heltzen diren partikulak, zilio frontalek eragiten dituzten azaleko korronteetara bidaliko lirateke, alde horietan jasango lituzketen indar biskosoen ihardueraren ondorioz. Korronte horien bidez, partikulak ahoz bideratuko lirateke, beti ere esekiduran, prozesu horretan mukiak inolako funtziorik beteko ez bailuke. Ikertzaile beraren iritziz, mukiak modu tangenzialean baino ez luke jokatuko iragazketa-prozesuan, iragazitako materialaren kantitateak ingeri daitekeena gaintitzen duenean eta brankietan atxikitako materiaren zati bat sasigorotz modura kanporatu behar denean bakarrik jokatuko lukeelarik (Jorgensen, 1990). Horrela, ingeritutako materia esekiduran sartuko litzateke esofagoan. Horixe frogatu zuten Kiørboe & Møhlenberg-ek (1981) *Phaeodactylum tricornutum* algaz elikatu zituzten muskuiluen esofagoaren edukinak aztertzerakoan, bai sasigorotzen ekoizpena gertatzen zeneko baldintzetan zein mota horretako biodepositoak eratzeke atari-maila gaintitzen ez zenean.

Emaitza hauek, aldeztu aurretik zenbait ikertzailek egindako behaketen aurka doaz, bai brankien prestaketak erabiliz lortu zirenen aurka, zein animalien maskorrean "leho" bat ireki ondoren elikadura-jokaera normala agertzen zuten aleetan partikulek brankietan jasotako tratamendua behatu zutenen aurka (MacGinitie, 1941; Bernard, 1974; Foster-Smith 1975a; 1978). Ikertzaile horiek ondorioztatu zutenaren arabera, brankiaren azalera estaltzen duen geruza modura edo zenbait firutan zehar heda daitekeen kordoi modura ager daitekeen mukiak, iragazketa-prozesuan zeregin garrantzitsua du, berari atxikitako partikulen garraibide modura. Iragazketa-aparatuaren azterketan, teknika histologiko eta histokimikoen ekarpen berriek, iragazketa- eta ingestio-prozesuetan mukiak parte hartzen duela baieztatu dute (Beninger *et al.*, 1991; Beninger & LePennec, 1993).

Aipatutako bi mekanismoen alde aurkitutako gertaerak, isolaturiko organoen zatien prestaketetan edo prozedura traumatikoak jasan dituzten aleetan behatutako fenomenoetan oinarrituta daude, eta beraz, ardura handiz miatu behar dira. Azken hamarkada honen hasieratik honantz, bestalde, zuntz optikoa eta irudi-analisian oinarrituriko teknika boteretsua garatu da, eta horren bidez ukitu gabeko aleen egitura iragazleak *in vivo* behatzeko aukera dago (Ward *et al.*, 1991; 1993; 1994; Beninger *et al.*, 1992). Teknika hori dela medio, mekanismo mukoziliarren eta hidrodinamikoaren aldekoen arteko eztabaida argitzea lortu da, zeren eta behaketa endoskopikoetan frogatu denez, bi mekanismoek aldi berean baitihardute bibalbio suspentsiboroen organo palealetan.

Endoskopiaren bidez eta erasotzaileagoak diren beste teknika batzuen erabileraren bidez lorturiko emaitzen integrazioak, animalia suspentsiboroetako elikadura-prozesuaren biodinamikaren eredu holistiko baten proposamena ahalbidetu du (Ward, 1996). Proposamen berri honen arabera, bibalbioen ktenidioek, partikulen harrapaketa zenbait modu desberdinen bidez gauza dezakete. Harrapaketa-mekaniskoa, komuna da espezie desberdinetarako, eta erabat onartuak diren fluidoaren dinamikaren oinarrien arabera azal daiteke (Shimeta & Jumars, 1991). Partikulak firu arruntan ekintza-eremuan sartzen direnean, harrapatuak gertatzen dira zuzeneko geldierazte baten bidez. Alderdi berri modura, Ward-ek (1996) firua bera proposatu du harrapatze-unitate gisan, teoria klasikoak proposatu zituen zilio laterofrontalen edo kirruen ordeztu. Partikulen eta firuen arteko zuzeneko ukipena erraztua dago partikulak ktenidioetarantz hurbiltzen direneko angelu txikiari esker. Partikulen harrapaketarako mekanismo hidrodinamikoak ere parte har dezake ordea, brankietako marjina dortsalean eta brankia heterohabdikoak dituzten bibalbioen pliketako barrunbeetan.

Harrapatuak gertatu ondoren, partikulen garraioa ere, mekanismo mukoziliarrean eta hidrodinamikoan oinarrituta gertatzen dela dirudi. Oro har, garraio mukoziliarrak, korrante bortitzak jasan ditzaketen azaleretan dihardu batez ere (firu ordinarioen azalera frontala, marjina bentrala), zeren eta partikulak matrize mukitsu batean murgiltzeak ponpaketa-iharduerak eta kuskuen mugimendu aduktore azkarrek eragindako korranteetan berreskitzea ekidin baitezake. Garraio hidrodinamikoak aldiz, elikadura-korranteen eragina hainbeste jasaten ez duten azaleretan dihardu (firu nagusiak eta marjina dorsalak). Partikulak, firuen bidez marjinetara garraiatuak, ezpain-palpoetara heltzen dira. Marjina bentraletan kontzentratutako partikulen kasuan, palpoetarako transferentzia kordio mukitsuen bidez gertatzen da, eta marjina bentralik ez duten espezieen kasuan partikulen multzo mukitsuen bidez. Marjina dortsalean zehar garraiatutako partikulak ere, palpoetarantz bideratzen dira, horien zati txiki bat zuzenean aurrerantz zuzentzea gerta badaiteke ere. Azkenean, ingestiorako hautatzen diren partikulak, aho-alderantz bideratzen dira, eta aldaratutako materia berriz palpoetako alde bentralerantz, mantuko aldaratze-traktuetatik hurbil. Hor, aldaratutako materia, bola edo kordio mukitsuetan murgiltzen da, eta mantura garraiatu ondoren sasigorotz modura kanporatzen da. Ezpain-palpoek betebeharrak garrantzitsua dute elikatzeko-prozesuan; ktenidioetan gertatzen denaren antzera, bi mekanismoek jokatzeko dute palpoetan gertatzen den garraioan ere. Hala eta guztiz, azken hauek partikulak garraiatzen direneko moduan aldaketa-gaitasun altua agertu dute; horrela, muki-kordioak azkar barreia daitezke eta banakako partikulen esekidura bihurtu; modu berean, alderantzizko prozesua ere gerta daiteke.

Orain arte aurkeztutako informazioa, harrapatze-mekanismoari eta garraioari buruzkoa da eta horrekin batera bibalbioen morfologia funtzionala delakoa berrikusi dugula esan daiteke. Elikadura-prozesuei erlazio energetikoen ikuspuntutik eusteko, ordea, ezinbestekoa zaigu prozesu horiek guztiak kuantifikatzea.

1.2.2. Iragazketa

1.2.2.1. Aklaramendu-tasa

Parametro hau, animalia suspentsiboroen elikatze-ihardueraren adierazlea dugu, eta animaliak denbora unitateko ponpatzen duen eta brankiak zeharkatzerakoan partikularik gabe gelditzen den ur-bolumen modura definitzen da. Ponpatze-tasa, bestalde, denbora unitateko gune paleala zeharkatzen duen ur-bolumena da. Garrantzitsua da, aklaramendu-tasaren eta ponpatze-tasaren arteko desberdintasuna zehazki finkatzea. Izan ere, partikula-mota guztiak ez dira beti etekin berdinez atxikitzen eta beraz, ponpatzen den ur-kantitate osoa ez da partikularik gabe gelditzen; aklaramendu-tasa, partikularik gabe gelditzen den bolumenari dagokio. Horrela, partikula-mota ezagun bat etekin baxuz atxikitzen bada, ponpaturiko ur-bolumena, partikularik gabe geldituriko uraren bolumena baino handiagoa izango da. Beraz, atxikipen-etekina % 100 denean bakarrik izango dira berdinak bi tasak.

1.2.2.2. Atxikipen-etekina

Bibalbioen brankiak zeharkatzerakoan, esekidurako partikulak atxikitzen direneko etekina, partikulen tamainaren eta formaren arabera izango da batez ere. Hortaz, indize hori partikulen diametroaren arabera definitzen da.

Bi prozedura daude atxikipen-etekina neurtzeko: Metodo zuzenek ponpatze-tasa eta benetako atxikipen-etekinaren kalkulua eskatzen dituzte (Hildreth, 1980; Hildreth & Mallet, 1980; Wilson, 1983), baina animalien jokaera anormala eragitea leporatu zaie. Bayne *et al.*-ek (1976) berrikusi dituzten zeharkako prozedurak, uretako partikulen desagerpen-tasaren neurketan oinarrituta daude, eta beraz, atxikipen-etekin erlatiboak kalkula daitezke, prozedura horiek beti baitute erreferentzia gisara neurturikoen artean atxikipen-etekin altuena, maximotzat jo izan dena.

Zenbait bibalbio-espezietan atxikipen-etekinaren neurketak burutu zituzten Winter-ek (1978) eta Møhlenberg & Riisgard-ek (1978) frogatu zuten, atxikipen-etekinaren eta partikulen tamainaren arteko erlazioa ez da lineala izaten, esponentzial asintotikoa baizik. Ondoren egin diren lanek, atxikipen-etekina elikadura-baldintzen arabera alda daitekeela azaldu dute; izan ere, partikula-kontzentrazio altuek eragin negatiboa izan dezakete atxikipen-etekinean (Palmer & Williams, 1980; Wilson, 1983; Barillé *et al.*, 1993). Esekidurako partikulen kalitateak atxikipen-etekinean eraginik izan ote lezakeen finkatzen saiatu ziren Barillé *et al.* (1993), *Crassostrea gigas* ostraren kasurako, baina emaitza negatiboa izan zuten, etekina esekidurako partikula-kontzentrazioaren arabera soilik aldatu baitzen.

C.eduleren kasu honetan, Vahl-en (1973) eta Møhlenberg & Riisgard-en (1978) lanak ditugu erreferentzia gisara. Lehenengoak etekin maximoa 7 µm baino tamaina handiagoko

partikuletarako lortzen zela aurkitu bazuen ere, 2 µm-ko partikulak % 50eko etekinez atxikitzen zirela behatu zuen.

1.2.2.3. Iragazte-tasa

Ikerketa askotan, iragazte-tasa (Fr) eta aklaramendu-tasa (Cr), baliokidetzat hartu dira. Gure iritzia arabera, aldiz, ezinbestekoa da brankian zehar igarotzen den ur-fluxua, eta organo horrek atxikitutako materia-kantitatea terminologikoki bereiztea. Beste era batera esanik, iragazten denari dagokionez, edukia eta edulea bereizi behar dira. Ikerketa honetan, Widdows *et al.*-en (1979) arabera, iragazte-tasa terminoa, edukia, izendatzeko, hau da, denbora unitateko brankiak atxikituriko materia partikulatuaren kantitatea izendatzeko erabiliko dugu.

1.3. Ingestioaren aurreko janariaren tratamendua

1.3.1. Sasigorotzen ekoizpena

Bibalbioek, liseri-hodian sartzen den materia-kantitatea eraentzeko nolabaiteko gaitasuna aurkezten dute. Ingestio-tasa horren kontrola, materia partikulatuaren kontzentrazioaren aldaketen aurrean gertaturiko aklaramendu-tasaren doiketen bidez lor daiteke, baina emaitza berdinerara hel daiteke sasigorotzen ekoizpenari eutsiz. Sasigorotzak, gorotzekin batera biodeposizioa osatzen dutelarik (Haven & Morales-Alamo, 1966, Tenore & Dunstan, 1973a; 1973b), brankian atxiki eta ondoren ezpain-palpoetako prozesamenduaren ondoren aldaratutako materialaz osaturik daude; animaliak ingeritzen ez duen materialaz osaturik daude, beraz.

Dirudienek, sasigorotzak esekidurako materia partikulatuaren kontzentrazioak atari-maila bat gainditzen duenean bakarrik ekoizten dira. Hala ere, sasigorotzen ekoizpen-ataria aldatu egiten da espezieen arabera (Foster-Smith, 1975b), animalien tamainaren arabera (Widdows *et al.*, 1979; Bayne & Worrall, 1980), eta esekiduran eskuragarri dauden partikula-motaren arabera (Chiba & Oshima, 1957; Foster-Smith, 1975b).

1.3.2. Hautespen preingestiboa

Sasigorotzen ekoizpenaren emaitza zuzena, ingestio-tasaren murrizpena da; denbora-unitateko ingeritzen den materia-kantitatearen eraiketak, abantaila nabariak ditu, bestalde (Navarro *et al.*, 1994). Baldintza desberdin askoren pean ordea, materia iragaziaren zati bat aldaratzea, materia iragaziarekin erkatuz ingerituko den materiaren kalitatea hobetzeko etekin altuko mekanismoa izan daiteke. Horretarako, beharrezkoa da hautespen preingestiborako mekanismoek ihardutea, haien bitartez gertatzen baita elikadura-baliorik

gabeko materia ez-organikoa lehentasunez aldaratua izatea. Partikula-mota desberdinen arteko bereizketaren erantzule diren mekanismoak oraindik neurri handi batean ezezagunak bazaizkigu ere, hautespenerako gaitasuna, bibalbio-espezieen talde zabal batean frogatu da (Kjørboe & Møhlenberg, 1981; Newell & Jordan 1983; Iglesias *et al.*, 1992; Bayne *et al.*, 1993; MacDonald & Ward 1994).

Hautespen-prozesuek diharduteneko aldea ezpain-palpoetan kokatu da (Newell & Jordan, 1983; Shumway *et al.*, 1985; Urban & Kirchman, 1992), baina brankia bera ere, dirudienez, izaera desberdinetako partikulen bereizketarako aldea izan liteke. Horrela, Ward-ek behatu duenez (1996), zenbait espezieetan firu arrunt bakar batean, alderantzizko zentzuko partikulen mugimenduak daude eta zenbait partikula, traktu batzuetatik beste batzuetara igaro ondoren, bere norabidetik desbideratuak gerta daitezke; ikertzaile honen iritziz, beraz, maila ktenidialean ere materia partikulatuaren hautespena gertatzen dela pentsa liteke. Ostrek, brankia bide dute hautespenerako organo nagusia eta ezpain-palpoen funtsezko zeregina, bestetik, ingerituriko materiaren bolumena kontrolatzea da (Ward, 1996).

Bibalbioek edukin energetiko altuagoko partikulak ingeritzeko duten gaitasuna azaltzeko zenbait hipotesi erabili dira. Horiatariko batek, brankiek zein palpoek dentsitate desberdinetako partikulak bereizteko gaitasuna izan lezaketela esan zuen. Bernard-ek (1974), gune palealean jailkitzen zirelarik, partikula mineral dentsoenak brankiara heltzen ez zirela ondorioztatu zuen. Ikertzaile horren arabera, fenomeno hori, maila horretan gertatzen den ur-ponpaketaren abiaduraren jaitsierari dagokio, brankiak berak eragindako erresistentziaren emendioaren ondorioz. Hipotesi hau, hala ere, denbora joan ahala indarra galduz joan da, geroago egindako esperimentuetan lorturiko emaitzek hurrengo emaitza hauek lortu baitituzte: a) zenbait kasutan, sasigorotzak osatzen dituzten partikulen tamaina-banapena ez da ingeritzen den materiari dagokionetik modu esangarrian desberdina (Newell & Jordan, 1983), eta b) hautespena, antzeko dentsitatea duten partikulen artean ere gerta daiteke (Shumway *et al.*, 1985).

Arreta handiena jaso duen hipotesia, hautespen-mekanismo kimikoa proposatu duena izan da, azken hau zenbait generotako animalietan eta baldintza desberdinetan lortutako emaitzetan oinarritu baita. Horrela, Loosanoff-ek (1949) azpimarratu zuenaren arabera, fitoplanktona tamaina bereko legamiekin batera eskeini zitzaionean, *Crassostrea virginicak* fitoplanktona lehentasunez ingeritzeko gaitasuna du. Bernard-ek (1974), bakterioen azaleran anhidrido sulfurikoaren agertzeak horien aldaratzea faboratzen zuela behatu zuen; hala ere, bakterioak azalera garbia azaltzen zutenean ere ingeritzen ziren. Taghon-ek (1982) *Macoma balthicaren* kasurako, proteinez estalitako beirazko esferen lehentasunezko ingestioa eriden zuen, tamaina eta dentsitate bereko baina estaldurarik gabeko esferekin erkatzerakoan. Esperimentu horiek guztiek, prozesuan nolabaiteko kimioharrera-prozesuen parte-hartzea iradoki digute. Harrera kimikoa, gainera, partikulek eurek dituzten zenbait ezaugarriren ezagueraren bidez gertatzen bide da, eta ez partikulek ekoizten dituzten exudatuaren edo substantzien bidez; horixe frogatu zuen Foster-Smith-ek (1975b) partikula bizigabeak algen

exudatuekin nahastu zituenean lortu zituen aldaratze-tasen erkaketaren ondorioz; hala ere, esan beharrekoa da kasu horretan ez zuela hautespen preingestiborik topatu. Era berean, Urban & Kirchman-ek (1992) *C. virginicaren* kasurako, ostrak, almidoi-partikulak eta fitoplanktonaren nahasketaz elikatu zituzten, eta almidoizko partikulak mikroalgekin erkatuz lehentasunez aldaratu zirela ikusi zuten; ikertzaileen iritziz, animaliek almidoia materia zelulosiko detritikotzat hartu zuten, bien arteko antzekotasun kimikoa zela eta; izan ere, materia-mota biek dituzte glukosa terminalak partikulen azalean.

Hautespen-jokaerak aztertu dituzten lan hauek, elikadura-baldintza desberdinen aurrean ager daitezkeen erantzun diferentzialen azterketetan erabili diren metodologiaren aldagarritasunaren lagin esangarria osa dezakete.

1.3.3. Sasigorotzen ekoizpenean mukiak duen zeregina

Mukiaren sekrezioa, oso hedatua dago moluskuen artean. Taldearen arabera, mukiak betebeharrak desberdinak izan ditzake. Bibalbioen artean partikulen harrapaketa eta janariaren eta biodepositoen trinkogarri modura erabiltzen bada ere, gastropodoen artean sekrezio mukitsuek mugimendurako osagai labingarri modura joka dezakete, edo substratura atxikitzeko ere erabil daitezke, maskorraren eraikuntza- eta disoluzio-prozesuetan eragiteaz gain (ikus Prezant-en, 1985eko berrikuspena).

Muki delako terminoa ez bide da zehazki definitu inoiz (Denny, 1979). Hala ere, muzinen konposaketa biokimikoari buruz badaude zenbait berrikuspen, muki-moten dibertsitatea eta aldi berean uniformitatea aztertu dituztenak. Mukiak edo muzinek, bi taldetan sailka daitezkeen sekrezio-produktuak dira: mukopolisakaridoak eta glukoproteinak. Bi taldeek dituzte osagai polisakaridiko eta proteikoak, eta haien proportzioan oinarrituta dago, hain zuzen ere, sailkapenerako irizpidea. Hala ere, konplexu polisakaridiko eta proteikoen artean desberdintasun espezifiko garrantzitsuak daude, azukreen izaera neutro, amino edo azidikoan eta proteinaren barruko aminoazidoen banapenean, adibidez.

Mukiaren osagai solidoak % 10etik beherakoak dira, baina hala ere, haiek dira muzinei bere ezaugarriak ematen dizkietenak. Koloide hauek ezaugarri erreologiko bat dute, biskoelastizitatea, eta horren arabera, mukiak fluidoan eta solidoen arteko ezaugarriak agertzen ditu. Izan ere, ezaugarri horiek dira mukiari funtzio anizkoitzak betetzeko gaitasuna ematen diotenak.

Hautespen preingestiboari buruzko lan askotan, sasigorotzekin batera sekretaturiko muki-kantitatea arbuigarria dela onartu da (MacDonald & Ward, 1994). Hala ere, bibalbioetan ez da kantitate hori neurtu, sasigorotzetan mukia agertzen dela zalantzan jarri ez den fenomeno izanik ere. Mukiaren agerpena, aspalditik onartua dago; iragazketa-prozesua behatzeko animalien maskorretan eragindako "leihoetan" zehar lortu ziren emaitzetan eta brankia eta palpo isolatuetan egindako behaketetan ere, gune palealean gauzatzen den materia partikulatuaren tratamendu preingestiboan jokatzen duten prozesu

guztietan frogatu zen mukiaren agerpena (MacGinitie, 1941; Foster-Smith, 1975a; 1978). Erabilitako metodologiak, ohikoa baino muki-sekrezio joriagoa eragin lezakeela onartu beharra dagoen arren, ondoren egin diren endoskopiaren eta irudi-analisiaren bidezko behaketek ere frogatu dute mukiak iragazte-prozesu arruntean jokatzen duela (Ward *et al.*, 1993); era berean, beregainak diren neurketa histokimikoek ere gauza bera baieztatu dute (Beninger *et al.*, 1991; 1992; 1993). Bere horretan dauden animalietan gauzatutako behaketa horiek, mukiak ohiko elikatze-prozesuetan ere zeregin garrantzitsua duela egiaztatu dute, beraz, zenbait autorek proposatutakoaren aurka (Jorgensen, 1990). Fenomeno hau, ohiko firuetan zehar eta marjina bentralean zeharreko partikulen garraioan nabari da bereziki. Hala ere, marjina dortsaleko esekidura urtsuan ere topatu da mukia, bere agerpena prozedura kimikoen bidez frogatu baita alde horretan (Beninger *et al.*, 1992); gainera, mukozitoak firu nagusietan eta traktu dortsalean ere aurkitu da (Beninger *et al.*, 1993), eta bai alde peribukalean, aho-aldean eta alde esofagikoan ere aurkitu dira (Beninger *et al.*, 1991). Esekidura urtsu horretan agertzen den mukiak baina, biskositate murriztu du eta marjina bentralean dagoenarekin erkatuz desberdina da kualitatiboki. Beraz, traktu dortsalean zeharreko partikulen garraioa mekanismo hidrodinamikoaren bidez gertatzen da, baina garraioa gertatzen deneko medioa, esekidura mukoakusoosa da.

Ward-ek (1996) mukiaren garrantziari buruz lortu zituen emaitzak, gel anfoteriko honen ezaugarri erreologikoetan oinarrituta daude. Mukiaren biskositatean zenbait faktore fisiko eta kimikok dute eragina (Litt *et al.*, 1977; Meyer & Silberberg, 1980; Silberberg, 1982). Biskositate-aldaketek, era berean, mukiaren erreologia erabat aldaeraz dezakete. Muki-kordoi trinkoak eta esekidura mukoakusoak, beraz, continuum bat den biskositatearen bi mutur direla onar daiteke. Kualitate horiek, partikulen garraiorako substantzia ideala izateko gaitasuna ematen die muzinei.

Azken lanek frogatu dutenez, *Crassostrea virginica* delako ostraren kasurako (Ward *et al.*, 1994) behintzat, brankietan ekoiztako eta palpoetarantz bideratutako mukia ez da halabarrez ktenidioen marjinetan duen kordoi mukitsuaren trinkotasun berdina kanporatzen sasigorotzetan. Palpoen azalera zimurtsuak, dirudienek, zizalaiketa-indarren bidez murrizten bide du mukiaren trinkotasuna, eta horrela, erraztu egiten da palpoetara heltzen diren partikulen gain nolabaiteko hautespen-prozesuek ihardutea. Emaitza hauek, beraz, baieztatu egin dute Newell & Jordan-ek (1983) ostra amerikarrean aurkitu zituzten hautespen preingestiboaren fenomenoak azaltzeko proposatu zuten hipotesia.

Edonola ere, bibalbioen sasigorotzetako eta gorotzetako muki-kantitatea kuantifikatu duten lanen urritasuna, ez datza soilik materia horrek biodepositoetan osatzen duen proportzioa neurtzeko zailtasunean; neurketa horrek duen interes mugatuak ere badu errua, zeren eta balantze energetikoaren kalkulu globalean ez baitu inolako eraginik materia organikoaren jatorriak: edozein kasutan animaliatik ingurunerantz gertaturiko galera energetiko modura hartuko da kontutan. Sestonaren osagai desberdinen erabilera diferentziala finkatzeko, ezinbestekoa zaigu sasigorotzen muki-edukin zehatza ezagutzea, beste osagaien neurketa oztapatua gerta ez dadin.

Gainera, mukiari dagokion materia organikoaren zatia, zehazki neurtzen ez bada, janeurritik eratorritako materia modura kuantifikatu, eta beraz, ondorengo materia organikoaren ingestio-tasaren kalkulutik kendu egingo litzateke; ondorioz, materia organikoaren ingestio-tasa sasigorotzetako muki-kantitatearen berdina den magnitude berean gutxietsiko da. Gutxietsipen hori arbuiaagarria dela onar daiteke kasurik gehienetan, baina zenbait baldintzaren pean benetan ingeritzen den materia organiko osoaren zati nahiko esangarria osa dezake (Prins & Smaal, 1989). Materia organikoaren ingestio-tasaren gutxiesteak, logikoa denez, eragina du zurgapen-etekinen eta zurgapen-tasen estimazioetan ere.

1.3.4. Hautespen-indizeak

1.3.4.1. Hautespen-indizeak, animalia urtarren etologia- eta ekologia-ikerketetan

Hautespen-indizeen erabilera oso joria izan da, eta eztabaidatua ere, harrapakariek duten harrapakin desberdinekiko lehentasuna finkatzeko tresna baliagarria baita. Ivlev-ek (1961) bi indize proposatu zituen kontsumitzaileak zenbait baliabide eskuragarri dituenean, osagai desberdinen erabilera diferentziala finkatzeko. Horietatik lehena, (E), selektibitate-indize modura izendatu zen, eta hurrengo adierazpenaren arabera kalkula daiteke: $E = (i-f)/(i+f)$; bertan, i, aztergai dugun osagaiak ingerituriko janarian duen proportzioa da eta f, osagaiak berak animaliek gertu duten janarian duena. Bigarren indizea, *forage ratio* (E') delakoa, aurreko kasuan kontutan hartu ditugun bi proportzioen arteko zatiketa modura kalkula daiteke, eta beraz, $E' = i/f$. Bigarren indize hau, bibalbioetan erabilitako guztiak horrexetatik eratorri direlarik ere, kolokan jarri zuten Jacobs-ek (1974) eta Cock-ek (1978), hurrengo arrazoietan oinarrituz: alde batetik, indize asimetrikoa da, 0 eta ∞ arteko balioak har baititzake, eta bestetik, kontutan hartutako osagaiak janeurrian duen proportzioaren menpekoa da. Jacobs-ek (1974) beraz, zenbait aldaketa proposatu zituen aurreko indizeetarako: selektibitate-indizearen bertsio bat, D izena hartu duena eta $D = (i-f)/(i+f-2fi)$ modura kalkula daitekeena, eta E' indizearen beste bat, Q izena duena, eta $Q = i(1-f)/f(1-i)$ adierazpenaren arabera kalkula daitekeena. Azken honen kasuan, gainera, indizearen balioaren LogQ logaritmoa erabiltzea gomendatu zuen ikertzaileak. Bere indize hauek, osagaien proportzioarekiko beregainak eta simetrikoak izanik, ez ziren egokiak ordea, erabilpen diferentziala osagai bi baino gehiagotan neurtu nahi zenean (Vanderploeg & Scavia, 1979 a eta b). Beraz, azken ikertzaile bi hauek beste indize bi proposatu zituzten: W eta E*. Aldez aurretik, Chesson-ek (1978) α indizea proposatu zuen, Vanderploeg & Scaviaren (1979 a) W indizearen baliokide dena eta osagai desberdinen proportzio-arazoak konpontzeko balio duena. Indizeak (α edo W), janeurria osatzen duten osagai guztien artean, kontsumitzaileak osagai bat (i osagaia) hautesten dueneko etekina neurtzen du, eta hurrengo adierazpenaren arabera kalkula daiteke: $W_i = \alpha_i = (i_i/f_i)/\sum_i (i_i/f_i)$. Indize hau Ivlev-en *forage ratio* normalizatua dela esan daiteke; janeurriko osagai bakoitzaren indizeak gehituz, 0 da. Beraz, janari-mota ezagun bati, bere gertutasunaren eta beste jaki-mota batzuen

eskuragarritasunaren arabera hautematen zaion balioaren adierazle izan daiteke indize hau. Bere desabantailen artean, lineala ez izatea aipa daiteke, hots, i -n edo f -n gertaturiko aldaketa batek ez du eragin bera indizearen balioan, f -ren arabera baina aldaketaren eragin hori; bestalde, bi janari-mota besterik kontutan hartzen ez denean soilik da simetrikoa.

Vanderploeg & Scavia-k (1979 b) proposaturiko bigarren indizea, E^* , hurrengo adierazpenaren arabera kalkula daiteke, $E^* = [W_i - (1/n)] / [W_i + (1/n)]$, non n gertu dagoen janariaren barruan kontutan hartuko diren osagaien kopurua den. Selektibitate-indize erlatibizatua dugu hau, zeren eta E' Ivlev-en indizearen analogoa izanik W koefizientean oinarrituta baitago. Indize honen abantailak honako hauek dira: 0 balioak hautespen eza adierazten du, eta hautespena adierazteko, -1 eta 1 tarteko balioak har ditzake. Osagai baten lehentasun-maila maximoa, $f = 0$ eta $i = 1$ denean soilik lor daiteke, hau da, ezinezkoa den balioen konbinaketa baterako.

Hemen aipatutako indize guztien artean Lechowicz-ek (1982) azkena erabiltzea gomendatu du, baina ikertzaileak berak adierazi duenez, denetan antzeko emaitzak lortzen dira. Berez, kasu jakin batean denak erabiliz, indize desberdinen balio absolutuak desberdinak badira ere, guztien erabileraren ondoren lorturiko janeurriko osagaien lehentasun-ordena, berbera izan zen ikertzaile honen lanean. Bestalde, eta hau ere ikertzaileak berak argi utzi du bere lanean, janeurriko osagai jakin baten lorpen-tasak neurtu nahi direnean, tasak zuzenean neurtzea da egokiena, lehentasuneko indizeak elikatze-moduak bereizteko eta erkatze baliagarriak izanik ez baitira baliabide desberdinen erabilera-mailaren adierazle egokiak.

Aurretik esandako guztiaren arabera beraz, Ivlev-en indizetik eratorriak direnak ez bide dira janeurriko osagai jakin baten hautespena neurtzeko egokiak. Modu egokian erabiltzen badira ordea, ingurune elikadura-baldintzen aldaketak jasan dituzten animalien elikatze-jokaeran desberdintasunak aztertzeko tresna onak izan daitezke.

1.3.4.2. Hautespen-indizeak bibalbioetan

Hautespen-jokaerak agerian jartzeko, bibalbioetan egindako esperimientuetan, mota guztietako hautespen-indizeetara jo da. Gainera, hautespen-maila neurtu zaioneko osagaia bera ere desberdina izan da lanen artean eta beraz, lorturiko emaitzen erkaketa, zaila da oso. Bibalbioetan erabilitako indizeen berrikuspen azkar bat eginez, gehienak fitoplanktonak (Kjørboe & Møhlenberg, 1981; Newell & Jordan, 1983; Bricelj & Malouf, 1984; Prins & Smaal, 1989; Prins *et al.*, 1991; MacDonald & Ward, 1994; Pastoureaud *et al.*, 1996) eta materia organikoak (Bayne *et al.*, 1989; 1993; Navarro *et al.*, 1992; Hawkins *et al.*, 1996; Soletchnik *et al.*, 1996) jasan duten tratamendu diferentzialean oinarritu dira, lan gutxi batzuek biak aztertu badituzte ere (Iglesias *et al.*, 1992). Are urriagoak dira, bestalde, osagai espezifikokoak diren karbonoaren eta nitrogenoaren hautespenak aztertu dituztenak, (Newell & Jordan, 1983), edo esaterako almidoizko partikulak (^3H) eta mikroalgak (^{14}C)

markatzeko erabilitako isotopo erradioaktiboen arteko erlazioak ikertu dutenak (Urban & Kirchman, 1992).

Oro har, zenbait partikula ezagunen lehentasunezko aldaratzearen edo ingestioaren azterketarako hurbilketetan, kontutan hartutako osagaiaren janeurriko eta sasigorotzetako edukinen arteko erkaketara jo da. Horrela, sasigorotzetako kontzentrazioa janeurrikoa baino baxuagoa izanez gero, osagai hori hautatua gertatu delako seinale da. Lanetan zehar erabilitako prozeduren arteko desberdintasun nagusia, erkaketa-metodoan datza. Newell & Jordan-ek (1983) adibidez, janariaren eta sasigorotzen klorofila-, energia-, nitrogeno- eta karbono-edukinak erkatu zituzten, eta inolako indizerik kalkulatu gabe, *C. virginica* ostrak hautespenerako gaitasuna erakusten zuela ondorioztatu zuten erkaketa horretatik. Kiørboe & Møhlenberg-ek (1981) ere, janeurriaren eta sasigorotzen klorofila-edukinak erkatu zituzten eta hautespen-prozesuaren etekina baloratzeko, bien arteko zatiketa modura kalkulatoriko indizea erabili zuten (janeurriaren klorofila-kontzentrazioa / sasigorotzen klorofila-kontzentrazioa), eta horrela, 10 bibalbio-espezieren hautespen-gaitasuna erkatzeko aukera izan zuten. MacDonald & Ward-ek (1994) ere, sestonaren eta aldaratutako materiaren klorofila-edukinak erkatu zituzten, baina aldeztatik beste zenbait ikertzailek (Bayne *et al.*, 1989; Navarro *et al.*, 1992; Iglesias *et al.*, 1992) materia organiko osoaren hautespen-indizea kalkulatzeko Kiørboe & Møhlenberg-ek (1981) erabilitakoaren eratorria zen indizea erabili zuten. Indizea, hurrengo hau da: $SE = (1 - p/f)$, non p eta f , hurrenez hurren hautespen-etekina kuantifikatu nahi zaion osagaiaren sasigorotzetako eta janeurriko edukinak diren. Indize honen abantaila nagusia, hautespen-etekin positiboetarako 0 eta 1 balioen artean egoteko posibilitatea da, Kiørboe & Møhlenberg-enak (1981) 1 eta ∞ artekoak hartzen dituen artean.

Zenbait osagaik janeurrian eta aldaratutako materiaren duten edukinak erkatzen dituzten indize hauek, abantaila bat dute ingerituriko materiaren edukina kontutan hartzen dutenen aldean: iragaziaren barruan materia aldaratuak duen proportzioarekiko beregainak dira. Erreferentzia modura materia ingeritua hartzen dutenak (Prins *et al.*, 1991; MacDonald & Ward-en (1994) CI indizea) ordea, aldaratutako edo ingeritutako materiaren proportzioaren menpekoak dira. Hori dela eta, baliteke aldaratutako materiaren proportzio aldakorrak gerta daitezkeenean osagaien arteko bereizketa-maila ezartzeko indize hauek egokiak ez izatea. Edozein modutan, onak dira jokaera preingestibo desberdinek balantze energetikoan duten eragina aztertzeko (MacDonald & Ward, 1994).

1.3.4.3. Sasigorotzetan eta hautespen-etekinetan mukiak duen ekarpena

Mukiak brankietan atxikitako partikulen tratamendu preingestiboan duen funtzioa 1.3.3. atalean aztertu da, baina, atal horretan ez da zehaztu mota honetako materiaren ekarpenak janeurriko osagai desberdinen hautespen-etekinean izan dezakeen eraginak zeintzuk diren.

Sasigorotzetako mukiaren agerpenak, zaildu egiten du osagai desberdinak hautesten direnko etekinen neurketa, datuen erreferentzia gisara aldaratutako materia erabiltzen denean bertan dagoen mukia ere kontutan hartzen baita. Hautespen-etekinaren neurketak burutu dituzten lanetan, beraz, mukiaren ekarpena sasigorotzen pisu osoaren aldean arbuiagarria dela onartu da, modu inplizitu edo esplizituan (Kjørboe & Møhlenberg, 1981; MacDonald & Ward, 1994). Hala ere, sasigorotzen ohiko edukin organikoa baxua delarik, mukiaren ekarpena esangarria izan daiteke sasigorotzetako materia organiko osoarekin erkatuz. Mukiaren agerpenak, hortaz, erreferentzia gisan materia organikoa duten hautespen-indizeetan du eragina batez ere (Bayne *et al.*, 1989; 1993; Iglesias *et al.*, 1992; Hawkins *et al.*, 1996; 1997). Jatorri endogenokoak ezin izan daitezkeen janeurriko osagai espezifikoei dagozkien hautespen-etekinek (Kjørboe & Møhlenberg, 1981; Prins *et al.*, 1991; MacDonald & Ward, 1994), klorofilarenek alegia, ez dute murrizpen hori jasaten, eta hortaz, hautespen-etekin gordintzat har daitezke, lehenago aipatutakoak hautespen-etekin garbiak izanik. Beraz, mukiaren eragina kuantifikatzeko beharrak bi sorburu ditu: alde batetik materia organikoaren osagai desberdinek jasaten duten tratamendua inolako eragozpenik gabe neurtu ahal izatea, eta bestetik, muki-ekoizpen horrek balantze energetikoan dituen ondorioak aztertzea.

1.3.4.4. Hobetze-indizeak

Hautespen-etekinek hartzen dituzten balioak, ez dira hartu behar elikadura-baldintza ezagun batzuetarako elikadura-jokaeraren egokitze-mailaren adierazletzat. Jokaera preingestibo honen edo bestearen ondorioz lortutako emaitzak modu egokian baloratzeko, beharrezkoa da, Lechowicz-ek (1978) proposatu zuen erara, hautesten diren osagaien prozesatze-tasak neurtzea, bestela, ingestioaren aurretiko prozesuetatik eratorritako abantailak kontutan hartzen dituzten indizeetara jo behar da. Indize horien artean, *EI enrichment index* delakoa aipa daiteke: materia ingerituak iragaziarekin erkatuz jasan duen edukin organikoaren emendio modura (Navarro *et al.*, 1992), edo horren baliokide den klorofila-emendio modura (MacDonald & Ward, 1994) definitzen da; aipatzekoa da, halaber, Iglesias *et al.*-ek (1992) proposaturiko BR *benefit ratio* delakoa; BR hori, azkenean ingeritua gertatzen den eta hautespen preingestiboen iharduera espezifikoei zor zaien materia organikoaren zatia da; indizea, hurrengo adierazpenaren arabera kalkula daiteke: $BR = (OI - OI^*) / OI$, non OI materia organikoaren benetako ingestio-tasa, eta OI* hautespen-prozesuek ihardun izan ez balute lortuko zen materia organikoaren ingestio-tasa diren. Aldez aurretik azaldu denez, indize hauek hautespen-etekinen balioen menpekoak dira, baina aldaratze-prozesuen garrantziaren arabekoak ere, neurri handi batean; hortaz, aldaratzen den materia iragaziaren portzentaiaren arabekoak ditugu. Menpekotasun hau azaltzeko, adibide hipotetiko batera jo daiteke: sestona bi osagaiz osatua dagoela onartuko dugu, a eta b; demagun a osagaia % 100 etekinez hautatzen dela, hots, osagai hori ez dela sasigorotzetan agertzen. Aldaratutako materia-kantitatea iragazitakoarekin erkatuz baxua bada, ingerituko den materiaren konposizioa eta iragazitakoarena ez dira oso desberdinak izango, eta beraz, hobetzea ia nulua izango da. a osagaia etekin baxuz hautatuta, materia iragaziaren proportzio

altua aldaratzen bada, aldiz, materia ingerituaren konposaketa, iragazitakoarenetik aldenduko da, eta ingerituriko materia hobetua gertatuko da janeurrian gertu dagoenarekin erkatuz. Beste era batera esanik, partikulen edo osagaien arteko bereizketarako gaitasuna berez ez da animaliak osagai horien gertutasuna baxua deneko inguruneetan bizirauteko moldatuta daudelako adierazle (Bricelj & Malouf, 1984; MacDonald & Ward, 1994). Ingestioaren aurreko prozesuen moldapenei ahalik eta etekin onena ateratzeko, beharrezkoa da era berean maila preingestiboko janari-prozesatzea eta liseriketa bera ere baldintza desberdinei doitzea.

1.3.5. Hautespen-etekinaren aldagarritasuna

Bibalbio itsastarretan egindako ikerlanetan, hautespen-etekinak espezieen arteko eta espezieen barneko aldagarritasun-maila altua erakus dezakeela behatu da (Kjørboe & Møhlenberg, 1981). Aldagarritasun hori, gainera, organo palealen ezaugarri anatomikoekin erlazionatuta bide dago. Izan ere, ikertzaile horiek aurkitu zuten, ezpain-palpoen tamaina erlatiboaren adierazle zen indize batekiko korrelazio altua agertzen du hautespen-etekinak. Theisen-ek (1989), bestalde, esekin-kontzentrazio altuak dituzten uretan bizi diren muskuiluek ur garbiagoetan bizi direnak baino palpo handiagoak eta brankia txikiagoak dituztela aurkitu zuen. Horretaz gainera, Essink *et al.*-ek (1989) mota horretako ezaugarri anatomikoak alda daitezkeela frogatu zuten, animaliak uhertasun-maila desberdinetako uretara eramandakoan. Behaketa horiek guztiek, agerian jarri dute tratamendu preingestiboan eta materia iragaziaren hautespenean jokatzeko duten organoen ezaugarri anatomikoak elikadura-baldintzen aldaketa kronikoen aurrean alda daitezkeela, eta logikoa denez, aldaketa horiek materia hautatzen deneko etekinean ere aldaketak eragingo dituztela pentsatu behar da.

Hautespen-etekina, bestalde, elikadura-baldintzen epe laburreko aldaketen arabera ere alda daiteke. Kasu honetan ordea, aldaketak ezin gerta daitezke organo palealen ezaugarri anatomikoen aldaketen bitartez. Horrela, esekidurako janariaren kalitateak eragin sakona bide du sestoneko materia organikoa eta fitoplanktona hautatzen direneko etekinean (Iglesias *et al.*, 1992; Bayne *et al.*, 1993; MacDonald & Ward, 1994; Hawkins *et al.*, 1996). Oro har, esekidurako materiaren edukin organikoa baxua denean, kalitateak hautespen-etekinean eragin positiboa duela behatu da; *Cerastoderma edule* eta *Mytilus edulis*en kasuan baina, joera hori alderantzizkatu egiten da. Bestalde, zenbait kasutan esekidurako materiaren partikula-kontzentrazio altuek hautespen-etekinean eragin negatiboa izan dezakeela ere aurkitu da (Hawkins *et al.*, 1996; Pastoureaud *et al.*, 1996; Barillé *et al.*, 1997).

1.4. Janariaren ingestioa eta zurgapena

1.4.1. Ingestioa

Brankietan iragazten den eta sasigorotzetan aldaratzen ez den materia, ingeritua gertatzen da. Janariaren ingestioa, banakako partikulez edo agregatu txikiz osaturiko esekidura urtsu batean gertatzen bide da (Ward *et al.*, 1994). Endoskopiaoren bidez lortutako behaketek, beraz, Kiørboe & Møhlenberg-ek (1981) *Mytilus edulis* muskuiluen esofagoko eta liseri-hodiko goi-aldeko edukinak aztertu ondoren lortutako emaitzak baieztatu dituzte. Ez da muki-kordioen erako ingestiorik topatu (Morton, 1960; Purchon, 1977), eta gainera, emaitza hau liseri-hodiko ezaugarri kimikoekin eta mukiaren ezaugarriekin bat dator; bibalbioen esofagoaren eta urdailaren pHa = 5 - 6 da (Yonge, 1926; Galtsoff, 1964); balio horiek mukiaren puntu isoelektrikoari eta biskositate minimoari dagozkien pHaren tartean daude (Yonge, 1935).

Ingestio-tasa, edo denbora-unitateko liseri-hodirantz sartzen den materiaren kantitatea, iragazte-tasaren baliokide da sasigorotz-ekoizpenik ez dagoenean. Atari-mailatik gora, berriz, iragazte-tasaren eta aldaratze-tasaren arabera jotzen du ingestio-tasak. Bi parametro horiek esekidurako materiaren konposaketarekiko eta kontzentrazioarekiko menpekotasun sakona badute ere, ingestio-tasa estuki eraenduta gerta daiteke. Foster-Smith-ek (1975b) ingestio-tasa partikula-kontzentrazioarekiko beregain mantentzeko bi estrategia daudela behatu zuen: aklaramendu-tasaren doiketak eta sasigorotzen ekoizpenaren aldaketak. Ingestioaren erregulaziorako era bat ala bestea erabiltzea, materia partikulatuaren konposaketaren pean dago. Sasigorotzen ekoizpena jotzeak, hautespen-prozesuak ahalbidetzen ditu, eta ingerituko den materiaren hobetzea erraztu egingo da; horrexetan datza, gero sakonago analizatuko denez, eraenketa-modu bat ala bestea aukeratzeko gakoa (Iglesias *et al.*, 1992; Navarro & Iglesias, 1993).

1.4.2. Liseriketa eta zurgapena

1.4.2.1. Anatomia funtzionala

Molusku bibalbioen liseriketa-aparatua, esofago tubularraz eta liseriketa-dibertikuluekin eta hestearekin loturak dituen urdail konplexu batez osatuta dago.

Urdailak, egitura globularra du eta bere barne-azaleraren alde bat ezkutu gastrikoak estaltzen du, beraren aurka biratzen duen estilo kristalinoaren eragin urratzailetik babestuz (Reid & Reid, 1969). Gainerako azalera osoak, zilioz estalita agertzen delarik, tolesdura-sistema konplexua osatzen du; bertako tontor eta zokoguneetan gauzatzen bide da liseriketa-mailako hautespenean diharduten prozesuak (Owen, 1974; Morton, 1983). Bibalbioen urdailaren egituraren azterketa zehatza Graham-en (1949) eskura daiteke.

Estilo kristalinoa, bibalbioen artean protobrankioetan soilik falta delarik, estiloko xaflako zelulek jariatzen duten forma zilindriko-konikoko estruktura likina da, izaera mukoproteikokoa. Zilioz josita dagoen epitelio batek estaltzen du xafla hori, eta zilio horien iharduera koordinatua bide da estiloari bere luzerako ardatzarekiko biratzea eragiten diona (Purchon, 1977).

Estilo kristalinoak funtsezko zeregina du liseriketa-prozesuan, zenbait maila desberdinetan. Alde batetik, esofagoko zilioen eragina indartuz, ingerituriko materia urdailerrantz bideratzen laguntzen du. Bestetik, urdaileko edukinak nahastea eragiten du eta partikulak hautespen-aldeetarantz bideratzen ditu. Estiloaren ezkutuaren aurkako iharduera mekanikoaren ondorioz, gainera, partikulen tamaina txikiagotu egiten du, apurketaz. Azkenik, urdailera askatzen dituen entzimek materia ingerituaren liseriketa hasten du, baina kasu honetan zeluletatik kanpo (Purchon, 1977).

Liseriketa-guruina, duku nagusien eta sekundarioen bidez urdailera irekitzen diren tubulu-taldea da (Morton, 1983). Tubulu horietan gertatzen dira, hain zuzen ere, zelulabarruko liseriketa- eta zurgapen-prozesuak. Tubuluetako epitelioak desberdintasun nabariak agertzen dituzten zelula-mota bi erakusten ditu: zelula basofiloak, zeintzuak itxura piramidala duten eta proteinen sekrezioaren adierazle diren sinuak agertzen baitituzte (Bayne *et al.*, 1976), eta zelula digestiboak, azidofiloak direnak; bere zitoplasman beha daitezkeen bisikulen kopuru altuak adierazten duenez, azken hauek dira zelulabarruko liseriketa burutzen dutenak. Tubuluaren argirantz, gainera, mikrobiloak azaltzen dituzte; beraz, janaria alde horretatik barneratzen da zeluletan, pinozitosiaren bidez. Zelula hauek, hortaz, intrazelularki liseritzen dute bertan sartu den materia, eta ezin zurga daitezkeen hondakinak, exozitosi-prozesuen bidez askatzen dituzte; prozesu horretan zelulen goi-aldeko zati txikiago edo handiago bat ere galtzen da.

Esan beharra dago, liseri-zelulen funtzioari dagokionez ikertzaile guztiek bat egin badute ere, zelula basofiloen funtzioari dagokionez irakurketa desberdinak daudela. Izan ere, zenbait ikertzaileren iritziz liseri-zelula gazteak dira (Palmer, 1979). Modu berean, ez dago ziur finkatua dibertikuluetan zelulabarruko liseriketa soilik gertatzen ote den, ezin arbuia baitaiteke zelula basofiloek jariatako entzimek zeluletatik kanpo duten iharduera.

Azkenik, hestea ere, aipatu behar dugu liseriketan jotzen duten organoen artean, zurgapenean ezezik, liseriketan ere parte har baitezake: *Scrobicularia plana* (Payne *et al.*, 1972), *Ostrea edulis* eta *Crassostrea angulata* (Mathers, 1973) bibalbioen hestean liseri-entzimen kontzentrazio altuak aurkitu dira, eta *Mytilus edulis* muskuiluaren kasuan, frogatu egin zen hestean materia organikoaren eta a klorofilaren zurgapen-maila esangarria gertatzen zela (Hawkins *et al.*, 1986).

1.4.2.2. Zurgapen-etekina

Parametro honek liseri-sistemaren etekina neurtzen du, materia ingerituari ateratzen zaion probetxua neurtzen baitu. Kasurik gehienetan, zurgapen-etekina Conover (1996) metodoaren bidez neurtzen da. Metodo hau, materia ez-organikoa liseri-prozesuetan trazadore bizigabe modura erabiltzean oinarrituta dago: bibalbio itsastarren liseri-sisteman mota horretako materia zurgatzen edo sekretatzen ez dela onartzen du. Oraintsu burutu diren zenbait esperimintutan, janeurriko materia ez-organikoaren gertutasuna oso baxua denean izan ezik, gainerako kasuetan Conover metodoa erabiltzea egokia dela frogatu da (Cranford & Grant, 1990; Navarro & Thompson, 1994). Metodo horren bidez, zurgapen-etekin garbia neurtzen da; garbia izena, zurgapen-etekin gordina delakotik bereizteko ipini diogu (Hawkins *et al.*, 1986). Bien arteko desberdintasuna, gorotzetako galera endogenoak kontutan hartzean ala ez hartzean datza: liseri-prozesuetan zehar animaliak berak sekretaturiko substantziez, liseri-entzimez, zelula-zatiz edo mukiz osatuta daude gorotzetako galera endogeno horiek (Hawkins *et al.*, 1986). Materia endogeno hori kontutan hartzen bada, ez da zehazki neurtzen janeurritik eratorritako materia organikoaren zurgapen-etekina, materia zurgatuaren eta materia endogeno modura galdutakoaren arteko balantzea baino. Hortaz, zurgapen-etekin garbia, zurgapen-etekin gordinaren eta galera endogenoen arabera izango da. Materia ingerituaren liserigarritasunak mugatuko du dagokion zurgapen-etekin gordina; beraz, janariaren zurgapen-etekin gordina, bere konposaketa biokimikoaren eta animaliaaren dotazio entzimatikokoaren konposaketa horrekiko egokitze-mailaren menpekota izango da (Seiderer *et al.*, 1982; Brock & Kennedy, 1992). Parametro honek, gainera, janariak liseri-hodian ematen duen denborarekiko menpekotasun altua azaltzen du. Parametro hauen guztien arteko erlazioak 1.5. atalean aztertuko ditugu.

Balantze energetikoaren mailan, aldiz, zurgapen-etekin garbia da janaritik lortutako etekina hobe adierazten duen parametroa. Aurreko paragrafoan aipatu diren parametro guztiek zurgapen-etekin garbian eragina dutela egia izanik ere, janaria zurgatzen deneko etekina nagusiki mugatzen dutenak bi direla esan daiteke: a) Ingestio-tasaren emendioek zurgapen-etekinaren jaitsiera eragiten dute (Winter, 1978; Widdows *et al.*, 1979; Møhlenberg & Kiørboe, 1981; Navarro & Winter, 1982); izan ere, janariak liseri-hodian ematen duen denbora laburtu egiten da, eta beraz iharduera entzimatikorako eta zurgapenerako denbora ere laburragoa da. b) Menpekotasun positiboa dago materia ingerituaren kalitatearen eta zurgapen-etekinaren artean (Bricelj & Malouf, 1984; Bayne *et al.*, 1987; 1993; Goulletquer *et al.*, 1989; Navarro *et al.*, 1991; Cranford & Grant, 1990; Cranford, 1996; Hawkins *et al.*, 1996); erlazio positibo hori, hurrengoan datza: materia ingerituaren edukin organikoa baxuagoa den neurrian, proportzionalki altuagoa da gorotzetako materia organiko osorako galera endogenoen ekarpen erlatiboa, beti ere kalitatea janariaren edukin organiko modura ulertuta.

1.4.2.3. Liseri- hodiaren kapazitatea

Liseri-hodiaren kapazitatea, liseri-sistemak eduki dezakeen kantitatearen bolumenari deritzo. Gehienetan animaliak baraurik mantenduz kanporatzen dituzten liseri-hodiko edukinak bilduz estimatzen da. Kapazitate edo edukiera fisikoan oinarrituriko definizio horren arabera, parametro hau genetikoki finkatua eta beraz aldagaitza dela pentsa liteke. Alabaina, frogatua dago esekidurako materia partikulatuarekiko menpekotasuna agertzen duten zenbait parametrok, ingestio-tasak (Bayne *et al.*, 1989; Navarro *et al.*, 1992; Ibarrola *et al.*, 1997) eta janeurriaren kalitateak (Bayne *et al.*, 1987; Navarro *et al.*, 1992; 1994) alegia, liseri-sistemak eduki dezakeen materia-kantitatea aldaraz dezaketela. Liseri-hodiko kapazitatea emendatzeko aukerak, zelulen ugaritzean dautza, zenbat eta liseriketarako alde zabalagoak izan hainbat eta partikula gehiago eduki baitezake hodiak. Beste aukera, hornidura entzimatiakoaren emendioa litzateke; emendio honek materia organikoaren liseriketa eta zurgapena azkartuko litzuzke eta horrela, liseriketarako gunean lekua egingo litzateke, materia gehigarriaren sarrera baimenduz.

1.4.2.4. Igarotze-denbora.

Honela deritzo janariak liseri-hodian liseriketa eta zurgapenaren hondakinak gorotz modura kanporatu arte ematen duen denborari. Janaria liseri-entzimen ekintza hidrolitikoaren dagoeneko denbora da, hots, zurgatua gerta daitekeeneko denbora. Parametro honek, materia ingerituaren zurgapen-etekin gordina mugatzen du. Bien arteko menpekotasunaren analisisiek frogatu dutenez, janariari markatzaile erradioaktiboak ezarriz zurgapen-etekin gordinak eta igarotze-denborak neurtuz, zurgapen-etekina igarotze-denboraren funtzio asintotiko positibo modura adieraz daiteke (Bayne *et al.*, 1987; Navarro *et al.*, 1994).

1.4.2.5. Gorotzetako galera endogenoak.

Honela deritze liseri-prozesuan gertatzen diren materia endogenoaren galerei. Materia hori, beste osagai batzuen artean, zelula-zatiz, liseri-entzimez, eta mukiz osatuta egon daiteke (Hawkins *et al.*, 1986). Hawkins *et al.*-ek (1990) galera horiek, *Cerastoderma edule*n eta *Mytilus edulis*en kasurako materia ingerituaren % 7 - 9 osa dezaketela eriden dute. Gero, Navarro *et al.*-ek (1994), proportzio hori aldagarria eta materia ingerituaren kalitatearekiko menpekota dela frogatu dute.

Gorotzetako galera endogenoen ekarpenak, janeurriko osagaien zurgapen-etekin garbia mugatzen du, eta beraz, balantze energetikoaren sinua baldintzatzen du neurri handi batean.

1.5. Janariaren kalitatearen aldaketen aurreko erantzun fisiologikoak.

1.5.1. Aurrekariak.

Bibalbio suspentsiboroen energiaren lorpenerako prozesuen ezagueran sakontzeko egin diren ikerketetan azaldu denaren arabera, animalia hauen elikadura-jokaeraren ezaugarri garrantzitsuenetariko bat, ingurune elikadura-baldintzekiko menpekotasun altua azaltzea litzateke (Foster-Smith, 1975b; Winter, 1978; Widdows *et al.*, 1979; Kiørboe *et al.*, 1980; Kiørboe & Møhlenberg, 1981; Bricelj & Malouf, 1984; Prins *et al.*, 1991; Prins & Smaal, 1989; Cranford & Grant, 1990; MacDonald & Ward, 1994). Gaur egun, behatutako erantzunen izaera funtzionala oraindik eztabaidagaia bada ere (Jorgensen, 1990; 1996; Stenton-Dozey & Brown, 1994), burutu diren lan gehienetan lorturiko emaitzetatik hurrengo ondoriozta daiteke: bibalbio iragazleek, elikadura-baldintzen arabera doi ditzakete janaria prozesatzeko tasak, (Bayne, 1993; Bayne *et al.*, 1987; 1989; 1993; Iglesias *et al.*, 1992; Navarro *et al.*, 1992; 1994; Willows, 1992).

Janari gertuaren aldaketen aurrean bibalbioek erakusten dituzten erantzunen azkartasuna espezieen arabera aldatzen bide da. *Cerastoderma edule* margolaren kasuan, erantzun konpentsatzaileak maila preingestiboan berehalakoak direla frogatu da (Navarro *et al.*, 1992; Iglesias *et al.*, 1992), baina liseriketa-mailan ere, ordu batzuen epean beha daiteke erantzuna; *Mytilus edulis* muskuiluaren kasuan berriz, egun batzuk beharko lituzke antzeko erantzunak (Bayne *et al.*, 1987; 1993); edozelan, maila preingestiboan emandako erantzuna, espezie honetan ere, ia berahalakoa dela esan daiteke (Bayne *et al.*, 1993).

Parametro fisiologikoak aldatzeko gaitasunak, aztertzen diren animaliek iraganean izandako elikadura-egoerarekiko harreman estua bide du. Beraz, oso gai interesgarria da denbora-harreman honen inguruan dagoena: janariaren gertutasunak agertzen dituen aldaketen denbora-epearen eta liseri-prozesuen mailan erantzuna eman ahal izateko beharrezkoa den denbora-epearen artekoa hain zuzen. Gure lan honetan epe laburreko erantzunak bakarrik aztertu ditugularik, epe ertain eta luzeko erantzunak alde batera utziko ditugu, horiek berez, beste honenbesteko lanaren helburu izan baitaitezke.

Bibalbioek euren eskakizun energetikoak betetzeko beharrezko duten janaria lortzera daramaten prozesuen kontrola, epe laburrean behintzat, mekanismo preingestiboen bitartez eragiten da. Hala ere, maila preingestiboan eskainitako erantzuna, askotan, liseriketa- eta zurgapen-mailan materia ingerituak pairatutako tratamenduak ezarritako murrizpenek mugatzen dute. Azken batean, janariaren prozesamenduak, ingestioaren aurreko prozesuen eta liseri-prozesuen funtzionamendu koordinatua eskatzen du. Ingestioaren aurreko prozesuak, iragazketa, ingestioa bera eta aldaraketa dira (baldintzek materia iragaziaren parte bat sasigorotz modura kanporatzea eragiten dutenean), eta bestalde, liseri-prozesuen barruan, zelulakanpoko eta zelulabarruko liseriketa- eta zurgapen-prozesuak hartuko ditugu

kontutan. Hortaz, liseri-prozesuak aztertuko ditugu lehendabizi, eta gero, sestonaren ezaugarriek parametro preingestiboetan duten eragina.

1.5.2. Liseri-prozesuak

Animaliek bere ingurunetik lor dezaketen energia-kantitatea, zurgapen-tasak mugatzen du, eta beraz, horixe da optimizazio-ereduetan maximizatu beharreko parametroa. Eredu horiek, hasiera batean kopepodoen elikadura-jokaera aztertzeko asmatu baziren ere, gero, bibalbioen fisiologiaren eremura eraman dira (Lehman, 1976; Willows, 1992).

Lehenago ere aditzera eman denez, janaria zurgatzen deneko etekina, hurrengo faktoreen arabera da: a) Makromolekulak dimero edo monomero zurgagarrietaraino hidrolizatzeko liseri-entzimek duten ahalmena; b) Janaria liseri-sistemaren barruan dagoeneko denbora; c) Liseri-prozesuan egindako inbertsio energetikoaren kantitatea; inbertsio horiek, birzurgatzen ez diren neurrian, gorotzetako galera endogeno direlakoak osatzen dituzte. Zurgapen-tasa, beraz, faktore horien arabera izango da, eta, jakina materia organikoaren ingestio-tasaren arabera ere; ingestio-tasa hori, bere aldetik, prozesu preingestiboen menpekota da, partzialki behintzat.

Habitat desberdinak betetzen dituzten bibalbioen hornidura entzimatiakoak erkatzean, dotazio horiek ingurune bakoitzaren elikadura-baldintza bereziei doitu egon litezkeela proposatu da (Seiderer *et al.*, 1982; Brock & Kennedy, 1992). Modu berean ulertu dira espezie bereko animalietan iharduera entzimatiakoaren mailan behatutako sasoi-aldaketak, horiek sestonaren kantitatearen eta konposaketaren aldaketan bidez eraginda baitaude ziurrenik (Larretxea, 1995). *Cerastoderma edule* espeziearen kasurako, oraintsu frogatu da janariaren kalikateak zein kantitateak liseri-entzimen iharduera aldaraz dezaketela; aldaketa horiek, gertu dauden elikadura-baliabideen erabilera optimizatzeko zentzuan jokatzeko dute (Ibarrola, 1996).

Janariak liseri-sistemaren barruan egiten duen denbora, definizioz, ingestio-tasaren eta liseri-hodiaren kapazitatearen arabera da. Horrela izanik, liseri-hodiaren kapazitatea konstante mantenduz, ingestio-tasaren emendioak igarotze-denbora laburtu egin beharko luke. Baldintza horien pean, beraz, zurgapen-etekinak jaitsi egin beharko luke, eta, beste inolako fenomenorik agertu ezeari beti aurkitu beharko litzateke menpekotasun negatiboa zurgapen-etekinaren eta ingestio-tasaren artean. Lehen ere aipatu da ordea, liseri-hodiaren kapazitatea janariaren ezaugarrien aldaketan aurrean alda daitekeela. Horrela, *Mytilus edulis* (Bayne *et al.*, 1993) eta *Cerastoderma edule* (Navarro *et al.*, 1992; 1994) espezieen kasuan behatutako liseri-kapazitatearen emendioak, zurgapen-etekina larregi ez jaistea ahalbidetzen du ingestio-tasa altuagoen aurrean. Mekanismo honek baina, baditu bere mugak, ezin gaindi daitekeen liseri-hodiaren kapazitatea lortzea gerta baitaiteke. Kontutan hartu behar den beste osagai bat, bestalde, janariaren kalitateak liseri-hodiaren kapazitatean duen eragina da. Bai muskuiluetan (Bayne *et al.*, 1986) eta bai margolen kasuan ere (Navarro *et al.*, 1994), liseri-hodiaren kapazitatea emendatu egiten da materia ingerituaren kalitatea altuagoetarako.

Menpekotasun honek ondorio garrantzitsuak ditu, zeren eta, igarotze-denbora luzeagoak baimentzean, liseri-kapazitatearen emendioak zurgapen-etekin altuagoak eragiten baititu kalitate altuetan.

MFL gorotzetako galera endogenoei dagokienez, era honetan galtzen den materia organikoaren kantitatea, ingestio-tasarekin eta materia ingerituaren kalitatearekin erlazionatu da (Navarro *et al.*, 1994). Ikertzaile hauen arabera, harreman hori, liseri-hodiak ingestio-tasaren eta ingestioaren kalitatearen emendioen aurrean, liseri-prozesuen aktibazio orokor batez erantzuten dutelako adierazpena litzateke. Aktibazioa, iharduera entzimatiakoaren emendio modura agertuko litzateke, eta horretarako, beharrezkoa da inbertsio digestiboak emendatzea; inbertsio gehigarri horien zati bat galdu eta beraz liseriketa-etekin altuagoak lortzeari dagozkion kostu funtzionalak gerta daitezke.

Ingestio-tasak zurgapen-etekinaren gain duen eragin negatiboa, zenbait lanetan frogatu da (Foster-Smith, 1975c; Winter, 1978; Griffiths, 1980; Albentosa *et al.*, 1997). Materia ingerituaren kalitatearen eragin positiboa, bestalde, askotan behatu da (Bricelj & Malouf, 1984; Bayne *et al.*, 1987; 1993; Cranford & Grant, 1990; Navarro *et al.*, 1991; Gouletquer *et al.*, 1989; Iglesias *et al.*, 1992; Cranford, 1996). Navarro *et al.*-ek (1994) janariaren kontzentrazioa eta kalitatea aldi berean baina beregainki aldarazi zireneko baldintzetan neurturiko zurgapen-etekinen eredu enpirikoa gauzatu zuten. Eredu horren ekuazioa erabiliz, ingestio-tasaren eta jakiaren kalitateen hein zabal baterako estima daitezke zurgapen-etekinaren balioak. Adierazpen horren arabera, zurgapen-etekina jaitsi egingo litzateke ingestio-tasa emendatzean, baina, aldi berean, jaitsiera-abiadura, janariaren kalitatearen araberakoa da.

Orain arte aurkeztutako interrelazio guztiek, beraz, zurgapen-etekinaren eta ingestio-tasaren eta janariaren kalitatearen arteko menpekotasun konplexua ondo ulertzea ahalbidetuko dute. Laburbilduz, ingestio-tasaren emendioaren aurrean behatutako zurgapen-etekinaren jaitsiera, bi gertaeraren ondorioa izan daiteke: a) igarotze-denbora jaitea, eta b) gorotzetako galera endogenoen ekarpena emendatzea. Horren antzera, zurgapen-etekinaren eta ingeritutako materiaren edukin organikoaren arteko menpekotasun positiboa, hurrengo fenomenoek eragin lezakete: a) kalitatea emendatzen denean liseri-hodiaren kapazitatea ere handiagotzea, edo bestalde b) janariaren edukin organikoa emendatzen den neurrian gorotzetako galera endogenoen ekarpen erlatiboa murriztea.

1.5.3. Ingestioaren eraenketa.

Aurreko guztiaren arabera, ingestio-tasak nolabaiteko mugen barruan egon behar du liseriketa- eta zurgapen-prozesuei etekin optimoa atera ahal izateko. Janariaren kontzentrazioaren eta konposaketaren aldaketen aurrean azaldudako ingestio-tasaren erregulazioa, 70.eko hamarkadaren hasieratik ezaguna den fenomeno da, ordurako partikula-kontzentrazioaren emendioaren aurrean iragazte-tasak saturatzeko joera agertzen zuela behatu baitzen. Saturazio hori, izan ere, ponpaketa-tasaren beherapen progresiboaren

ondorio zen. Beranduago, ingestio-tasaren eraenketarako beste era bat plazaratu zen: sasigorotzen ekoizpena (Foster-Smith, 1975b; Widdows *et al.*, 1979). Horren maiz agertzen ez badira ere, badaude ingestio-tasa mugatzeko hirugarren eta laugarren erak: iragazte-tasa murriztu egiten da, animalia ura ponpatzen ari deneko denbora murriztuz (Foster-Smith, 1976; De Villiers & Hodgson, 1993), edo partikulen atxikipen-portzentaia beheratuz; horretarako, ponpaturiko materiaren zati batek iragazketa-lanak egiten duten brankiak ekiditen ditu (Ward *et al.*, 1993). Erantzun-mota hauek, partikula-kontzentrazioari dagokionez muturrekoak diren baldintzetan soilik behatu dira (hain zuzen ere, 100 mg l⁻¹ -tik gorako kontzentrazioetan De Villiers & Hodgson-en (1993) lanean) eta ingurune naturalean ohiko seston-kontzentrazio oso baxuak jasaten dituzten animalien kasuan (Ward *et al.*, 1993); baldintza horiek ingurune naturalean topa daitezkeenekin erkatzerik ez dagoenez, ez ditugu aurrerantzean kontutan izango.

Ingestio-tasaren kontrolerako gainontzeko bi estrategiak elkarrekiko baztertzailak ez direla frogatu da (Iglesias *et al.*, 1992; Cranford & Gordon, 1992; Bayne *et al.*, 1993; MacDonald & Ward, 1994), eta ingurune elikadura-baldintzen menpean dago baten ala bestearen hautaketa. Beraz, erantzun-motari izaera espezifiko esleitu zion Foster-Smith-en sailkapena (1975b), erlatibizatu egin da. Hala ere, baldintza berdinen pean mantendutako espezie desberdinetako aleetan erantzun desberdinak behatu dira; espezie baten erantzunak ordea, elikadura-baldintza aldakorren aurrean, ingestio-tasaren eraenketarako bi metodoak erabiltzea eskatzen du (Navarro & Iglesias, 1993).

Janeurriaren ezaugarriek, bestalde, ingeritzen den materiaren kantitatea eraentzeko erabiliko den metodoa ezezik, ingestio-tasa zein mailatan erregulatuko den ere mugatzen dute, tasaren balio maximoak iragazitako materiaren kalitatearekiko menpekotasun positiboa azaltzen baitu.

Aldaratze-tasan eragina duten faktoreen ezaugarriak lehen hurbilketan, Kiørboe *et al.*-ek (1980) sasigorotzen ekoizpena iragazte-tasaren funtzio lineal modura adierazi zuten. Gero, harreman-mota hori baieztatzeaz gain, janariaren kalitateak ere materia iragaziaren aldaraketan eragina duela aurkitu zen. Horrela, iragazte-tasa ezagun baterako, zenbat eta materia iragaziaren edukin organiko baxuagoa egon, hainbat eta altuagoa da aldaratutako materiaren proportzioa (Iglesias *et al.*, 1992; Bayne *et al.*, 1993). Izan ere, janariaren kalitateak hain desberdintasun altuak eragiten ditu aldaratze-tasan, ezen zenbait kasutan iragazte-tasan behatutakoak konpentsa edo gaindi baititzaie.

1.5.4. Hautespen preingestiboa.

Sasigorotzen ekoizpena jotzeak, janariko partikulen gain nolabaiteko hautespena eragiteko aukerarekiko harremanetan dago, eta beraz, esekidurako materiaren konposaketarekin ere badu zerikusia. Bibalbioletan hautespen preingestiboari buruz egin diren ikerketa desberdinetan lorturiko emaitzen erkaketa zaila gertatzen da 1.3.4.2. atalean azaldutako arrazoiengatik. Hala eta guztiz, horien arteko gehienak bat datoz hautespen-

etekinean kalitateak kantiteak baino eragin sakonagoa duela adierazterakoan. Prins *et al.* (1991), Iglesias *et al.* (1992) eta Bayne *et al.*-en (1993) lanetan, partikula-kontzentrazioak eraginik ez zuela frogatu zen; esekiduraren kalitateak aldiz, bazuen eragina. Horrela, *Cerastoderma edule* margolaren kasuan, menpekotasun parabolikoa zegoen hautespen-etekinaren eta janariaren edukin organikoaren artean (Iglesias *et al.*, 1992). Edukin organiko altuetarako behatutako beherapena, janeurriaren heterogeneitate-mailaren murrizpenaren ondorioztat hartu zen. Horrek ordea, ezin azal zezakeen 0.5 baino edukin organiko baxuagoetarako lortutako jaitsiera simetrikoa. Elkarrekiko osagarri diren bi hipotesi proposatu ziren. Baliteke materia organikoa hautesten deneko etekina jaistea, edukin organikoa baxuagoa denean klorofila edukina ere jaitsi egiten delako: osagai fitoplanktonikoa materia organikoaren beste motak baino lehentasun handiagoz hautatzen bada, horren gertutasuna jaistean, materia organiko osoaren hautespen-etekina ere jaitsiko da. Bestalde, sasigorotzen pisu lehorraren unitateko ekoizten den muki-kantitatea konstantea balitz, mota horretako materia organikoak eragindako sasigorotzen edukin organikoaren emendio erlatiboa jaitsi egingo litzateke janariaren kalitatea emendatzean, eta hautespen-etekina jaistaraztea eragingo luke. Hau da, hain zuzen ere, lan honetan aztertuko den alderdi garrantzitsuenetariko bat.

Beste bibalblio batzuetan, *C. eduleren* kasuan bezain edukin organikoen tarte zabalerako hautespen-etekinari buruzko daturik ez badago ere, dauden emaitzak ados daude Iglesias *et al.*-ek (1992) antzeko edukin organikoetarako erdietsitakoekin. Horrela, *Mytilus edulis* muskuiluan behatutako erantzuna (Bayne *et al.*, 1993), antzekoa gertatu zen edukin organiko altuen kasurako, hautespen-etekina emendatu egiten baitzen janeurriaren edukin organikoa jaistean. Edukin organiko baxuenen tarterako, Hawkins *et al.*-ek (1996) esekidurako materiaren edukin organikoa emendatzean hautespen-etekina ere emendatu egiten dela frogatu dute. Edukin organiko batzuen artean, edukin organikoa beheratzean sumatzen den hautespen-etekinaren emendioa, bat dator MacDonald & Ward-ek (1994) lortutako emaitzekin ere; ikertzaile hauek, baina, materia organiko osoa kontutan hartu beharrean, klorofila hautesten deneko etekina neurtu zuten.

Dena dela, lehenago ere esan da materia organikoaren edo materia organikoaren barruko edozein osagairen hautespen-etekinaren balioak ez direla hautespen-prozesuetatik eratortzen diren abantaila energetikoen adierazle onak. Horretarako, egokiagoak dira ES (Prins *et al.*, 1991), EI (Navarro *et al.*, 1992), BR (Iglesias *et al.*, 1992) edo CI (MacDonald & Ward, 1994) direlako indizeak, azken hauek, zelan edo halan, hautespen-prozesuen ondorioz lortutako ingestio-tasak prozesu horiek ihardun ez balute erdietsiko zirenekin erkatzen baitituzte.

Izan ere, puntu honetan eriden dira espezieen arteko desberdintasun nabarmenak. Horrela, Iglesias *et al.*-ek, (1992), materia iragaziaren barruan aldaratutakoaren proportzioa emendatzean BRa esponentzialki emendatzen zela frogatu zuten, eta irabazi handienak, beraz, iragazte- eta aldaratze-tasa altuak mantentzen direneko baldintzetan iritsiko dira, behintzat hautespen-etekina zeharo murrizten ez den artean. *Placopecten magellanicus*

beiraren kasuan, aldiz, MacDonald & Ward-ek (1994), CI konpentsazio-indizea iragazte-tasa emendatzean esponentzialki jaisten zela behatu zuten; emaitza hori azaltzeko, ikertzaileek hurrengo proposatu zuten: brankiak prozesatutako materia-kantitatearen emendioak, hautespenerako mekanismoek etekin baxuagoz ihardutea eragiten lezakete. Eurek diotenez, espezie hori bizi deneko aldeetan, esekidurako materiaren kontzentrazioak ez du ia inoiz 5 mg l⁻¹-tik gora egiten, eta nekez gerta daiteke, hortaz, *Placopecten* aleen tamainarako bibalbioetan sasigorotzak ekoitzi behar izatea.

Edozein kasutan, emaitzak baloratzeko orduan, garrantzi handia du emaitza horiek lortzen direneko baldintza-tartea kontutan izateak. Berez, erantzunak oso desberdinak izan daitezke horien arabera, batez ere, animaliek bere ohiko ingurunean sekula aurkituko ez dituzten baldintzak badira; kasu horretan erantzunak izaera funtzionala ez izatea ere gerta daiteke.

1.5.5. Azken gogoetak.

Bukatzeko, bibalbioek elikadura-baldintzen bapateko aldaketen aurrean energia-sarreraren tasa maximizatzeko mekanismoak garatu dituztela iradoki digute orain arte egindako ikerketek. Maximizazio horrek, lehendabizi, ingestioa eraenduta egotea eskatzen du, zeren eta erregulatuko ez balitz, zurgapen-tasan eragin kaltegarria izan lezakeen zurgapen-etekinarekin beharpena gerta bailiteke. Esekidurako partikula-kontzentrazioaren aldaketen aurreko ingestio-tasaren eraenketa, sasigorotzen ekoizpenaren bidez lortzen da sestonaren edukin organikoa baxua denean. Baldintza horien pean, materia organikoaren ingestioa, mekanismoak ez balego baino altuagoa izatea eragin dezakete hautespenerako mekanismo horiek. Materia iragaziarekin erkatuz, ingerituaren hobetzea, abantailatsua da izatez, baina garrantzitsuagoa da kalitatearen hobetze horrek zurgapen-tasan eragiten duen emendioa, zurgapen-etekinean duen eragin positiboaren bidez lortzen duena. Esekidurako edukin organikoa altua denean berriz, sasigorotzen ekoizpena jo beharrean, animaliek hobe bide dute aklaramendu-tasak murriztea, zeren eta baldintza horietan, aldaragarria den partikulen proportzio urria dela eta, partikulen arteko hautespenerako aukerak murriztuta baitaude. Hortaz, gerta liteke sasigorotzak ekoizteak dakarren inbertsio energetikoak erdiets litekeen irabazi urria ez konpentsatzea ere.

1.6. Ikerlan honen egitura eta helburuak.

Aurreko gogoetak dira, izan ere, lan honetako azterketa desberdinak antolatzean kontutan izan genituenak. Lehengo lanean, (3. Kapitulua), esekidurako materiaren kantitate eta kalitateen heinik ahalik eta zabalenean elikadura-baldintzak pairatzen dituzten margolek erakusten dituzten elikatze- eta liseritze-jokaerak aztertuko dira, eta materia organikoaren osagai desberdinek (klorofila, karbonoa eta nitrogenoa) jasotako tratamendua ere aztertuko dugu. Ingurune naturalekoekin erkatuz, argi ikus daiteke baldintza horiek ez direla errealistak. Beraz, iritsitako emaitzek baldintza naturaletaraino zein neurritan estrapola

zitezkeen jakiteko, antzeko ikerlan bat baldintza naturaletan (4. Kapitulua) gauzatzea erabaki zen. Hala ere, elikadura-prozesuen zenbait alderdi, oraindik ere ilunak zitzaizkigun eta emaitzen interpretazioa zaila zen; hortaz, kontu horiek guztiak hurrengo saio batean aztertzea erabaki genuen (5. Kapitulua). Kapitulu honetan, esekidurako materiaren osagai desberdinek tratamendu diferentziala jasaten ote duten finkatzeko burutu ziren esperimentuen emaitzak aurkeztuko dira. Horretarako, beharrezko izan genuen sasigorotzetako mukiaren ekarpena kuantifikatzea. Erabilitako materia organiko ez-fitoplanktonikoaren izaera korapilotsua zela eta, jatorri eta ezaugarri ezaguneko detritus-izaerako materiaren eragin espezifikoaz aztertzeari ekin genion, errefraktarioagoa den materia organikoa ere hautatzen ote den eta hautatua izatekotan zein mailatan hautatzen den aztertzeko asmoz (6. Kapitulua). Azkenik, margoletan miatutako alderdien ikuspuntu orokor bat izanik, *Cerastoderma edule* espezierako lortutako emaitzak, beste bibalbio iragazle bat den *Mytilus edulis* muskuilurako estrapolagarriak ote ziren saiatu genuen; muskuiluak, organismo infaunala izanik, margolekin ezaugarri komun asko ditu baina desberdintasun sakonak azal ditzake ezarpen-substratuaren motan, organo palealen anatomian eta, ustez, erabiltzen dituen baliabide trofikoetan ere (7. Kapitulua).

2

Materiala eta metodoak.

Sarreran aipatu denez, doktorego-tesi honetan zenbait esperimentu-saio izan ditugu ikusmiran; bakoitzak bere helburu zehatzak dituelarik, modu berezian aurkeztuko dira, kapitulu desberdinak osatuz. Dena den, helburu orokor nagusi bat izan dugu, kapitulu horietan guztietan eragin duena: prozesu fisiologikoetan esekiduran dagoen materiaren kantitateak eta kalitateak duten eragina aztertuz, bibalbio suspentsiboroetan jakiaren zurgapena mugatzen duten prozesu fisiologiko horien ezaugarri sakondu. Beraz, helburu nagusi hori lortzeko, esperimentu desberdinetan lorturiko emaitzak erkagarriak izatea nahitaezkoa zenez, guztietan erabili zen metodologia bera. Materiala eta Metodoen aurkezpen orokor honetan, komunak izan diren prozedura horiek aurkeztuko dira; hala ere, kapitulu bakoitzeko Materiala eta Metodoen ataletan, erabilitako diseinu esperimentalen eta prozeduren ezaugarri bereziak azalduko dira zehazki.

2.1. Aztertutako bibalbio-espezieak

Ikerketan erabili diren molusku bibalbioen espezieei dagokienez, esperimentazioaren gehiengoa *Cerastoderma edule* margolan burutu dela esan behar da. Gaur egun, espezie honen biologia eta elikaduraren fisiologiari buruzko ezaguera-maila oso altua bada ere, badaude aztertu gabeko puntu batzuk; hemen, hain zuzen ere horietako batzuei eutsiko diegu. Marearteko aldean banapen zabala duen bibalbio itsastarra dugu hau, kostaldeko maila baxuagoetan maizago agertzen bada ere (Figueras, 1967). Espezie eurihalina denez, itsasadarrean bizitzeko arazorik ez du; bertan, mota desberdinetako substratuetan ezar daiteke, baina batez ere lokatzaren proportzio aldagarriak dituzten alde aretsuetan agertzen da (Kreger, 1940; Figueras, 1956, 1967b).

Espezie infaunala eta sedentarioa da; sakonera gutxira agertzen da substratuan lurperatuta, eta beraz, ur-masan esekiduran dauden partikulak erabil ditzake; gaitasun hori dela eta, suspentsiboro modura sailkatu dute zenbait ikertzailek (Figueras, 1966; McLusky & Elliot, 1981). Ivell-ek (1981) ordea, erabiltzen duen materiaren portzentaia altu bat bentonikoa dela ondorioztatu zuen, bere heste-edukinetako partikulen osaketaren azterketan

oinarrituz: fitoplanktona, diatomeo bentonikoak, are-garauak, bibalbioen larbak eta 300 µm-rainoko diametroko foraminiferoak.

Esan denez, ikerketa hau *C. edule* espeziearen azterketan oinarritu bada ere, lanaren puntu batera heltzean, erkaketa interespezifikuari ekitea interesgarria litzatekeela erabaki genuen, antzeko elikatze-modua agertzen duten espezieetan ere margoletan aurkitutako zenbait fenomeno preingestiboren hedakuntza-maila ezagutzeko asmoz. Erkaketarako aukeratu zen espeziea, *Mytilus edulis* izan zen; hau, espezie epifaunala dugu, eta hortaz, gerta liteke bi espezieek erabil ditzaketen ohiko materiak, bai kalitatean zein kantitatean desberdinak izatea.

M. edulis muskuilua *Mytilus* generoaren barruko espezieen artean banapen geografiko zabalena dutenetarikoa da. Horren zergatia, gazitasuna, tenperatura, lehorketa eta oxigenoaren tentsio-partziala bezalako ingurune-faktoreen aldaketei aurre egiteko duen gaitasunean datza, nonbait. Gaitasun horrek, espezieak horren desberdinak izan daitezkeen mikrohabitataketan betetzea ahalbidetzen du; bere zonazio-tartea goi-mareartekotik mareazpiko aldeetaraino zabala daiteke; itsasadarreko gazitasunetan edo itsastar tipikoak diren bizi daiteke eta alde subtropikaletako zein izozturiko aldeetako tenperaturak jasan ditzake. Zenbait kasutan mareazpiko aldean dentsitate altuetan ager badaiteke ere (Newcombe, 1935; Paine, 1976; Tursi *et al.*, 1985), bere ohiko habitata mareartekoa da. Banapenean duen muga hau, ez dago alde horietan bizitzeko ezintasunean oinarritua, harrapakariak bezalako faktore biologikoek eraginda baizik.

2.2. Janeurriak

Esperimentu bakoitzean erabilitako janeurrien konposaketa desberdina izan da, bai kantitateari zein kalitateari dagokionez. Atal bakoitzean esperimentu bakoitzeko jakiaren konposaketa zehatzari buruzko informazioa aurkeztuko bada ere, aurreratu egingo dugu hemen molusku bibalbioek energia-iturri modura erabil ditzaketen mota guztietako partikulak kontutan hartu direla: zenbait fitoplankton-espezie, sedimentu naturala eta *Spartina alterniflora* landaretik eratorritako detritusak. Ikerketaren funtsezko alde bat, bestalde, kaltzinaturiko sedimentu naturalaz osaturiko janariak erabiliz burutu zen; izatez, janari-iturri ez bada ere, animaliek ingeritu egiten dute, eta materia guztiz ez-organikoaren erabilera eskatzen zuten ikerketaren zenbait helbururi eustea ahalbidetu zuen.

Konposaketa alde batera utzita, janari-baldintza guztien kasuan, materia partikulatuaren kontzentrazioa sasigorotzen ekoizpenaren atari-mailatik gorakoa izan zen.

2.2.1. Janeurrien ezaugarriak

Atal honetan, janeurrien ezaugarrien azterketarako erabili diren parametroen definizioa eta haien neurketarako erabili diren prozedurak aurkeztuko dira.

- TPM (mg l^{-1}): materia partikulatu osoa; esekiduran dagoen materia partikulatuaren kontzentrazioa adierazten du.
- POM (mg org l^{-1}): materia partikulatu organikoaren kontzentrazioa.
- PIM (mg inorg l^{-1}): materia partikulatu ez-organikoaren kontzentrazioa.
- VOL ($\text{mm}^3 \text{l}^{-1}$): esekiduraren bolumen enpaketatua. Termino honek esekiduran dauden partikulek betetzen duten bolumena adierazten du; bolumena,, partikulen kopuruaren eta bere tamainaren arteko biderkaketa bidez kalkula daiteke.
- $chl\ a$ ($\mu\text{g l}^{-1}$): $chl\ a$ klorofilaren kontzentrazioa; pigmentu nagusia denaren kontzentrazioa adierazten du eta esekiduran bizirik dagoen landare-materialaren adierazle ohi da. Gehienetan fitoplanktonaren markatzaile modura erabiltzen bada ere, zenbait baldintzatan, landare baskularren edo eta alga makrofitoen agerpena islada dezake. Oro har, $chl\ a$ klorofilaren kontzentrazio altuak, materia partikulatuaren kalitate altuekin erlazionatzen dira
- ph ($\mu\text{g l}^{-1}$): feopigmentu-kontzentrazioa, hau da, klorofilaren degradazio-produktuen kantitatea, bolumen unitateko; esekiduran dagoen landare-detritusen kontzentrazioa adierazten ohi du.
- POC (mg l^{-1}): esekiduran dagoen karbono partikulatu organikoaren kontzentrazioa. POMaren neurketarik ez dagoenenan, materia partikulatu organikoaren gutxi gora-beherako kontzentrazioa kalkulatzeko erabil daiteke, hurrengo konbertsio-faktorea erabiliz: $POM = (2-2.5) \times POC$ (baina Smaal *et al.*-ek (1989) 1.9ko faktorea erabili zuten). Bi parametroak batera izanez gero, POC/POM indizeak materia organikoaren konposaketari buruzko informazioa eman dezake.
- PON (mg l^{-1}): esekiduran dagoen nitrogeno partikulatuaren kontzentrazioa. PON/POM indizeak aldaketa sakonak jasan ditzake materia organikoaren konposaketaren arabera. Orokorki, nitrogeno-proportzioa zenbat eta altuagoa izan, hainbat eta altuagoa da materia organikoaren kalitatea.

Orain arte aurkeztu diren esekidurako osagaien kontzentrazioaren parametro indikatzaile horietatik, erlatiboak diren beste batzuk, hau da, indize batzuk erator daitezke, jakiaren kalitatearen adierazle modura erabiltzeko. Ikerketa honetan kontutan hartu ditugunak segidan aurkeztuko dira.

- f (batekoetan emanda): esekiduran dagoen materia partikulatuaren edukin organikoa. Materia osoaren materia organikoaren proportzioa adierazten du: $f = POM/TPM$
- q (mg org mm^{-3}): esekiduraren kalitatea, unitate bolumetrikoetan. Bolumen enpaketatuaren unitateko dagoen materia partikulatu organikoa adierazten du: $q = POM/VOL$

- $chl\ a / chl\ a + ph$ (batekoetan): klorofilaren eta pigmentu osoen kontzentrazioen arteko erlazioa. Landare-izaerako materia biziak materia osoaren zein proportzio osatzen duen adierazten du, eta beraz, janariaren kalitatearen indikatzaile izan daiteke, materia organikoaren mota desberdinen arteko erlazioa azaltzen baitu.
- C/N: karbono/nitrogeno indizea. Erlazio hau atomo-unitateetan (at/at) edo pisu-unitateetan (mg/mg) adierazten da orokorrean, eta esekidurako materiaren elementuen konposaketa erlatiboa adierazten du. Janariaren C/N indizea zenbat eta txikiagoa izan, materia organikoa hainbat eta kalitate altuagokoa dela onartzen da (Redfield-en arabera (1958), fitoplanktonaren C/N = 5-8 litzateke); izan ere, onarpen hori, baldintza naturalen peko hazkunderako elementu mugatzaile garrantzitsua nitrogenoa izatean oinarrituta dago.

2.2.2. Prozedura esperimentalak

Gorago aipatu diren janeurrien ezaugarriak aztertzeko erabili zen prozedura, hurrengoak izan zen: 24 eta 48 ordukoak izan ziren esperimentazio-aldietan zehar, maiztasun jakin batez (orduro edo, asko jota bi ordutik bi ordura) ur-laginak hartzen ziren, animaliak mantendu zireneko tankeetatik. Lagin horietatik, hiru azpilagin hartzen ziren; azpilaginen bolumena gutxi gora-behera estimaturiko partikula-kontzentrazioaren arabera finkatzen zen. Lehen azpilagina, esekiduraren bolumen enpaketatua neurtzeko hartu zen, eta horretarako, granulometro eta partikula-zenbatzailea den Coulter Multisizer-ean analizatu zen. Bigarrena, analisi grabimetrikorako erabili zen, hau da, materia partikulatu osoa (TPM), organikoa (POM) eta ez-organikoa (PIM) neurtzeko. Hirugarrena, berriz, a klorofila eta feopigmentuen kuantifikaziorako erabili zen.

Esekiduran zegoen materia partikulatu osoa, hau da, organikoa eta ez-organikoa neurtzeko, honako prozedura honetan oinarritu ginen: esekiduraren bolumen ezagunak, Whatman GF/C motako iragazkietan zehar igaroarazi ziren; iragazki horiek, ur distilatuz garbitu, 110 °C-tan lehortu, zenbakitu eta Mufla motako labean 450 °C-tan 6 ordutan zehar kaltzinatu ziren aldez aurretik. Kaltzinaturiko iragazkien pisua, Sartorius M3P motako balantzan neurtu zen; pisaketa burutu arte, iragazkiak desekadorean mantendu ziren, hidratazio-mailaren aldaketek eragin zitzaketen pisu-aldaketak ekiditeko. Iragazitako materia zuten iragazkiak, % 0.9 (p/b) kontzentrazioa zuen eta itsas urarekin isotonikoa den formiato amonikoz garbitu ziren; honek, iragazkiak gordetako gatzak kentzen laguntzen duelarik, ez die fitoplankton-zelulei ur distilatuak eragin diezaiekeen desoreka osmotikorik eragiten. Honela garbitutako iragazkiak, 110 °C-tan lehortu ziren 48 orduz, ura eta formiato amonikoaren hondakinak lurruntzeko. Berriz pisatzerakoan neurtutako pisuaren emendioa, iragazitako ur-bolumenean esekiduran zegoen materia osoari zegokion, eta beraz, materia partikulatu osoaren kontzentrazioa (TPM: mg l⁻¹) erraz kalkula zitekeen. Ondoren, iragazkiak kaltzinatu (450 °C, 6 orduz) eta berriz pisatu ziren; galdutako pisua, erretako materia organikoari dagokio, eta lehenago neurtutako pisu osoaren eta oraingoan neurtutako

pisu ez-organikoaren arteko kenketaren bidez kalkula daiteke. Emaiza horietatik zuzenean kalkula daiteke materia partikulatu ez-organikoaren (PIM: mg l⁻¹) kontzentrazioa, eta beraz baita organikoarena (POM: mg l⁻¹), osoaren eta inorganikoaren arteko diferentzia modura (TPM-PIM). Kasu guztietan, erabilitako iragazkien % 10 gutxi gora-behera, lagin zuri modura erabili ziren; hauek, laginen prozedura bera jasaten dute eta beraz, tratamenduak eragindako iragazkien pisu-aldaketak ezagutzeko erabiltzen dira.

Pigmentuen kontzentrazioak, a klorofila eta feopigmentuenak hain zuzen ere, Lorenzen-en (1967) metodo monokromatikoaren bidez neurtu ziren. Metodo hau, a klorofila eta a feopigmentuen neurketarako baino ez da baliagarria, baina pigmentu-forma bi horiek dira hain zuzen ere ugariak eta ikertuenak. Bi pigmentu hauek espektroaren alde berean zurgatzen dutelarik, biak batera neurtzeak luzeago eta korapilotsuago egiten du prozedura, baina hala ere, neurketa-era hau sinpleagoak diren beste batzuk baino komenigarriagoa da, klorofila- eta pigmentu-kontzentrazio osoaren arteko erlazioa kalkulatzeko ahalbidetzen duelako. Indize honek, janariaren kalitateari buruzko informazioa eman dezake; baldintza naturaletan, feopigmentuek pigmentu guztien % 50a baino gehiago osa dezakete kostaldeko uretan eta batez ere uhertasun-maila altuko itsasadarretan. Mota honetako analisietarako laginak, bolumena neurtu ondoren, iragazi egin ziren Whatman GF/C iragazkietatik. Azidifikazioz gerta zitekeen degradazioa ekiditeko, % 1eko kontzentrazioa zuen karbonato magnesikoaren 1 ml gehitu zitzaion laginari. Honela trataturiko iragazkiak, ondoren, gorde egin ziren, argirik sartzen uzten ez zuten saiodietan, eta -30 °C-tan. Erauzketa, % 90eko kontzentrazioko azetonan gauzatu zen; errektibo honen iharduera iragazkiaren apurketa mekanikoaren bidez erraztu zelarik, erauzketa gau osoan zehar luzatu zen, eta hurrengo goizean, ingurune-tenperaturara heltzen utzi ondoren, laginak irabiatu eta zentrifugatu egin ziren, 4500 rpm-tan 15 minutuz; horrela, esekiduran zeuden iragazkietatik askatutako beira-zuntzak kendu egin ziren. Gainjalkina espektrofotometrorako kubetetara eraman eta zurgapena neurtu zen, 665 (A665a) eta 750 nm-ko (A750a) uhin-luzeretan. Uhin-luzera horiek, zurgapen maximoa gertatzen deneko eta laginaren uhertasuna neurtzen deneko espektroaren aldeei dagozkien hurrenez hurren, eta beraz, 665 nm-tan lorturiko balio gordinari 750 nm-tan lortutakoa kenduz kalkula daiteke zurgapen zuzendua. Jarraian, 0.3 M zen kloridrikoa gehituz (10 µl, gainjalkinaren ml bakoitzeko) azidifikatu egin zen lagina, klorofila feopigmentu bihurtzeko; bi minutu beranduago berriz neurtu zen zurgapena, uhin-luzera berdinetan (A665d eta A750d). a klorofila eta a feopigmentuen kontzentrazioak hurrengo adierazpenen arabera kalkulatu ziren:

$$\underline{a} \text{ klorofila } (\mu\text{g/l}) = \frac{26.7 (A665ac - A665dc) \times v}{V \times l}$$

$$\underline{a} \text{ feopigmentuak } (\mu\text{g/l}) = \frac{26.7 (1.7A665dc - A665ac) \times v}{V \times l}$$

Adierazpen horietan, A665ac uhertasunerako zuzendutako azidifikazioaren aurreko 665 nm-tan neurturiko zurgapena da (A665 ac = A665a - A750a) eta A665dc, uhertasunerako zuzendutako azidifikazioaren ondorengo 665 nm-tan neurturiko zurgapena

(A665dc = A665 d - A750d). Bestalde, v, erauzketarako erabilitako azetona-bolumena da; lan honetako lagin gehien kasuan 5 ml-ko erauzketa-bolumena erabili bazen ere, zenbait kasutan, laginek pigmentu-kontzentrazio altua zutenean, 10 ml erabili ziren, zurgapenaren balioak ohikoa zen neurketa-tartean koka zitezen. V, pigmentuen kontzentrazioa neurtuko zaion ur-lagin iragaziaren bolumena da. Azkenik, 1 traiektu optikoaren luzera da; hau konstante mantendu zen, erabili ziren kubeta guztiak 1 cm-koak baitziren.

Hemen aurkeztutako neurketez gain, zenbait kasutan laugarren azpilagin bat ere hartu zen, materia partikulatuaren konposaketa elementala aztertzeko, hau da, karbono eta nitrogeno edukinak ezagutzeko. Mota honetako analisiak gauzatzeko, esperimentazio-tankeetatik hartutako laginaren bolumen ezagun bat, kaltzinaturiko Whatman GF/C iragazkietatik zehar igaroarazi zen. Iragazitako materiatik karbono ez-organikoa kentzeko, klorhidriko kontzentratuaren lurrina erabili zen. Tratamendu honen ondoren, iragazkiak izoztuta gorde ziren; prozesatu baino hiru egun lehenago, 50 °C-tan zegoen labera eraman ziren, analizatu arte deshidrataturik mantentzeko. Azkenik, laginak azetanilidaz kalibraturiko Perkin Elmer 2400 C,N,H,S,O elementu-analizadorean prozesatu ziren.

2.3. Parametro fisiologikoen neurketak

Atal honetan, erabilitako parametro fisiologikoak aurkeztuko dira, bere neurketa esperimentalerako prozedurekin batera

2.3.1. Parametro fisiologikoak

Aklaramendu-tasa (Cr: l h⁻¹): animalia iragazte-ihardueraren ondorioz, denbora-unitateko partikularik gabe gelditzen den ur-bolumena adierazten du. Ikerketa honek izan zituen baldintzetan, parametro honek, denbora unitateko animaliak ponpatzen duen ur-bolumena ere adierazten du, animalia gune palealetik igarotzen den ura brankiak zeharkatzean partikularik gabe gelditzen dela onar baitaiteke. Esan beharrekoa da erabili ditugun *Cerastoderma edule* eta *Mytilus edulis* espezieen kasuan esekiduran dagoen materiaren proportzio garrantzitsua osatzen duten partikula guztien edo gehien atxikitze-portzentaia % 100 dela onar daitekeela.

Iragazte-tasa (Fr: mg h⁻¹): brankiek denbora-unitateko iragazten duten materiaren kantitatea adierazten du; kasu honetan kantitatea pisu-unitateetan neurtu bada ere, zenbait kasutan bolumen enpaketatuaren unitateetan ere neur daiteke. Parametro hau, aklaramendutasaren (Cr: l h⁻¹) eta esekidurako TPM (mg l⁻¹) materia partikulatuaren kontzentrazioaren arteko biderketaren bidez kalkula daiteke. Askotan aklaramendu- eta iragazte-tasa (clearance and filtration rates, hurrenez hurren) baliokidetzat hartu badira ere, guk Widdows *et al.*-ek (1979) ezarritako bi aldagaien arteko desberdintasuna gordeko dugu lan honetan.

Gehienetan esekiduran dagoen materia osoaren iragazketa adierazteko erabiltzen bada ere, iragazte-tasa delako terminoa, janeurriaren edozein osagairen prozesatze-tasa adierazteko erabil daiteke. Hortaz, lan honetan honako hauek aurki daitezke:

- Iragazte-tasa (Fr: mg h^{-1})
- Materia organikoaren iragazte-tasa (OFr: mg org h^{-1})
- Materia ez-organikoaren iragazte-tasa (OFr: mg inorg h^{-1})
- Klorofilaren iragazte-tasa (OFr: $\mu\text{g cl h}^{-1}$)
- Karbonoaren iragazte-tasa (CFr: mg C h^{-1})
- Nitrogenoaren iragazte-tasa (NFr: mg N h^{-1})

Parametro hauek, denbora-unitateko iragazi den, hau da, brankiak atxiki duen osagai bakoitzaren kantitatea adierazten dute.

Aldaratze-tasa (Rr: mg h^{-1}): denbora-unitateko sasigorotz modura kanporaturiko materia-kantitatea adierazten du; beraz, iragazi eta gero ingeritu gabe ezpain-palpoek kanporatutako materiala neurtzen du denboraren funtzioan. Iragazte-tasaren kasuan azaldu dugun modu berean, esekidurako edozein osagaitarako defini daiteke aldaratze-tasa hau ere; kasu honetan osagaiak bereiztea are interesgarriago gerta daiteke, osagai bakoitzaren iragazte- eta aldaratze-tasak erkatuz izaera desberdinetako materien prozesatze-diferentziala agerian geldi baitaiteke. Hurrengo aldaratze-tasak erabiliko ditugu.

- Aldaratze-tasa osoa (Rr: mg h^{-1})
- Materia organikoaren aldaratze-tasa (ORr: mg org h^{-1})
- Materia ez-organikoaren aldaratze-tasa (IRr: mg inorg h^{-1})
- Klorofilaren aldaratze-tasa (clRr: $\mu\text{g cl h}^{-1}$)
- Karbonoaren aldaratze-tasa (CRr: mg C h^{-1})
- Nitrogenoaren aldaratze-tasa (NRr: mg N h^{-1})

Ingestio-tasa (IR: mg h^{-1}): denbora-unitateko ingeritu den materia-kantitatea adierazten du. Sasigorotzen ekoizpenik ez dagoenean, ingestio-tasak eta iragazte-tasak bat egiten dute. Ikerketa honetan, beste prozesu batzuen artean, hautespen preingestiboa aztertu nahi zenez, elikadura-baldintza guztiek sasigorotzen ekoizpena eragin zezaten ezarri ziren. Hortaz, ingestio-tasa, iragazte- eta aldaratze-tasen arteko diferentzia modura estimatuko da. Aurreko kasuetan bezala, osagai bakoitzaren ingestio-tasa kalkulatu zen, gerta litekeen osagairen baten lehentasunezko ingestioa aztertzeko asmoz.

- Ingestio-tasa (Ir: mg h^{-1})
- Materia organikoaren ingestio-tasa (OIr: mg org h^{-1})
- Materia ez-organikoaren ingestio-tasa (IIr: mg inorg h^{-1})
- Klorofilaren ingestio-tasa (clIr: $\mu\text{g cl h}^{-1}$)
- Karbonoaren ingestio-tasa (CIr: mg C h^{-1})

- Nitrogenoaren ingestio-tasa (NIr: mg N h⁻¹)

Egestio-tasa (ER: mg h⁻¹): denbora unitateko gorotz modura kanporatu den materia-kantitatea da, eta beraz, zurgatu ez den materia ingeritua kanporatzen deneko abiadura adierazten du. Berriz ere, hurrengo osagaien egestio-tasak izango ditugu kontutan:

- Egestio-tasa (materia osoarena) (Er: mg h⁻¹)
- Materia organikoaren egestio-tasa (OEr: mg org h⁻¹)
- Materia ez-organikoaren egestio-tasa (IEr: mg inorg h⁻¹)
- Karbonoaren egestio-tasa (CEr: mg C h⁻¹)
- Nitrogenoaren egestio-tasa (NEr: mg N h⁻¹)

Zenbait kasutan neurtu bazen ere, klorofilen egestio-tasak ez du garrantzi handirik lan honetan, liseri-hodian zehar gertatzen den klorofila-kontzentrazioaren murrizketa ez delako bere osotasunean zurgapenak eragindakoa; izan ere, urdailetik igarotzerakoan azidifikazioak eragindako murrizketa ere gertatzen da. Beraz, markatzaile ona ez denez, ez dugu kontutan hartuko osagai honen egestio-tasa.

Zurgapen-tasa (AR: mg org h⁻¹): denbora-unitateko zurgatu den materia-kantitatea. Oraingoan, materia organikoaz ari gara bakarrik, ez baita materia ez-organikoaren zurgapenik gertatzen bibalbio itsastarren liseri-hodietan (Conover 1966; Cranford & Grant, 1990; Navarro & Thompson, 1994). Hortaz, hurrengoak aztertuko dira:

- Zurgapen-tasa (AR: mg org h⁻¹)
- Karbonoaren zurgapen-tasa (CAR: mg C h⁻¹)
- Nitrogenoaren zurgapen-tasa (NAR: mg N h⁻¹)

Goiago esan denaren arabera, klorofilen benetako egestio-tasa modu zehatzean ezin neur daitekeenez, ez daukagu era berean osagai honen zurgapen-tasa neurtzerik. Parametro honen estimazio zehatzak erradioisotopoen erabilera edo, bestalde, klorofilaren degradazio-produktu guztien kuantifikazio zehatza eskatuko luke (Hawkins *et al.*, 1986).

Orain arte aurkeztu diren tasetan oinarrituz, janeurriaren aldaketen aurrean erakutsitako erantzunak aztertzeke lagungarri izan daitezkeen zenbait indize eta etekin kalkula daitezke. Lan honetan, hurrengoak erabiliko ditugu:

Aldaratua gertatzen den materia iragaziaren proportzioa (Rr/Fr): aldaratze-tasa eta iragazte-tasetan oinarritzen da. Beraz, janeurria osatzen duen edozein osagaitarako kalkula daiteke: materia organikoa (ORr/OFr), ez-organikoa (IRr/IFr), klorofila (clRr/clFr), karbonoa (CRr/CFr) eta nitrogenoa (NRr/NFr). Indize hauek 0 eta 1 tarteko balioen artean egon daitezke: 0 sasigorotzik ekoizten ez denean, eta 1 iragazitako materia guztia kanporatuko balitz. Bestalde, indize honek eta Ir/Fr indizeak, (azken honek iragazi den materiati zein proportzio ingeritu den adierazten duelarik), erlazio estua dute: $Fr = Ir + Rr$ denez, orduan $Rr/Fr = 1 - Ir/Fr$ da.

Sasigorotzen edukin organikoa (p): aldaratutako materia organikoaren eta osoaren arteko proportzioa da. Materia organikoaren aldaratze-tasa (ORr) eta (materia osoaren) Rr aldaratze-tasaren arteko zatiketaren bidez kalkula daiteke

Ingerituriko materiaren edukin organikoa (i): ingeritutako materiak barruan duen materia organikoaren proportzioa da. Ingestio-tasa organikoaren (OIr) eta materia osoaren Ir ingestio-tasaren zatiketaren bidez kalkulatzen da, $i = OIr/Ir$ baita.

Gorotzen edukin organikoa (h): gorotzetako materia osoaren barruan materia organikoa duen proportzioa adierazten du. Egestio-tasa organikoaren eta osoaren arteko zatiketaren bidez kalkulatzen da, $h = OEr/Er$ baita.

Ikusi ditugun parametro erlatibo horietaz gain, janariak duten energiaren lorpenerako, animaliek erabiltzen dituzten zenbait prozesuren etekina neurtzeko erabili ohi diren beste parametro batzuk ere kontutan izango ditugu:

Atxikipen-etekina (RE): animaliak ponpatzen duen ura brankietatik igaroaraztean organo honek partikulak atxikitze duen gaitasuna adierazten du. Brankiek iragazki modura jokatzen dutela onartuz, partikulak "harrapatze" gaitasuna, iragazki-sarea osatzen duten kirru laterofrontalen arteko distantziaren arabera izango da, distantzia horrek mugatuko baitu atxiki daitezkeen partikulen gutxieneko tamaina. Etekina, partikulen tamainaren arabera izango denez, parametro hau neurtzen denean zein tamainatarako egin den azaldu behar da.

Hautespen-etekina (SE): iragazitako materiaren osagaien lehentasunezko ingestioaren indikatzailea da; hots, osagai batzuk besteekin erkatuz preferentzialki ingeritzen ote diren, eta lehentasunezko tratamendu hori zein intentsitatez gertatzen den neurtzen du indize honek. Osagai zehatzik aipatzen ez den artean, hautespen-etekina aipatzean, iragazitako materia organikorako lehentasuna adierazten duenaz arituko gara ikerlan honetan.

Indize honen kalkulurako, p sasigorotzen edukin organikoa eta f janariarena erkatzen dira, hautespen-etekina honela kalkulatuz: $SE = 1 - p/f$; adierazpen honen arabera, hautespenik ez dagoenean $p = f$ denez, indizeak 0 balio hartuko luke; bestalde, bere balio maximoa, $SE = 1$ litzateke, sasigorotzetan materia ez-organikoa baino kanporatuko ez balitz.

Materia organikorako erabili den modu berean, indize hau baliagarri gerta dakiguke edozein osagaien lehentasunezko tratamendua agerian jartzeko; horretarako, osagai horren sasigorotzetako edukina eta janarian duen kontzentrazioa erkatuko ditugu. Lanean zehar, honako hauek aurki daitezke:

- Karbonoaren hautespen-etekina (SEc)
- Nitrogenoaren hautespen-etekina (SEn)
- Klorofilaren hautespen-etekina (SEcl)

Detritusen hautespen-etekina (SEd): fitoplanktonarekin batera izaera detritikoko materia organiko partikulatua erabili deneko esperimenduetan, bi motetako materia organikoetarako lehentasun-maila neur daiteke. Hortaz, algala ez den sasigorotzen eta janeurriaren materia organikoaren kontzentrazioen erkaketaren bidez, materia detritikoaren hautespen-etekina neur daiteke.

Hautespenari buruzko informazioa arakatzuz, argi ikus daiteke fenomeno hau ikertu duten lan gehienetan hautespen-maila kontutan hartu ez dela: ugariak dira hautespena gertatzen den ala ez den soilik finkatzen saiatu direnak; mota honetako prozesuak aztertu direnean, gainera, hurbilketa-era anitzak aurki daitezke. Indize guztiek materia ingerituak edo aldaratuak duen osagaiaren baten kontzentrazioa, materia iragaziak duen osagai horren kontzentrazioarekin erkatzen dute, baina erreferentziatzat harturiko parametroa desberdina da kasu gehienetan.

Hautespen-etekinaren lehendabiziko neurketa, *M. edulis* muskuiluan egin zen, sedimentu naturalaren eta fitoplanktonaren nahasketaz elikatu ziren animalietan (Kjørboe *et al.*, 1980). Kasu honetan erabili zen hautespen-etekinaren indizea, sasigorotzek eta janariak zuten klorofila-kontzentrazioen erlazio modura adierazi zen, hots, gure lan honetan definitu dugunaren inbertsoa ($= 1 / [1 - SE]$). Guk hautespen-etekina adierazteko erabiliko dugun indizea (SE, Navarro *et al.*-enetik (1992) hartua) eroso da eta esangarria: 0 eta 1 zenbakien arteko balioak har ditzakeelarik, zuzenean adierazten du aztertutako osagaiaren hautespenerako organo palealek duten gaitasuna.

Zurgapen-etekina (AE): liseri-hodian zurgatzen den materia organiko ingerituaren proportzioa adierazten duelarik, ingeritzen den materiari ateratzen zaion etekinaren indikatzailea da, hots, $AE = Ar/OIr$

Sasigorotzik ekoizten ez denean, ingestio- eta iragazte-tasek bat egiten dute, eta beraz, materia organiko iragazitik zurgatzen den proportzioa adierazten du orduan zurgapen-tasak. Azken hau da, hain zuzen ere, elikaduraren fisiologia ikertu duten lanetan betidanik erabili den definizioa. Esan beharrekoa da, baina, lehendabiziko definizioa edozein baldintzatarako baliagarria den artean, bigarrena, iragazitako materia guztia ingeritzen denean soilik erabil daitekeela. Terminologia zalantzagarria ekiditeko asmoz, lan honetan bi adierazpen desberdin erabiliko ditugu, benetako zurgapen-etekina (AEt) eta itxurazko zurgapen-etekina (AEa), hurrenez hurren zurgatzen diren materia ingerituaren eta materia iragaziaren proportzioak adierazteko (Iglesias *et al.*, 1992).

2.3.2. Parametro fisiologikoen neurketa

Orain arte aipatu diren tasa fisiologiko guztiak, biodeposizioaren metodoaren bidez kalkulatu ziren. Metodo honen prozedura jarraian azalduko dugu: animalia bakoitzak denbora-tarte ezagun batean ekoiztitako biodeposito guztiak (gorotzak eta sasigorotzak) batu ziren; gorotzak eta sasigorotzak banandurik bildu ziren, egestio-tasen eta aldaratze-tasen

kalkulua ahalbidetzeko. Hala ere, bi biodeposito-motek tratamendu bera jasan zuten: mota bakoitzeko gorotz guztiak bildu ondoren, bolumen ezagun batean homogeneizatu ziren, eta bolumen horretatik hartu ziren osagai desberdinen kontzentrazioen neurketetarako erabili ziren azpilaginak. Biodepositoen kantitatea nahikoa zenean, hiru alikuota hartzen ziren: lehena, analisi grabimetrikorako, bigarrena klorofilen neurketarako, eta hirugarrena C eta N osagaien kontzentrazioaren analisirako. Materia-kantitatea urria zenean, analisi grabimetrikoari lehentasuna eman zitzaion, hori baitute erreferentzia gisan beste neurketa guztiek; gainerako lagina, orokorrean kantitate txikiagoz burutu ahal den klorofilen analisirako erabili zen. Analisi-mota edozein zelarik ere, alikuota guztiak, bere bolumena (ml) neurtu ondoren, iragazi egin ziren Whatman GF/C iragazkiak erabiliz; ondoren, 2.2.2. atalean azaldu den erara prozesatu ziren iragazkiak, janariaren laginen kasuan egin zen modu berean.

Sasigorotzen laginen analisi grabimetrikoa egin ondoren, materia osoaren aldaratze-tasa (R_r : mg h^{-1}) eta materia ez-organikoaren aldaratze-tasa ($I R_r$: mg inorg h^{-1}) kalkula daitezke, eta beraz, materia organikoaren aldaratze-tasa ($O R_r$: mg org h^{-1}) bien arteko diferentzia modura estimatu zen. Modu berean, gorotzen laginetatik abiatuz, materia osoaren (E_r : mg h^{-1}), organikoaren ($O E_r$: mg org h^{-1}) eta ez-organikoaren ($I E_r$: mg inorg h^{-1}) egestio-tasak kalkulatu ziren. Liseri-hoditik igarotzean, materia ez-organikoa markatzaile modura erabil daiteke zurgatzen ez bada, eta hortaz, materia ez-organikoaren aldaratze- eta egestio-tasetatik abiatuz, bere iragazte-tasa kalkula daiteke, $I F_r = I R_r + I E_r$ baita. Materia ez-organikoaren iragazte-tasa, definizioz, aklaramendu-tasaren (C_r : l h^{-1}) eta PIM (mg inorg h^{-1}) materia ez-organikoaren arteko biderkadura da eta beraz, osagai ez-organikoaren biodeposizioan oinarrituz, denbora-tarte bakoitzari dagokion aklaramendu-tasa estima daiteke. Ondoren, materia osoaren (F_r : mg h^{-1}) eta organikoaren ($O F_r$: mg org h^{-1}) iragazte-tasak, hurrengoak biderkatuz lor daitezke: aklaramendu-tasa eta TPM materia osoaren eta POM materia organikoaren esekidurako kontzentrazioak. Materia osoaren (I_r : mg h^{-1}), organikoaren ($O I_r$: mg org h^{-1}) eta ez-organikoaren ($I I_r$: mg inorg h^{-1}) ingestio-tasak, bestalde, dagozkien iragazte- eta aldaratze-tasen arteko diferentzia modura kalkulatzeko dira ($I_r = F_r - R_r$; $O I_r = O F_r - O R_r$; $I I_r = I F_r - I R_r$). Honela estimaturiko ingestio-tasaren eta gorotzen azterketaren ondoren lortutako egestio-tasaren arteko diferentziak, zurgapen-tasaren balioa adierazten du: $A_r = I_r - E_r$.

Behin janariaren prozesatze-tasak kalkulatu, pigmentuen eta osagaien analisisetatik lortutako konposaketari buruzko informazioa abiapuntutzat hartu zen klorofila- karbono- eta nitrogeno-balantzeak kalkulatzeko. Osagai horien guztien iragazte-tasa, aklaramendu-tasa eta janariaren osagaien kontzentrazioa biderkatuz lortu zen; modu berean, aldaratze-tasa eta sasigorotzek duten osagaiaren kontzentrazioak biderkatuz, osagaien aldaratze-tasa estimatu zen; ondoren, ingestio-tasak aurreko iragazte- eta aldaratze-tasen diferentzia modura kalkulatu ziren; azkenik, zurgapen-tasaren kalkulurako osagai bakoitzaren ingestio- eta egestio-tasen arteko kenketa egin zen (azken hau egestio-tasaren eta gorotzek zuten osagaiaren kontzentrazioaren arteko biderkaketa emaitza modura kalkulatu). Klorofilaren kasuan ez zen balantze osoa neurtu, 2.3.1 atalean aurkeztu diren arrazoiengatik.

Materia osoaren eta osagai bakoitzaren iragazte-, aldaratze-, ingestio- eta zurgapen-tasetatik abiatuz, mota bakoitzeko material aldaratutako, ingeritutako eta zurgatutakoaren proportzioak kalkulatzeko eragiketa erraza da.

2.4. Datuen estandarizazioa

Janariaren prozesatze-tasetan beha daitekeen aldagarritasunean eragina duten faktore nagusietariko bat, erabilitako animalien tamaina da. Aldagai horren eragina neurtzea ez zegoen gure helburuen artean eta beraz, esperimentu bakoitzerako tamaina ahalik eta antzekoen zuten aleak aukeratu ziren; erreferentziatzat hartu zen parametroa, kiskuaren altuera izan zen *Cerastoderma edule*ren kasuan; *Mytilus*en kasuan aldiz, luzera.

Neurketa fisiologikoak bukatu ondoren, animalien ehunak kuskuetatik banandu ziren eta ehunak 48 orduz 80 °C-tan zegoen labean mantendu ondoren, ale bakoitzaren pisua neurtu zen.

Tasa guztien estandarizazioa edo zuzenketa, hurrengo adierazpenaren arabera gauzatu zen.

$$Y_{st} = Y_{ex} (P_{st}/P_{ex})^b$$

Adierazpen honetan, Y_{st} pisu estandarreko animalari dagokion tasa da, eta Y_{ex} , esperimentalki neurtutakoa; P_{st} eta P_{ex} , pisu estandarra (erreferentzia modua hartutakoa) eta behatutako pisua dira hurrenez hurren; azkenik, b , tasa fisiologikoen eta pisuaren arteko erlazioarako adierazpenean dagoen berreduraren balioa da:

$$Y = aX^b$$

non Y tasa fisiologikoaren balioa eta X animalien pisua diren.

Guk *Cerastoderma* eta *Mytilus* espezieen janariaren prozesatze-tasak estandarizatzeko erabili ditugun b -ren balioak, 0.57 (Bayne & Newell, 1980; Larretxea, 1995) eta 0.66 (Møhlenberg & Riisgard 1979) izan dira hurrenez hurren. Koefiziente hauek, izatez, aklaramendu-tasaren eta tamainaren arteko erlazioa adierazteko lortu ziren baina, orain arte jaso dugun informazioan aldaratze- eta zurgapen-tasek alometria desberdinak azaltzen dituztenik aurkitu ez dugunez, janariaren prozesatze-tasa guztietarako baliagarriak direla onartu dugu.

Erreferentzia-modura erabili den pisuari dagokionez, *Cerastoderma* margolaren kasuan, bi pisu estandar erabili zirela esan behar da: 200 mg eta 500 mg, esperimentuen arabera. Honen arrazoia, hurrengo da: estandarizazioak burutzean egiten diren zuzenketa, neurketak egin direneko tartetik asko urruntzen badira, estrapolazio-arazoak ager daitezke; beraz, kasu bakoitzean neurtu ziren pisuen balioen adierazgarri zen erreferentzia-pisua hartu

zen. *Mytilus*en kasuan, kontu bera dela kausa, aukeratu zen erreferentzia-pisua, 350 mg izan zen.

2.5. Analisi estatistikoak

Lan honetan lortutako datuen azterketarako erabili ziren analisi estatistikoak, helburu modura genuen parametro fisiologikoen eta janarien ezaugarrien arteko menpekotasun-erlazioen ezagueraren arabera finkatu ziren. Horretarako, erregresio-prozedura desberdinetara jo genuen: erregresio lineal bakuna, parametroen aldagai beregain batekiko menpekotasun lineala adierazteko; erregresio lineal anizkoitza, bestalde, menpekotasun-mota bera azaltzeko baina aldagai bakarrarekikoa izan beharrean zenbait aldagai eta horien arteko elkarrekintzekiko menpekotasuna adierazi nahi zenean; erregresio polinomiala eta ez-lineala, azkenik, menpekoak eta beregainak ziren aldagaien arteko erlazioa kurboa zenean.

Linealak ez ziren funtzioen doiketakarako, BMDP Statistical Software delako mikroprozesatzaileetarako pakete estatistikoan eskuragarri dagoen "Derivative-free nonlinear regression" izeneko prozedura erabili zen. Bestelako erregresio lineal guztiak eta erregresio polinomialak ere, StatviewTMII estatistika-programaren laguntzaz gauzatu ziren.

3

Sestonaren kontzentrazio- eta konposizio-aldaketek Cerastoderma edule bibalbioaren elikatze- prozesuetan eragindako aldagarritasuna.

3.1. Sarrera

Cerastoderma edule (L.) bibalbioak, iragazle infaunala dugularik, materia partikulatuari dagokionez oso aldakorrek diren habitatak betetzen ditu; berez, aldagarritasun-maila altua ikus daiteke animaliak bizi direneko sedimentuan zein janaria lortzen duteneko ur-zutabeen ere.

Espezie honek, energia-lorpenerako parametro fisiologikoen malgutasun-maila altua erakusten dutelarik (Iglesias *et al.*, 1992; Navarro *et al.*, 1994), sestonean gerta daitezkeen kalitate-aldaketa sakonei aurre egin diezaieke. Hori da, behintzat, materia partikulatuaren kontzentrazio ertainetarako (1 eta 10 mg l⁻¹ tartean) frogatu dena. Margolek duten elikatze-tasen doiketarako gaitasuna eta elikadura-balio gabeko edo gutxiko partikulak lehentasunez kanporatzeko ahalmena dira energia-lorpena maximizatzeko oinarritzko mekanismoak, esekiduran dagoen materiaren partikula ez-organikoen edukina altua denean.

Ikerketa honen helburu nagusia, hain zuzen ere, parametro fisiologikoen eta janariaren ezaugarrien arteko erlazio funtzionalak sestonaren kontzentrazio-tarte zabalagorako ezartzea zen, lehenago ere eztabaidatu den ikuspuntu teorikoaren inguruan (Iglesias *et al.*, 1992; Navarro & Iglesias 1993; eta Navarro *et al.*, 1994). Zehatzagoak izateko, ikerketa honen zergatia Frantziako Marennes-Oleron badiako ingurune-baliabideen eta bibalbioen arteko harreman trofiko oinarritzkoak finkatzeko beharrezanean datza, zeren eta badiak duen ekoizpenaren euste-ahalmena estimatzeko balioko duen eredia eraikitze behar-beharrezkoa baita erlazio trofiko horien ezauguera sakona (Grant *et al.*, 1996). Helburu hori lortzeko, ahalik eta sestonaren kontzentrazio- eta kalitate-tarte zabalenean neurtu ziren janariaren lorpen- eta prozesatze-tasak. Prozesatze-tasa hauek masa osoaren unitateetan zein

materia organiko eta ez-organikoaren unitateetan neurtu ziren; gainera, klorofila-, karbono-, eta nitrogeno-edukinak ere neurtu zirenez, osagai hauen lehentasunezko prozesamendua ere analizatu zen. Bestalde, datu esperimentalei doituriko erlazio estatistikoen bidez, berreseki daitekeen sedimentuaren edukin organikoan gerta daitezkeen aldaketek izango luketen ondorioa ere baloratu dugu energia-unitateetan.

3.2. Materiala eta Metodoak

3.2.1. Animalien biltzea eta laborategiko baldintzetan ipintzea.

Lan honetan kontutan izango ditugun esperimentuak, Frantziako La Tremblade herrian dagoen Ifremer Institutuko Labeim-Urea zentruan eraman ziren aurrera. Bi esperimentu-saio burutu ziren 1991 eta 1992 urteetako iraileetan.

Bi aldietan erabili ziren animaliak, Ronce les Bains herriko populazio naturaletik hartu eta laborategira eraman ziren, esperimentuetako prozedura hasi baino hamar egun lehenago. Epe horretan zehar, itsas uraren sistema irekian mantendu ziren. Kanpoan tankeetan artifizialki eragindako *Skeletonema costatum* bloom bateko alga diatomeazeoa gehituz hobatu zen itsas uraren kalitatea. Tenperatura, 20-24 °C tartean mantendu zen.

Egokitze-aldiaren ondoren, erabili beharreko animaliak (4 eta 9 tartean, baldintzen arabera), banakako ontzietan jarri ziren, eta horietatik zehar, badiatik zuzenean ponpaturiko ur-fluxua igarotzea eragin zen. Elikadura-baldintza desberdinak prestatzeko erabili ziren partikula-mota desberdinak (zenbait mikroalga-espezie eta sedimentu naturala), nahasterako ontzi batera dosifikatzen ziren; bertan, partikula horiek itsas urarekin diluitzen zirelarik, geroago ontzietarantz bidaltzen zen uraren konposizioa denetan berdina zela ziurtatzen zen. Partikulak dosifikatzen zireneko tasa, eta azkenean janeurrian partikula bakoitzak zuen proportzioa, esekiduran zegoen materiaren kalitate eta kantitatean hein ahalik eta zabalena lortzeko helburuz finkatu ziren. Hala ere, badiatik ponpaturiko uraren kontzentrazioa eta edukin organikoa aurrenezina gertatu zenez, ez zen janeurri bakoitzaren ezaugarriak zehazki finkatzerik izan, eta beraz, *a posteriori* neurtu ziren. Erabilitako janeurri bakoitzaren konposaketa, honako hau izan zen:

1991ko iraila

A janeurria: Itsas ur naturala, *Skeletonema costatum* bloom artifizialez hobetua.

B janeurria: Itsas ur naturala.

C janeurria: Itsas ur naturala, badiako hondoko sedimentu-partikulez hornitua.

D janeurria: Itsas ur naturala, laborategiko baldintzetan hazitako *Tetraselmis suecica* (Kyllin. Butch) eta *Thalassiosira pseudonana* (Hasle & Heindal) espezieetako alga-zelulez hobetua.

1992ko iraila

E janeurria: *Skeletonema costatum* bloom artifiziala, *Chaetoceros calcitrans* (Takano) e *Isochrysis galbana* (Parke) espezieetako algaz hobetua.

F janeurria: *Skeletonema costatum* bloom artifiziala, itsas ur iragaziaz diluitua eta, *Tetraselmis suecica* eta *Isochrysis galbana* espezieetako zelulez hobetua.

G janeurria: *Skeletonema costatum* bloom artifiziala, itsas ur iragaziaz diluitua eta, *Chaetoceros calcitrans* eta *Pavlova lutheri* (Droop. Green) espezieetako zelulez hobetua.

H janeurria: *Skeletonema costatum* bloom artifiziala, itsas ur iragaziaz diluitua eta *Pavlova lutheri* eta *Tetraselmis suecica* espezieetako zelulez hobetua.

Mikroalga-espezieen kantitatea ez zen erabili algen konbinaketa desberdinek eragin dezaketen erantzun espezifikoak aztertzeke, esekiduran zegoen materiaren edukin organikoan hein zabalena erdiesteko baizik; edozein kasutan, zenbait fitoplankton-espeziez osatutako janeurriek badute abantaila bat: antzekotasun altuagoa bide dute fitoplankton naturalean agertzen den mikroalgen dibertsitatearekin.

3.2.2. Neurketak

3.2.2.1. Esekidurako materia partikulatuaren ezaugarriak

Esperimentazio-aldian zehar, gutxi gora-behera 90 minutuko tarteaz, ur-laginak hartzen ziren kontrol modura erabiltzen ziren ontzietatik. Bakoitzetik lau alikuota hartu ziren: lehena esekiduran zeuden partikulen bolumen enpaketatua neurtzeko erabili zen (VOL: mm³ l⁻¹); bigarrena, TPMaren, POMaren eta f-ren neurketarako; hirugarrenaren bidez, berriz, a klorofilaren kontzentrazioa neurtu zen, eta azkena, karbono organiko eta nitrogeno partikulatuaren kontzentrazioa finkatzeko erabili zen. 2.2.2. atalean azaldu diren zehaztasunen arabera prozesatu ziren laginak.

3.2.2.2. Biodepositoen bilketa eta parametro fisiologikoen neurketa

Janeurriak eman zitzaizkieneko 12 orduetan zehar, animalia bakoitzak ekoitzi zituen gorotz eta sasigorotz guztiak, denbora-tarte ezagunetan biltzen ziren, banandurik; janari-baldintza bakoitzaren pean burutu zen bilketa-kopurua, aldagarria gertatu zen, zeren eta

mota bakoitzeko biodeposito nahiko izateko beharrezkoa zen denbora (prozesatze-tasaren arabera izanik), jaki-motaren arabera desberdina izan baitzen.

Janeurrien ezaugarrien azterketak, janariaren gertutasunean aldagarritasun-maila altua gertatu zela adierazi digu; hortaz, baldintza bakoitzaren pean gauzatutako biodeposito-bilketak erreplikatzat hartu beharrean, lagin desberdinak zirelakoan aztertu ziren. Biodeposito modura ekoiztutako materia osoa eta organikoaren kuantifikazioak egestio-, aldaratze-, iragazte- eta zurgapen-tasak estimatzea ahalbidetu zuen, eta bai horietatik erator daitezkeen parametroak estimatzea ere, 2.3.2. atalean azaldu diren prozeduren arabera.

3.2.3. Prozesatze-tasen estandarizazioa

Neurketa fisiologikoak bukatu zirenean, animalien ehunak maskorretatik banandu eta pisua neurtu zitzaient, labean 48 orduz 80°C-tan egon ondoren. Horrela, ehunen pisu lehor osoa neurtu zen. Beraz, lorturiko tasa fisiologikoak, 500 mg-ko pisu estandarerrako zuzendu ziren, 2.4. atalean aurkeztutako normalizaziorako prozeduraren arabera.

3.2.4. Tratamendu estatistikoa

Janeurriaren ezaugarrien eta parametro fisiologikoen arteko erlazio funtzionalak ezartzeko, erregresio-ereduetara jo genuen. Doitu behar zen ekuazioaren arabera, prozedura desberdinak erabili ziren: lineal bakuna, polinomiala, lineal anizkoitza, eta kurbilineala. Parametro fisiologiko bakoitzari doituriko funtzioen zehaztasunak, dagokion Emaitzak atalean azalduko dira.

3.3. Emaitzak

3.3.1. Elikadura-baldintzak.

3.1. Taulan adierazi dira erabilitako janeurrien ezaugarriak. A, B eta D janeurriak, antzekoak gertatu ziren TPM materia partikulatuaren kontzentrazioari eta f edukin organikoari dagokionez. A eta D janeurrien kasuan fitoplankton-kultiboak erabili ziren arren, alga-zelulen gehipenak ez zuen B baldintzarekin erkatuz emendio esangarririk eragin edukin organikoan; hortaz, erabilitako alga-kantitatea itsas uretan esekiduran zegoen materia osoaren portzentaia txiki bat besterik ez zela ondoriozta dezakegu. C janeurriaren kasuan, sedimentua gehitzean itsas uraren materia organikoa diluitu zelarik, esekiduraren edukin organikoa jaitsi egin zen. E, F, G eta H janeurrien prestakuntzan itsas ura erabili beharrean hasierako esekidura modura, eragindako *Skeletonema costatum* algaren bloomak erabili zen, eta beraz, janeurri hauek edukin organiko altuagoak azaldu zituzten. *Skeletonema*ren kultiboak edukin organiko nahiko baxua agertu zuen, diluitu gabeko kultibo artifizialaz

osaturiko E janeurriaren f-ren baliotik ondoriozta daitekeenez. F, G eta H janeurriek dagokienez, edukin organikoa esekiduran zegoen materia osoaren proportzio hazkorra zela behatu genuen; horrelaxe behar zen, bestalde, zeren eta hasierako esekiduran zegoen materia ez-organikoaren kantitate konstante bati (*Skeletonemaren* bloomean zegoenari) gehitzen baitzitzaizkion zelula algalen kantitate aldakorrak.

3.1. Taula. Erabilitako janeurrien ezaugarriak. TPM (mg l⁻¹): materia partikulatu osoaren kontzentrazioa; POM (mg l⁻¹): materia organiko partikulatuaren kontzentrazioa; f (POM/TPM): materia partikulatuaren edukin organikoa; VOL (mm³ l⁻¹): esekiduran dauden partikulen bolumen enpaketatua; q (mg POM mm⁻³): janariaren kalitatea, unitate bolumetrikotik; cl a (mg l⁻¹): a klorofilaren kontzentrazioa; C/N: karbono/nitrogeno indizea, masa-unitateetan. Aurkeztutako datuak, batezbesteko balioak (± d. e.) dira. n = 8 da A, B, C eta D janeurrien kasurako eta n = 4 da E, F, G eta H janeurrietarako.

Janeurria	TPM	POM	f	VOL	q	cl a	C/N
A	6.959 ± 2.473	2.294 ± 0.690	0.339 ± 0.064	5.992 ± 2.082	0.3915 ± 0.0711	0.0216 ± 0.0120	6.3379 ± 0.7554
B	5.447 ± 0.965	1.527 ± 0.254	0.281 ± 0.035	3.275 ± 0.516	0.5047 ± 0.0967	0.0049 ± 0.0019	7.3977 ± 1.2809
C	21.420 ± 2.764	3.220 ± 0.376	0.151 ± 0.012	6.340 ± 1.133	0.5149 ± 0.0487	0.0038 ± 0.0009	7.2122 ± 0.4189
D	7.873 ± 0.786	2.245 ± 0.161	0.286 ± 0.018	5.750 ± 0.651	0.3935 ± 0.0362	0.0217 ± 0.0019	6.2087 ± 0.4379
E	12.834 ± 0.640	7.027 ± 0.382	0.548 ± 0.026	42.100 ± 1.730	0.1618 ± 0.0181	0.1362 ± 0.0068	5.5883 ± 0.1182
F	11.339 ± 0.966	7.849 ± 0.531	0.647 ± 0.075	38.725 ± 7.186	0.2100 ± 0.0377	0.1487 ± 0.0153	5.4655 ± 0.2323
G	8.645 ± 0.966	5.950 ± 0.591	0.689 ± 0.013	23.170 ± 0.600	0.2574 ± 0.0298	0.1342 ± 0.0067	5.6140 ± 0.1195
H	16.990 ± 1.240	12.668 ± 0.966	0.746 ± 0.006	52.715 ± 2.500	0.2326 ± 0.0089	0.2719 ± 0.0360	6.0544 ± 0.2768

3.3.2. Aklaramendu- eta iragazte-tasa

Cerastodema edule espeziea erabiliaz burutu diren zenbait esperimentuk frogatu dutenez, iragazte-tasa (Cr: l h⁻¹), esekiduran dagoen materia partikulatuaren kontzentrazioaren funtzio esponentzial negatiboa da, eta menpekotasun-maila janeurriaren edukin organikoaren araberakoa (Iglesias *et al.*, 1992; Navarro *et al.*, 1994). Batera azaltzen diren eragin horien gertaera ezagutzeko, Navarro *et al.*-ek (1994) erabili zutenaren antzeko prozedura aukeratu genuen: unitate bolumetrikotik (VOL: mm³ l⁻¹) adierazitako partikula-kontzentrazioaren, (q: mgPOM mm⁻³) kalitatearen eta (VOLxq) elkarrekintza-terminoaren

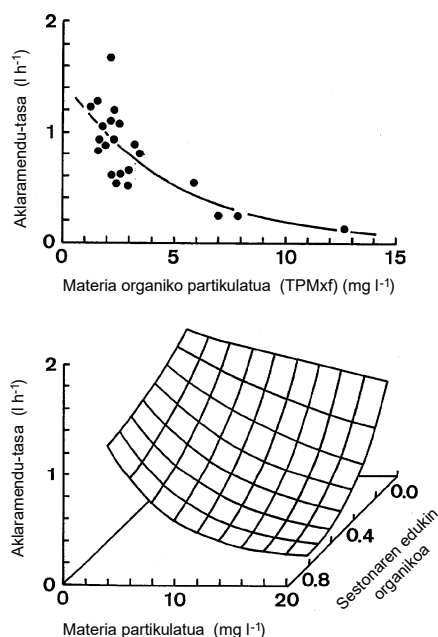
funtzio esponentzial modura saiatu genuen aklaramendu-tasa. Horrela, janariaren gainerako prozesatze-tasa guztiak (sasigorotzen ekoizpena, ingestio eta egestioa) unitate grabimetrikoetan neurtu ziren eta beraz, pisu-unitateetan adierazitako janariaren parametroei doitu genien aklaramendu-tasaren ekuazioa, hau da, TPM (mg l^{-1}) eta ($f = \text{POM/TPM}$) edukin organikoaren funtzio modura adierazi genuen. Erregresio ez-linealez doituriko ekuazioa ondoko hau izan zen:

$$\text{Cr} = e^{(0.3968 (\pm 0.0860) - 0.2118 (\pm 0.0339) \text{TPM} \times f)} \quad (3.1. \text{ Ek.})$$

$$\text{a.-g.} = 112, r^2 = 0.498$$

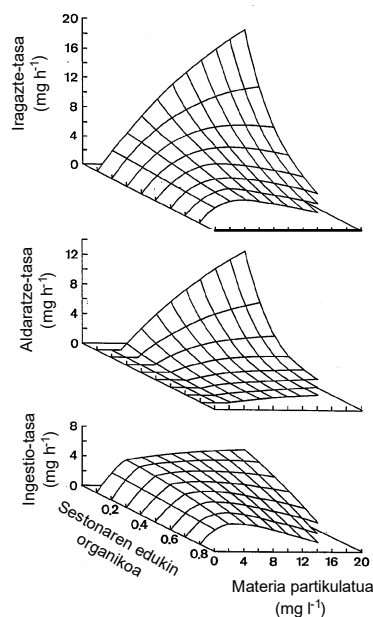
Eredu honen arabera, aklaramendu-tasa esponentzialki jaisten da esekidurako materia-kontzentrazioa emendatzen denean, eta beherapena gertatzen deneko abiadura, altuagoa da esekidurako edukin organikoa altuagoa den neurrian; beste era batean esanez, zenbat eta janariaren kalitatea altuago izan, hainbat eta negatiboagoa da aklaramendu-tasaren eta partikula-kontzentrazioaren arteko menpekotasun-maila. Eragin hori argi ikus daiteke **3.1. Irudian**, non Cr-aren eta TPMaren arteko menpekotasuna bi erataraz adierazi den: Goiko irudian, neurturiko Cr-aren datu esperimentalen batezbestekoak adierazi dira, behatutako TPMxf konbinaketa bakoitzerako; lerroa, bestalde, 1 Ekuazioak auresaten dituen Cr balioen aldagarritasunaren adierazle da. Beheko irudian funtzio berak definitzen duen erantzun-azalera adierazi da gure ikerlanean aurkitu ziren TPM eta f-ren balioen tarterako. Ikus daitekeenez, TPM balioen eta edukin organikoaren emendioak eragiten duen Cr-aren beherapena nabaria da oso; aklaramendu-tasa altuenak seston-kontzentrazio baxuenei eta edukin organiko baxuenei dagozkie, beraz.

Eraitza hauek ez daude guztiz ados Navarro *et al.-ek* (1994) sestonaren kontzentrazio eta kalitateen hein zabalean lan egin zutenean lortutakoekin. Desberdintasunak baina, ikerketa honetan araztutako eredua sasigorotzen ekoizpenerako atari-mailatik gorako kontzentrazioetan egiteagatik izan daitezke, eta beraz, kontutuan izan behar da interpretazioek bere mugak dituztela; baliteke, beraz, eredu hau atari-mailatik beherako baldintzetan, margolen elikadura-erantzuna azaltzeko egokia ez izatea.



3.1. Irudia. *A) Aklaramendu-tasa (Cr: l h^{-1}), sestonaren kontzentrazioaren eta esekiduraren edukin organikoaren arteko erlazioaren arabera. Puntuak, elikadura-baldintza desberdinetan neurturiko Cr-aren batezbesteko balioen adierazle dira. Lerroa, datu bakunei doituriko ekuazioari dagokio (ikus 3.1. Ekuazioa). B) Ikerlan honetan behatutako materia partikulatuaren kontzentrazioaren eta edukin organikoaren tarterako aklaramendu-tasaren eboluzioaren adierazle den erantzun-azalera.*

Iragazte-tasak (Fr: mg h^{-1}), aklaramendu-tasa (Cr: l h^{-1}) eta esekidurako materia partikulatuaren kontzentrazioa (TPM: mg l^{-1}) biderkatuz kalkulatu zirenak, **3.2. Irudian** adierazi dira (goiko irudia) TPMaren eta f-ren arteko konbinaketaren tarte zabal baterako. Ikus daitekeenez, erantzun-azalerak, agerian utzi du iragazte-tasaren eta sestonaren kalitate eta kuantitatearen adierazgarri diren parametroen artean dagoen menpekotasun konplexua. Jakiaren edukin organikoa baxua denean, iragazte-tasa emendatu egiten da partikula-kontzentrazioa altuagoetarako, lan honetan kontutan hartutako TPMaren tartean behintzat; bi parametroen arteko menpekotasun-maila positibo hori, hala ere, jaitsi egiten da jakiaren edukin organikoa emendatzen denean, eta alderantzizko menpekotasuna agertzerantz heldzen da edukin organiko altuko partikula-kontzentrazio altuetarako. Adibide gisan, edukin organikoa % 60koa denean iragazte-tasak bere balio maximoa 5 mg l^{-1} -ko kontzentrazioan iritsi zuela esan daiteke.



3.2. Irudia. Sestonaren prozesamenduaren parametro fisiologikoen aldagarritasunaren adierazle diren erantzun-azalerak, esekidurako materia partikulatu osoaren kontzentrazioaren eta sestonaren edukin organikoaren arabera. Iragazte-, aldaratze- eta ingestio-tasak eskala berean adierazi dira, parametroen arteko magnitudeen erkaketa errazteko asmoz.

3.3.3. Sasigorotzen ekoizpena eta ingestio-tasa

Sasigorotzen ekoizpena miatu duten lanen artean, Kiørboe *et al.*-ena (1980) aipatu behar dugu, bertan proposatu baitzen lehenengoz aldaratze-tasa iragazte-tasaren funtzio lineala izan litekeela. Oraintsuago, Iglesias *et al.*-ek (1992) sasigorotzetan aldaratzen den materia iragaziaren proportzioa esekidurako jakiaren edukin organikoaren arabera ere badela frogatu zuten. Bi lan horietan lorturiko erlazioetan oinarrituz, Navarro & Iglesias-ek (1993) sasigorotzen ekoizpen-tasa, iragazte-tasa eta materia iragaziaren edukin organikoaren funtzio modura adierazi zuten. Antzeko prozedura erabiliz, ikerketa honetan, aldaratze-tasa hurrengo parametroen funtzio lineal anizkoitz modura saiatu genuen: iragazte-tasa (Fr), esekidurako materiaren edukin organikoa (f) eta bien arteko elkarrekintza ($Frxf$). Gauzatu genuen erregresio anizkoitzeko eredua ordea, ez zen egokia lan honetan behaturiko muturreko TPM eta f -ren balioei zegozkien sasigorotzen ekoizpena aurreratzeko. Datu bakunen analisi sakona egin ondoren, aldaratze-tasa partikula-kontzentrazioaren arabera ere bazela ondorioztatu genuen. Hortaz, TPM aldagaia ere saiatu genuen ereduaren, eta bai zegozkion elkarrekintza-terminoak ere; aldagai berriak, ereduaren balio prediktiboa esangarriki emendatu zuen. Behin betirako funtzioa, beraz, honako hau izan zen:

$$Rr = -4.201 + 0.885(\pm 0.037) FR + 4.490 (\pm 0.709) f + 0.099 (\pm 0.019) TPM - 0.968 (\pm 0.192) Frxf$$

$$a.-g.= 111 \text{ } r^2= 0.969 \text{ } F=825.15 \text{ } p = 0.0001 \quad (3.2. \text{ Ek.})$$

Ereduak onartu zituen aldagai guztiek esangarritasun-maila altua erakutsi zutelarik ($p = 0.0001$), iragazte-tasa zen, aldaratze-tasan behatutako aldagarritasunaren alderik handiena azaltzen zuena, bere F partzialaren balioa (585.04) beste guztienarekin erkatuz ondoriozta daitekeenaren arabera. Sailkapenerako irizpide modura, esangarritasun-maila erabiliz Frxf elkarrekintza-terminoa agertuko litzateke garrantzian bigarrenik; termino honen arabera, aldaratze-tasaren iragazte-tasarekiko menpekotasuna, aldi berean, sestonaren edukin organikoaren funtzioa da, inbertsoa hain zuzen ere. Hortaz, iragazte-tasa berdinerako, aldaratzen den materia iragaziaren proportzioa emendatu egiten da, materia iragaziaren edukin organikoa jaistean. Izan ere, esekiduraren edukin organikoa da hirugarren aldagaia, esangarritasun-irizpidearen arabera ($F = 40.64$); aldagai honek duen eragin positiboa, zati batean behintzat, aldeztu aurretik aipatu dugun elkarrekintza-terminoak eraginda dago: esekidurako materiaren edukin organikoa altuagoa den neurrian, aldaratze-tasa eta iragazte-tasaren arteko erlazioa adierazten duen zuzenaren malda hainbat eta txikiagoa izango da, eta hori dela eta, zuzen horren y ardatzeko ebaketa-puntua f-ren funtzio positiboa da. f-ren eragin positibo hori, hala ere, elkarrekintza-terminoaren bidez eragiten duen efektu negatiboak konpentsatzen du, materia iragaziaren kalitatea emendatzean zuzenaren malda azkar jaistea eraginez. Emaitza garbia, beraz, honako hau dugu: zenbat eta janariaren edukin organikoa baxuagoa izan, hainbat eta altuagoa da beti aldaratze-tasa. Bestalde, partikula-kontzentrazioak ere (TPM), eragin esangarria du aldaratze-tasan; izan ere, aldagai honek menpekota den aldagaiaren aldagarritasunaren proportzio txiki bat baino azaltzen ez badu ere ($F=26.89$), bere eragin berezia iragazte-tasak eragindako eragin nagusiari gehitzen zaio.

Aldaratze-tasa, TPM partikula-kontzentrazioaren eta janeurriaren f edukin organikoaren funtzio modura adierazi da 3.2. Irudian, erantzun azalera baten bidez. Iragazte-eta aldaratze-tasen soslaiak antzekoak dira, azken honek sasigorotzen ekoizpen-tasan duen eragin sakona agerian geldituz. Desberdintasun nagusia, partikula-kontzentrazioa altua eta esekiduraren edukin organikoa ere altua denean beha daitekeen bi parametroen jokaeran datza, zeren eta iragazte-tasak jaistera jotzen duen artean aldaratze-tasa partikula-kontzentrazioaren funtzio hazkor modura mantentzen baita. Erantzun-azalera biak erkatuz, ondorio garrantzitsu bat ateratu daiteke: sasigorotz modura aldaratutako materia iragaziaren proportzioa beti emendatzen da partikula-kontzentrazioarekin batera, baina zenbat eta iragazitako materiaren kalitatea altuago izan, hainbat eta baxuagoa da proportzio hori.

Ingestio-tasak (ikus 3.2. Irudia) iragazte- eta aldaratze-tasen arteko diferentzia modura kalkulatu ziren. Sasigorotzik ekoizten ez deneko baldintzetan, iragazte- eta ingestio-tasek bat egiten dute, eta ingestioa emendatu egiten da partikula-kontzentrazioa emendatzean. Esekidurako materia-kontzentrazioa, sasigorotzen-ekoizpenaren atari-mailatik gorakoa denean aldiz, ingestio-tasa ia konstante mantentzen da, batera jokatzeko duten bi mekanismoren ondorioz: a) Aklaramendu-tasa jaitsi egiten da partikula-kontzentrazioa

emendatzen denean. b) Sasigorotzen ekoizpen-tasa ere emendatu egiten da iragazte-tasa eta TPM emendatzean. Bi mekanismoen garrantzi erlatiboa, esekidurako materiaren edukin organikoaren arabera aldatzen da: baxua denean, partikula-kontzentrazioa emendatzean gertatzen den aklaramendu-tasaren beherapena garrantzi txikikoa da, eta ingestio-tasaren eraenketa, sasigorotzen ekoizpenean oinarrituta dago. Sestonaren kalitatea altua denean, aitzitik, aldaratze-prozesuak eragin txikia du, eta ingestio-tasaren kontrola aklaramendu-tasaren doiketan oinarrituta dago.

3.3.4. Hautespen-etekinak eta ingestio-tasa

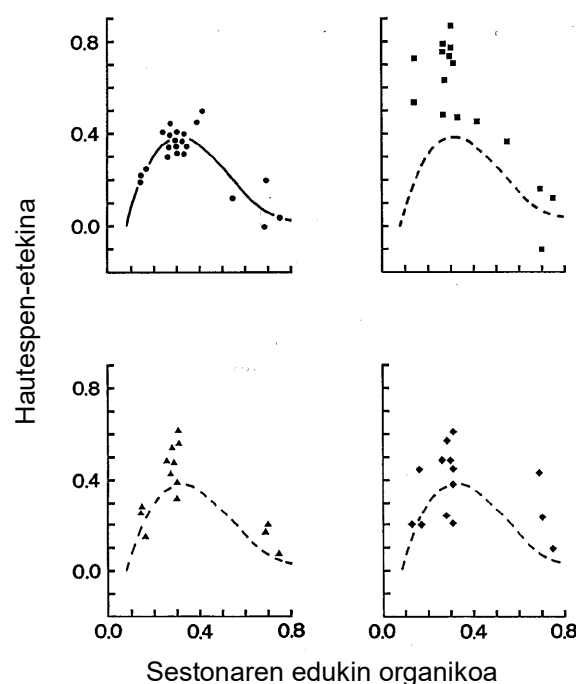
Ikerketa honetan, maila preingestiboan materia organikoa hautatzen deneko etekina neurtu zen eta bai bere osagaien hautespen-etekinak ere: a klorofila, karbonoa eta nitrogenoa. Iglesias *et al.*-ek (1992) argitaratutakoaren arabera, materia organikoaren hautespen-etekina (SEo), ez zen esekiduran zegoen materia partikulatuaren kontzentrazioaren arabera baina bai edukin organikoarekiko menpekkoa, funtzio paraboliko baten arabera. Gure kasu honetan, hautespen-etekinaren balioak hobe doitu zitzaizkion hirugarren graduako funtzio polinomiko bati.

$$SEo = -0.354 + 5.364 (\pm 1.074)f - 11.794 (\pm 2.830)f^2 + 7.108 (\pm 2.225)f^3$$

$$a.-g. = 111 \quad r^2 = 0.646 \quad F = 65.1 \quad p = 10^{-4} \quad (3.3. \text{ Ek.})$$

Ekuazio honen adierazpen grafikoa **3.3. Irudian** aurkeztu da, zenbait elikadura-baldintzatan lorturiko batezbesteko balioekin batera. Hautespen-etekinaren balio maximoak janariaren edukin organiko ertainetarako beha daitezke (0.35 inguruan). Lan honetan erabili diren hautespen-etekinaren indize desberdinen erkaketa errazteko asmoz, a klorofilaren (SEcl), karbonoaren (SEc) eta nitrogenoaren (SEn) hautespen-etekinak, materia organikoari dagokion kurbarekin batera adierazi dira kasu bakoitzean. Ikus daitekeenez, a klorofilaren puntuak, materia algala hautesten deneko etekina adierazten dutelarik, materia organikorako kurbaren gainetik mantentzen dira, materia fitoplanktonikoa etekin altuagoz hauesten dela adieraziz. Bestalde, SEc eta SEn-ren balioek ez digute osagai horien lehentasunezko hautespenik dagoenik iradoki, biek agertzen baitute materia organikorako behatu denaren antzeko joera.

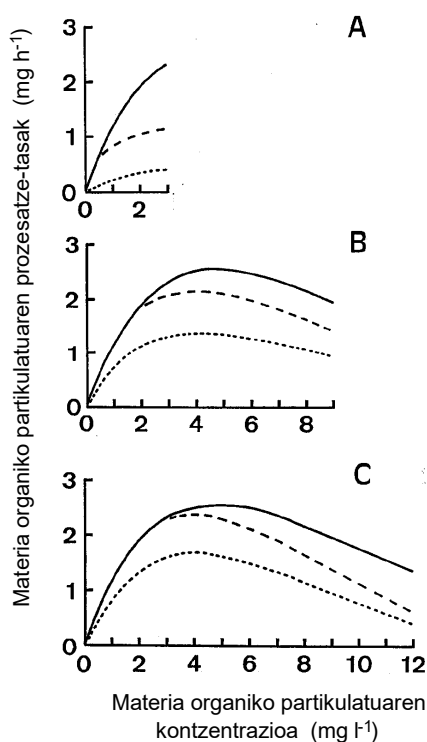
3.3. Ekuazioa erabili ondoren lortutako hautespen-etekinak, ingestio-tasaren balioekin batera erabili ziren, 3.2. Irudian ageri diren elikadura-baldintzei dagozkien materia organikoaren ingestio-tasak kalkulatzeko (OIr: mg h⁻¹).



3.3. Irudia. *Materia organikoaren hautespen-etekina (zirkuluak), α klorofilarena (laukiak), karbonoarena (triangeluak) eta nitrogenoarena (erronboak), sestonaren edukin organikoaren funtzio modura. Aurkeztu den kurba, hirugarren mailako funtzio polinomiko baten adierazpena da (ikus 3.3. Ekuazioa), materia organikoaren hautespen-etekinaren datuei egokitua; kurbaren soslaia lerro etenez adierazi da beste adierazpen grafikoetan ere, osagai desberdinen arteko hautespen-etekinaren balioen erkaketarako.*

3.4. Irudian materia organikoaren iragazte-tasa (Frxf modura kalkulatu: marra jarraia), ingestio-tasa (marra etena) eta zurgapen-tasa (puntuzko marra) irudikatu dira 0-20 mg l⁻¹ tarteko seston-kontzentrazio hazkorretarako, eta hiru edukin organiko desberdinetarako: f = 0.15 (A), 0.45 (B) eta 0.75 (C) hurrenez hurren. Datuen eztabaida errazteko, materia organikoaren prozesatze-tasak materia organiko partikulatuaren funtzio modura adierazi dira. A, B eta C irudiak erkatuz, materia organikoa iragazten deneko tasak edukin organikoarekiko menpekotasun baxua agertzen badu ere, materia organikoaren ingestio-tasak kalitatearekiko menpekotasun nabaria agertzen duela ikus daiteke era berean. Eragin positibo hori, izan ere, sestonaren edukin organikoa baxua denean aldaratzen den materiaren proportzioa altuagoa izateagatik gertatzen da; baldintza horietan ordea, hautespen-etekina balio ertain-baxuetan mantentzen da, eta beraz, materia organikoaren ingestio-tasa nahiko baxua litzateke. Sedimentua edukin organiko altuagokoa denean (B eta C), aldaratutako materiaren proportzioa jaitsi egiten denez, ingestio-tasa emendatu egiten da, iragazte-tasarantz hurbilduz. Kalitate altuagoko janeurri hauen kasuan ordea, POM gertutasunaren emendioak eragindako materia organikoaren ingestio-tasa 0 eta 5 mg l⁻¹-ko kontzentrazio-tartearen barruan legoke soil-soilik, balio altuagoetarako jaitsiko bailitzateke

aklaramendu-tasaren beherapenaren ondorioz. Jaitsiera hori are nabariagoa da esekidurako materiaren edukin organikoa altuagoa den neurrian (C), zeren eta, aklaramendu-tasak jasandako murrizpenaz gain (ikus 3.1. Ekuazioa), hautespen-etekinaren beherapen sakona suertatzen baita era berean (ikus 3.3. Irudia).



3.4. Irudia. *Materia organikoaren prozesatze-tasak, POM (mg l⁻¹) materia organikoaren gertutasunaren arabera, janariaren hiru (f) edukin organiko desberdinetarako: A) f = 0.15, B) f = 0.45 eta C) f = 0.75. Kontutan hartutako sestonaren kontzentrazio-tartea, 0-20 mg l⁻¹ izan zen, eta beraz, sestonaren edukin organikoaren arabera, POMaren tarte desberdinak erabili ziren. Lerro jarraia, etena eta puntuzkoa, iragazte-, ingestio- eta zurgapen-tasei dagozkie hurrenez hurren.*

3.3.5. Zurgapen-tasa eta etekina

AE zurgapen-etekinean neurtutako aldagarritasuna elikadura-baldintza desberdinen artean txikia bada ere, sestonaren edukin organikoa baxuagoa denean zurgapen-etekin baxuagoak beha daitezkeela ikus daiteke. Bayne *et al.*-en (1987) arabera, zurgapen-etekina janari ingerituaren kalitatearen funtzio hazkor esponentziala litzateke; kalitatea, kasu horretan, "ingeritutako materia partikulatu organikoa, (mg-tan emanda) materia ingerituaren mm³-ko" adierazpenaren arabera definituta zegoen. Gure lan honetan ez genuen material aldaratuaren neurketa bolumetrikorik egin eta beraz, ez materia ingerituarena ere. Ingerituriko materiaren kalitatea, bada, unitate grabimetrikoetan finkatu zen ($i = OIr/Ir$),

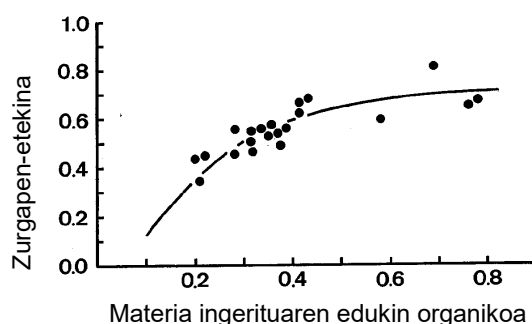
beste guztian Bayne *et al.*-ek (1987) ezarritako irizpideak erabiliaz; zurgapen-etekinaren banakako datuak, ingerituriko materiaren edukin organikoaren funtzio modura doitu ziren, honako ekuazioaren bidez:

$$AE = 0.729 (\pm 0.028) (1 - e^{(-4.976 (\pm 0.975) (i - 0.059 (\pm 0.031))))}$$

$$r^2 = 0.589 \quad n = 112$$

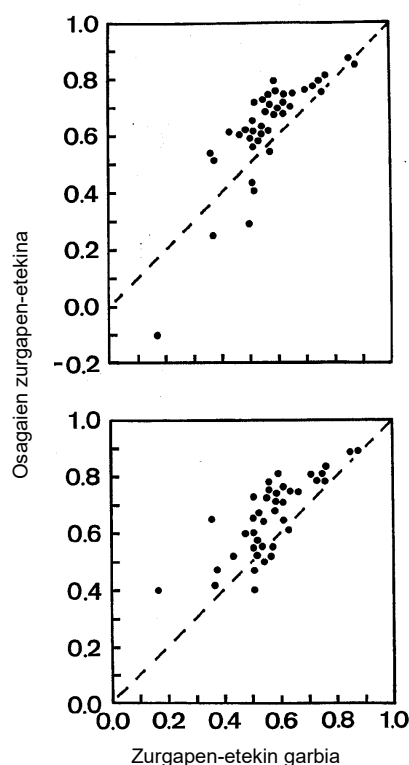
(3.4. Ek.)

Ekuazio honetan, 0.729, zurgapen-etekinaren balio maximo asintotikoa da; 4.976, bestalde, materia ingerituaren edukin organikoa emendatzean zurgapen-etekina balio maximorantz hurbiltzen deneko tasa da, eta 0.059, edukin organikoaren balioa, non zurgapen etekina nulua den (AE = 0). **3.5. Irudian**, 3.4 ekuaziotik eratorritako kurba, elikadura-baldintza bakoitzerako neurtu ziren zurgapen-etekinaren batezbesteko balioekin batera irudikatu da.



3.5. Irudia. Zurgapen-etekina, materia ingerituaren edukin organikoaren funtzio modura. Adierazpen argiagoa lortzeko, banakako datuak ez dira jarri, haien orde, elikadura-baldintza bakoitzean zeuden animalia guztien batezbesteko balioak adieraziz. Hala ere, irudikatu den kurba, datu indibidualei egokitutakoa da; ekuazioa, testuan aurkeztu da (ikus 3.4. Ekuazioa).

Karbono eta nitrogenoaren zurgapen diferentziala aztertzeko, bi osagaien zurgapen-etekinaren banakako balioak materia organikoarenarekin erkatu ziren (ikus **3.6. Irudia**). Ardatz biak eskala berean irudikatu dira eta horrehatik, osagaiak materia organikoaren zurgapen-etekin berdinez zurgatuko balira, datuak lerro etenaz adierazi den erdikariari doitu litzazkioke; hortaz, lerro horrekiko desbiderazioek zurgapen diferentziala iradokiko lukete. Suma daitekeen joera orokorrak, karbonoa nitrogenoa baino etekin baxuagoz zurgatzen dela iradoki digu, zeren eta desberdintasuna nabarien suertatzen deneko aldea AE-ren balio baxuetan gertatzen baita; bertan, datu gehienak erdikariaren azpitik agertu dira. Edonola, desberdintasunak benetakoak balira ere, espero daiteke AE-k 1 baliorantz jotzean haien arteko diferentzia desagertuz joatea; materia organiko guztia zurgatuko balitz, osatzen duten elementu guztiak ere etekin maximoaz zurgatuko lirateke. Karbonoaren zurgapen-etekinak nitrogenoarenak baino nabari baxuagoak dira baina, behatutako joera baieztatzeko eta margolen liseri-hodiko zurgapen diferentziala frogatutzat emateko, datu gehiago izan behar genuke balio baxuen tartean.



3.6. Irudia. *Karbonoaren eta nitrogenoaren zurgapen-etekinen eta materia organiko osoaren zurgapen-etekinaren arteko erlazioa. Erdikaria, marra etenez adierazi delarik, erreferentzia elementu modura erabiltzeko irudikatu da, harekiko desbiderazioak zurgapen-etekin diferentzialen adierazle liratekeelako.*

Zurgapen-tasak, materia organikoaren ingestio-tasa (3.4. Irudia, lerro etena) eta 3.4 Ekuaziotik eratorritako zurgapen-etekina biderkatuz kalkulatu ziren. Emaiza, 3.4. Irudian puntuzko lerroaren bidez adierazi da, lehenago ere kontutan hartutako tarterako. Zurgapen-tasek ingestio-tasen antzeko joera agertzen badute ere, bien arteko desberdintasuna murriztuz doa, esekiduran dagoen materia organikoaren gertutasuna emendatzean. Hautespen preingestiboaren ondorioz, POMaren balio altuetarako beha daitekeen beheranzko joera nabariagoa da materia osoa kontutan hartzen denean (ikus 3.2. Irudia), materia organikoa hartzen denean baino (ikus 3.4. Irudia). Ingeritutako materiaren edukin organikoaren emendioak, POMaren balio altuetarako zurgapen-etekina hobetzea dakar.

Horren antzera, esekiduran dagoen materiaren edukin organikoaren aldaketak eragindako zurgapen-tasen arteko desberdintasunak (erka A, B eta C), ingestio-tasekin erkatuz, areagotu egiten dira, zurgapen-etekinak materia ingerituaren edukin organikoarekiko menpekotasun positiboagatik.

3.4. Eztabaida.

3.4.1. Aklaramendu- iragazte- eta sasigorotzen ekoizpen-tasak

Esekiduran dagoen materiaren kantitatean eta elikadura-balioan gerta daitezkeen aldaketen aurrean *Cerastoderma edule* espezieak duen elikadura-jokaeraren moldapen-gaitasuna, argi utzi dute 90.eko hamarkada honetan egin diren zenbait lanek (Iglesias *et al.*, 1992; Navarro *et al.*, 1994). Zenbait bibalbiok, *Mytilus edulis* esaterako, antzeko eran doitzen dituzte bere elikadura-parametroak (Bayne *et al.*, 1989; Bayne *et al.*, 1993), eta beraz, pentsatzekoa da era honetako jokaerak molusku bibalbioen elikaduraren fisiologian ezaugarri orokorrak direla (Bayne, 1993). Lan honen helburuetariko bat, hain zuzen ere, aldeztu aurretik margoletan behaturiko liseri-moldapenak, neurtu zireneko janari-baldintzen aldagarritasun-tartea baino askoz zabalagoa den tarterako ere baliagarri ote ziren finkatzea izan zen.

Sestonaren edukin organikoaren eta kontzentrazioaren aldaketen aurrean aklaramendu-tasaren dinamika azaltzen duen ekuazioak (3.1. Ekuazioa), bibalbio-espezie berean Navarro *et al.*-ek (1994) lortutakoekin antzekotasun handia du, animaliak sedimentu naturalez eta fitoplanktonez osatutako nahasketaz atari-mailatik gorako kontzentrazioetan elikatu direnean. Desberdintasun nagusia, y ardatzeko ebaketa-puntuan datza. Bi ikerketetan erabilitako animalien pisuen arteko desberdintasunerako zuzenketak burutu zirenean, adostasun ezaren proportzioa % 25ekoa zelarik, kasu honetako aklaramendu-tasak portzentaia horretan baxuagoak zirela eriden zen. Menpekotasun-mota berdintsua zenez, aldiz, baliteke desberdintasun hori esperimentuak egin zireneko aldien arteko tenperatura-desberdintasunagatik sortu izana. Berez ikerketa honetan gauzatutako esperimentuak Marennes-Oleron-eko badian neur daitezkeen altuenetarikoak dira (22-24°C), eta *Cerastoderma edule*ren banapenaren mugatzailea den hein termikoaren goi-muturretik hurbil daude. Esan beharra dago, balio ezagun batetik gorako tenperatura-emendioek eragin dezaketen aklaramendu-tasaren beherapena zenbait bibalbio-espezieetan behatu den fenomeno dela (Ali, 1970; Walne, 1972).

Lan honetan kontutan izan dugun partikula-kontzentrazioaren tarterako, aklaramendu-tasaren aldagarritasun-faktore nagusia janariaren kontzentrazioaren eta edukin organikoaren arteko elkarrekintza-terminoa delarik, sestonaren kontzentrazioaren emendioak eragiten duen Cr-aren beherapena bortitzagoa da edukin organiko altuagoa duten janeurrien kasuan. Beraz, iragazte-tasaren erregulaziorako mekanismoa, eta era berean ingestio-tasarena ere, aklaramendu-tasaren murrizpenari dagozkioesekiduran dagoen materiaren proportzio organikoa altua denean. Baldintza horietan, sasigorotz modura kanporatzen den materia iragaziaren portzentaia txikia da eta ez du modu esangarrian eragiten ingestio-tasaren eraiketan. Oso kontzentrazio altuetan ikusi den iragazte- eta ingestio-tasaren beherapena, ezin har daiteke energia-unitateetan balio funtzionala duen erantzuntzat, iragazketarako aparatuek atxikitutako materia larregiak eragin lezakeen brankien kolapsoa ekiditeko babespenzat baizik. Ez da horrelako erantzunik behatu kalitate baxuko esekidura

kontzentratuen aurrean, baina horren arrazoia hurrengoa izan daiteke: sedimentuz osatutako janeurrien partikulek betetzen duten bolumena, TPMaren balio berdinerako, askoz txikiagoa izan liteke, sedimentuaren dentsitatea fitoplanktonarena baino hamar aldiz handiagoa izan baitaiteke (ikus 3.1. Taula). Kalitate baxuko janeurrien kasuan, aklaramendu-tasaren beharpen-maila askoz txikiagoa delarik, iragazte-tasek partikula-kontzentrazioen emendioarekiko menpekotasun positiboa ager dezakete; hala ere, iragazte-tasaren goranzko joera, gero eta tasa baxuagoz gertatuko litzateke. Baldintza horietan, sasigorotzen ekoizpen-tasa iragazi den materia osoaren portzentaia garrantzitsua izatea gerta daiteke, eta beraz, ingestio-tasa estuki eraendua suertatzen da.

Ingestio-tasaren eraenketatik erator daitezkeen abantailak aldeztu aurretik ere plazaratu dira. Navarro & Iglesias (1993) eta Navarro *et al.*-ek (1994) aztertu zituzten, hain zuzen, eraenketa estuaren faltak eragingo litzatekeen ondorioak: a) liseri-hodian janariak iraungo lukeeneko denbora nabariki jaitsiko litzateke eta hortaz, zurgapen-etekinak ere jaitsi egingo lirateke, eta b) zurgatu gabeko materia endogenoaren galerak, "metabolic faecal losses" modura ezagunak direnak (Hawkins & Bayne, 1985; Bayne & Hawkins, 1990), esponentzialki emendatuko lirateke eta eragin negatiboa izango lukete zurgapen-etekin garbian. Ingestio-tasaren eraenketarako aipatu diren bi erak lehenagoko zenbait ikerketatan ere behatu dira, bai espezie honetan (Iglesias *et al.*, 1992) zein muskuiluen kasuan (Bayne *et al.*, 1993), orain arte aztertu den partikula-kontzentrazioen heina, hemen analizatutakoa baino askoz estua bazen ere.

Behatutako aklaramendu-tasaren aldagarritasunaren eta ingestio-tasaren eraenketa aldagarritasun horrek duen eraginaren ondorioak ongi ulertzeko, beharrezkoa litzateke erregulazio-mekanismo bakoitzetik eratorritako abantailak kontutan hartzea. Sasigorotzen ekoizpenak ingeritzen den materiak edukin organiko altuagoa izatea eragiten badu, materia iragaziarenarekin erkatuz (ikus puntu honi buruzko geroagoko eztabaida), argi daude sasigorotzen ekoizpen-tasa altuak dituen abantailak. Horixe da hain zuzen ere sestonaren edukin organikoa baxua denean aurki daitekeen erantzuna. Altua denean aldiz, proportzio txiki bat besterik ez da aldaratzen sasigorotzetan, eta ingestio-tasaren eraenketa aklaramendu-tasaren doiketak eraginda dago. Jokaera diferentzial hau ulertzeko, beharrezkoa dugu hurrengo azalpen hauetara jotzea: sestonaren edukin organikoa altua denean, materia organikoan aberasteko ahalmena murriztua dago, partikula gehienak baitira balio handikoak, eta beraz, aldaratua gerta daitekeen materiaren proportzioa mugatua dago. Zentzurik hertsienean, hautespen preingestiborako mekanismoak optimotik behera ez joateko, aldaratutako materia iragaziaren proportzioak ez luke janeurrian materia ez-organikoak osoarekin erkatuz osatzen duenarena baino altuago izan beharko, zeren bestela materia organikoaren zati bat ere materia ez-organikoarekin batera aldaratuko bailitzateke. Azken puntu honen baieztapen modura, haxe esan daiteke: 3.2 Ekuaziotik eratorritako zuzenen maldek, aldaratutako materiaren proportzio maximo asintotikoa adierazten dutelarik, esekidurako materia ez-organikoaren edukinaren antzeko balioak hartzen dituzte.

Mota honetako jokaera diferentziala, margoletan (Iglesias *et al.*, 1992) eta muskuiluetan (Bayne *et al.*, 1993) bakarrik behatu bada ere, bibalbio-talde zabal batek duen ezaugarri komuna dela pentsa daiteke; berez, elikadura-baldintzen aldagarritasuna habitat gehienek jasaten dutelarik, hautespen preingestiborako ahalmena bibalbio-espezie ugariaren kasuan frogatu da (Kiørboe & Møhlenberg, 1981).

3.4.2. Janariaren hautespen preingestiboa

Materia organikoaren hautespen-etekina, esekidurako materiaren edukin organikoaren funtzio kurbilineal modura agertu da. Emaita hau, *Cerastoderma edule* espeziarentzat aldeztetik lortutako datuekin bat dator, beste lan horretan animaliek sedimentu naturala eta *Tetraselmis suecica* mikroalgaz osaturiko nahasketak erabili zirelarik (Iglesias *et al.*, 1992). Izan ere, lortutako balioak edukin organiko baxuenen kasuan bat datozelarik, ikerketa honetan jasotakoak nabariki baxuagoak dira 0.4tik gorako edukin organikoetarako. Baliteke desberdintasuna bi lanetan erabilitako osagai fitoplanktonikoari lotuta egotea. Iglesias *et al.*-ek (1992) sestonaren edukin organiko altuetarako neurtu zituzten hatuespen-etekinek, animalia hauek sedimentu-partikulen eta *Tetraselmis* partikulen arteko bereizketarako gaitasuna dutela adierazi zuten. Esperimentu honetan, edukin organiko altuko janeurrietako frakzio organikoa hiru alga-espeziez osatua zegoen. Shumway *et al.*-ek (1985) frogatu zuten, bibalbioek mikroalga-espezie desberdinen arteko bereizketarako ahalmena ager dezakete. Beraz, nahikoa litzateke erabilitako algaren bat lehentasunez aldaratua izatea, sasigorotzen eta janeurriaren edukin organikoen erkaketan oinarrituriko hautespen-etekina jaistartzeko.

Bestalde, materia fitoplanktonikoaren hautespen-etekina bera ere kalkulatu zen, sestonaren eta sasigorotzen klorofila-edukina erkatuz. 3.3. Irudian ikus daitekeenez, a klorofilarako hautespen-etekina materia organikoarena baino altuagoa zen (lerro etena, 3.4. Irudian). Newell & Jordan-ek (1983), *Crassostrea virginica* ostran antzeko desberdintasunak aurkitu zituztelarik, desberdintasuna materia organikoaren beste formekin erkatu eta mikroalgen lehentasunezko ingestioaren ondorio izan litekeela proposatu zuten. Urban & Kirchman-en (1992) emaitzak ere hipotesi honen alde agertu dira, ostrei *Isochrysis galbana* alga-espeziearekin batera arrozaren almidoizko partikulak ematen zitzaizanean, azken hauek lehentasunez aldaratzen zirela behatu baitzuten ikertzaile hauek. Bestalde, Iglesias *et al.*-ek (1992) beste aukera hau proposatu dute: sasigorotzek brankietan sekretaturiko mukia ere badaramatenez, materia organiko osoaren hautespen-etekinak a klorofilarena baino baxuagoa izan behar du ezinbestez; gainera, mukiaren kantitateak aldaratutako materiaren barruan gutxi gora-behera proportzio konstantea mantenduko balu, bi etekinen arteko diferentzia emendatuz joango litzateke sestonaren edukin organikoa jaistean, eta horixe behatu dugu guk hain zuzen ere.

Lan honetan lortu diren karbonoaren eta nitrogenoaren hautespen-etekinek, osagai horien lehentasuneko ingestiorik ez dagoela adierazi digute (3.6. Irudia). Emaita hau ez dator bat Newell & Jordan-ek (1983) aurkitu zutenarekin: iragazitako materiarekin erkatuz,

sasigorotzen karbono-edukin altuagoak eta nitrogeno-edukin baxuagoak. Ikertzaile horiek, algala ez zen materia organikoaren lehentasuneko aldaratzearen ondorioz, sasigorotzen C/N indize altuagoa izan litekeela proposatu zuten; hau ere bat dator fitoplanktonaren balio altuagoekin. Gure ikerketako emaitzek, Newell & Jordan-en (1983) ondorioak ezeztatu ez dituztelarik ere, ez dituzte bestalde baieztatu, zeren eta lan honetan kontutan izan diren baldintza guztien C/N indize guztiak baitziren baxuak eta fitoplanktonarentzat normalak diren estatik bereiztezinak; baldintza horietan, beraz, materia organikoa nitrogenoan aberasteko ahalmena mugatua gertatzen da.

3.4.3. Zurgapen-etekina

Bibalbio suspentsiboroek ingerituriko materia zurgatzen duteneko etekina, parametro aldagarria da, sestonaren ezaugarrien arabera eta denbora-eskala desberdinetan (ikus Bayne & Newell, 1983, berrikuspenerako). Seston naturalez edo antzeko konposaketa duten esekidurez elikaturiko bibalbioetan, janariaren zurgapen-etekinean eragin nagusia duen faktorea, ingerituriko materiaren kalitatea izan da (Bricelj & Malouf, 1984; Bayne *et al.*, 1987; Goulletquer *et al.*, 1989; Navarro *et al.*, 1991). Navarro *et al.*-ek (1994), janeurriaren ezaugarriek zurgapen-etekinean duten eragina aztertu zutelarik, margolen kasuan zurgapen-etekinak menpekotasun bikoitza agertzen zuela eriden zuten: eragin positiboa duen materia ingerituari dagokion edukin organikoaren eta eragin negatiboa duen ingestio-tasaren arabera. Partikula-kontzentrazioaren eragin eza, lan honetan, ingestio-tasa kontutan izan zen materia partikulatuaren kontzentrazio guztietarako ia konstante mantendu izana zor zaio ziurraski (ikus 3.2. Irudia). Lehenago azaldutako guztia kontutan izanik, ingestio-tasa eraenduko ez balitz gerta litekeen zurgapen-etekinaren beherapenak, zurgapen-tasa murriztuak eragingo lituzke.

Zurgapen-etekinean janariaren edukin organikoak duen eraginari dagokionez, datu esperimentalei doitu genien funtzioak, zurgapen-etekinaren balio maximo asintotikoa ($A_{E_{max}}$) 0.73 inguruan zegoela adierazi zuen eta balio negatiboak, materia ingerituaren edukin organikoa 0.059tik beherakoa denean lortuko lirateke. Materia partikulatuaren mg batek, batezbeste 0.75 mm³ betetzen dituela onartzen badugu, lan honetako emaitzak erabat ados daude Navarro *et al.*-ek (1984) espezie honetarako lortutako adierazpen orokorretik eratorritako estimazioekin, kasu hartan unitate grabimetrikoak erabili beharrean bolumetrikoak erabili baziren ere: $A_{E_{max}} = 0.77$ eta $\epsilon_0 = 0.07$ mgPOM mm⁻³.

Karbono eta nitrogenoaren zurgapen diferentzialaren prozesuak, bibalbioei dagokienez, lan gutxitan aztertu dira. Hawkins & Bayne-k (1985), esaterako, bi osagaien zurgapen-etekin antzekoak aurkitu zituzten muskuiluak *Phaeodactylum tricornutum* algaz elikatu zirenean. Grant eta Cranford-ek (1991) ordea, *Placopecten magellanicus* espezieak nitrogenoa karbonoa baino era efizienteagoaz zurgatzen zuela behatu zuten. Era berean, eta gure ikerketaren antzera (ikus 3.6. Irudia), bi osagaien zurgapen-etekinen arteko desberdintasunak materia organikoaren etekin garbia jaisten zenean emendatu egiten zirela aurkitu zuten. Prins & Smaal-ek (1989) ere, nitrogenorako baino zurgapen-etekin altuagoak

lortu zituzten karbonorako, *Mytilus edulis* eta *Cerastoderma edule* seston naturalez elikatu zituztenean. Kasu horretan baina, aipatutako zurgapen-etekinak biodeposizio osoan oinarriturik zeuden (ez ziren gorotz eta sasigorotzak bereiztu) eta hortaz, emaitzak ez dira zuzenean konparagarriak.

Nitrogenoa karbonoa baino etekin altuagoz zurgatua izatea, bi fenomeno desberdinek eragin lezakete: a) materia ingerituarekin erkatuz, gorotzetako galera endogenoen proteina-edukina murrizta izan liteke edo bestalde, b) proteinen liserigarritasun-maila altuagoa izan liteke, karbohidrato eta proteinen aldean. Kalitate baxuko janariak karbohidrato errefraktarioen proportzio altua izango balu, bigarren hipotesiak azalduko luke gertaera, zurgapen-etekin garbiaren balio baxuetarako N-aren zurgapen-etekinak C-arenak baino altuagoak izatea, alegia. Hori horrela ez balitz, bada, lehen hipotesiak argituko luke bi osagaien zurgapen diferentziala, zeren eta gorotzetako galera metabolikoek gero eta proportzio altuagoa osatzen baitute ingestio organikoaren barruan, janariaren edukin organikoa jaistean. Orain arteko datu esperimentalak ez dira nahiko kontu hau argitzeko, eta beraz, bibalbion iragazleen liseriketaren fisiologian funtsezkoa den hutsune hau betetzeko behar-beharrezkoa dugu informazio gehiago lortzea. Edonola ere, lan honetan behatutako C eta N-aren zurgapen diferentziala kontu handiz hartu behar da, zeren eta, aditzera eman denez, desberdintasuna soilik materia organikoaren zurgapen-etekin baxuetarako gertatzen baita nabari; tarte horretan, hain zuzen ere, neurketa gutxiago burutu zirenez, emaitzaren garrantzia erlatibizatu beharrean gaude; aldi berean, argi gelditu da kalitate baxuko janeurriak erabiliz egin beharko lirakeela. Hala ere, guk aurkitutako emaitzen baieztapenak balantze elementalean izango lituzkeen ondorioak interes handikoak izango lirakeke. Hawkins & Bayne-k (1991), muskuiluetan osagai proteikoan oinarrituriko hazkunde-etekinak energia osoan oinarriturikoak baino altuagoak zirela ikusi zuten; izan ere, mota horretako bizidunetan karbonoaren berriztatze-tasa nitrogenoarena baino azkarragoa baita. Aurkikuntza honek hazkunderako faktore mugatzailea nitrogenoa baino gertuago dagoen energia izan daitekeela iradoki digu; hala balitz, karbonoaren zurgapen-etekin murriztak hazkunderako murrizpen energetikoei gehituko litzaizkieke. Sestona batez ere fitoplanktonez osaturik dagoenean, bizirik dauden alga-zeluletan tipikoak diren C/N indize baxuak konpentsaturik gerta litezke termino energetikoetan. Izan ere, zurgapen-etekin altuak lortuko lirakeke, eta zurgapen elementalean desberdintasunik ikustea zaila izango litzateke. Janaria kalitate baxukoa denean eta fitoplanktona materia organiko osoaren proportzio txiki bat besterik ez denean, bestalde, C/N indizea oso altua izatea gerta daiteke (landare baskularren hondakinak eta beste detritusak), eta hortaz, nitrogenorako zurgapena, karbonoarena (energiarena) baino altuagoa mantentzea, moldapen fisiologiko abantailatsua litzateke, inguruneke nitrogeno-gertutasuna konpentsatzeko baliagarria bailitzateke.

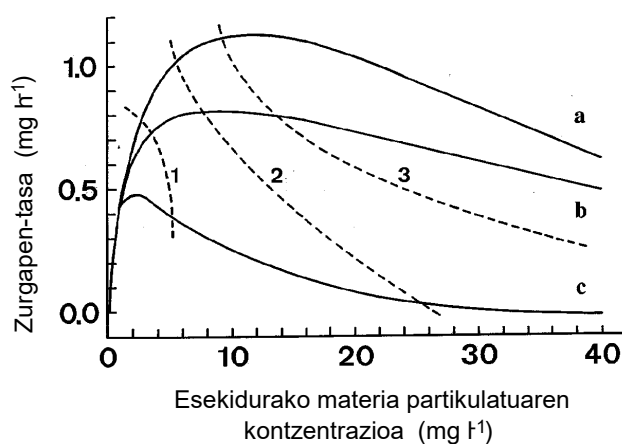
3.4.4. Baldintza naturalen pean gertatzen den janariaren zurgapena

Janariaren lorpenari dagokionez, lehenago eztabaidaturiko elikadura-erantzunak aztertzerakoan, kontutan hartu behar da lan honetan erabili diren zenbait baldintza

esperimentalak ez direla errealistak. Baldintza naturalen pean edukin organiko altuak sestonaren kontzentrazio baxuei lotuta daude, eta esekidurako partikulen kontzentrazioak emendatzen diren neurrian, sestonaren edukin organikoaren beherapena behatzen da maiz. Aipatutako menpekotasun negatibo hori agerian geratzen da seston-zama baxua (Galiziako Arousako itsasadarra, adibidez; Navarro *et al.*, 1991) eta altua (Marennes-Oleroneko Badia, adibidez; Goulletquer *et al.*, 1989; Razet *et al.*, 1990) azaltzen duten itsas uren edukin organikoak erkatzerakoan eta bai halaber, leku jakin bateko sestonaren sasoi-aldaketa aztertzerakoan ere (Berg & Newell, 1986). Margolek substratuan duten kokapena dela eta, hondotik hurbilen dagoen ur-zutabearen aldetik lortzen dituzte jaki-partikulak eta ur-masa horretan berresekitze-fenomenoak naharoak izaten direnez, partikulen kontzentrazioaren aldaketa bortitzak gerta daitezke. Izan ere, zenbait kasutan, sestonaren kontzentrazioak oso balio altuetara hel daitezke iraupen laburreko pultsuen ondorioz. Orokorki, materia sedimentarioaren edukin organikoa, esekiduran dagoen materialarena baino baxuagoa izaten da; beraz, berresekitze-fenomenoek, margolen sifoietarako gertu dagoen materialaren aberastasun organikoaren garrantzizko murrizketa ekar dezakete.

Batera gertatzen diren partikulen kontzentrazioaren eta edukin organikoaren aldaketek margolen energia-lorpenaren tasetan duten eragina aztertuko dugu atal honetan. Horretarako, lan honetan doitutako ekuazioak erabiliz, 1 eta 40 mg l⁻¹-ko kontzentrazio-tarteko balioei dagozkien zurgapen-tasak kalkulatu dira. Kontzentrazioaren emendioarekin batera gertatzen den “diluzio” organikoaren eragina simulatzeko, f eta TPMaren arteko menpekotasuna, funtzio potentzial negatiboa baten arabera dela onartuko dugu. Menpekotasun hori, hurrengo ekuazioaren bidez adieraz daiteke: $f = 0.5 \text{ TPM}^b$, non b delakoak, seston-zamari lotuta dagoen edukin organikoaren murrizpen-tasa adierazten baitu. Diluzio organikoaren intentsitateari dagokionez, hiru aukera desberdin hartu dira kontutan, aurreko ekuazioaren b delakoari hurrengo hiru balioak hartzea agindu zaiolarik: -0.19, -0.31 eta -0.57. Diluzio-maila bakoitzaren kasuan, TPM balio bakoitzari ekuaziotik lortutako f-ren balio jakin bat dagokio. $\text{TPM} = 1$ denean, edukin organikoa 0.5ekoa da hiru kasuetan, baina $\text{TPM} = 40$ denean, edukin organikoak, 0.25 (diluzio-maila baxua), 0.15 (diluzio-maila ertaina) eta 0.05 (diluzio-maila altua) balioak hartuko ditu, aipatutako b potentziaren balioaren arabera. Horrela, edukin organiko desberdina duten sedimentuen berresekidurak izan zezakeen eragina azter daitezke. Simulazio horren emaitzak **3.7. Irudian** aurkeztu dira, non **a**, **b** eta **c** hizkien bidez izendatutako lerroek, aipatutako diluzio-maila bakoitzerako gertatuko litzatekeen zurgapen-tasa eta sestonaren kontzentrazioaren arteko erlazioa adierazten baitute. **1**, **2** eta **3** zenbakien bidez izendatutako marra etenek, bestalde, 1, 2 eta 3 mg POM l⁻¹-ko materia organiko partikulatuaren gertutasunei legozkien zurgapen-tasak adierazten dituzte. Irudian ikus daitekeenez, zurgapen-tasa eta partikulen kontzentrazioaren arteko menpekotasun positiboa gertatzen deneko tarte bat, edukin organiko maximoa azaltzen duen **a** baldintzaren kasuan soilik lortu da. Menpekotasun positiboa azaltzen duen tarte hori, hautespen-etekin altuak mantentzeari, batetik, eta, bestetik, materia organikoaren gertutasunaren emendioari zor zaie. 12 mg l⁻¹-tako kontzentrazioaren gainetik **a** baldintzan eta tarte osoan **b** eta **c** baldintzetan, aldiz, zurgapen-tasa jaitsi egiten da partikulen kontzentrazioaren emendioarekin batera. Berresekಿತako sedimentuaren edukin organikoa

bereziki baxua denean (**c** baldintza), hautespen- eta zurgapen-etekinak baxuak dira eta, gainera, sestonaren kontzentrazioaren gehiketarekin batera gehiago murrizten dira, honela, materia organikoaren gertutasunaren emendioaren ondorioz gerta litekeen efektu positiboa anulatuz. Bitarteko baldintzaren kasuan (**b** baldintza), oso menpekotasun-maila baxua dago zurgapen-tasa eta partikula-kontzentrazioaren artean.



3.7. Irudia. Materia organikoaren zurgapen-tasa eta materia partikulu osoaren kontzentrazioaren arteko erlazioa, **a**, **b** eta **c** baldintza desberdinetarako; baldintza horiek, erresuspentsio-prozesuek eragindako hiru diluzio-maila desberdin simulatu dituzte (ikus Eztabaida atalean). 1, 2 eta 3 zenbakiez irudikatu diren lerro etenak hurrenez hurren, esekidurako materia organikoaren kontzentrazioa 1, 2 eta 3 mg l⁻¹-koa litzatekeeneko kasuan lortuko liratekeen zurgapen-tasak adierazteko erabili dira.

Analisi-mota honen abantaila nagusia, berresekitako sedimentuaren edukin organikoak zurgapen-tasetan eta ondorioz hazkunde-tasetan duen eragina argitzeko aukera eskaini digula da. Horrela, Bodoy & Plante-Cuny-k (1984) lortutako bezalako emaitzak ulertzeko beharrezkoa den azalpen fisiologikoa eskaini digu garatutako prozedura analitikoak. Ikertzaile horien arabera, *Ruditapes decussatus* muxilaren hazkunde-tasak, sedimentuko klorofilaren kontzentrazioarekiko menpekotasun altuagoa du ur zutabeko kontzentrazioarekiko baino. Bestalde, jatorri sedimentarioa duen klorofilaren emendioarekin eta sedimentuaren berresekiduraren intentsitatearekin korrelazionatuta dago *Ostrea edulis* ostraren eguneko hazkundera (Grant *et al.*, 1990).

Frogatu denez, berresekitako materialaren edukin organikoaren arabera, berresekitze-gertaerek mota desberdinetako eta garrantzi handiko eraginak sortaraz ditzakete. Dena den, janariaren kantitatearen eta kalitatearen aldaketei aurre egiteko margolek erakutsi duten elikatze-jokaera doitzeko ahalmenak duen garrantzia azpimarratu behar da. Doiketa fisiologiko horretarako mekanismorik gabe, berresekidurak zurgapen-tasan izango lukeen eraginak kaltegarriak izango lirateke, berresekidurarekin batera gertatzen den diluzio organikoaren ondorioz.

Laburbilduz, partikulen kontzentrazioaren emendioak sorterazitako sestonaren edukin organikoaren beheraparen aurrean, margolen aklaramendu-tasa gehitu egiten da eta ondorioz, iragazte-tasa ere emendatu egiten da. Baldintza horien azpian, aldaratze-tasaren aldi bereko gehipena gertatzen da, eta ingestio-tasa ia konstante mantentzeko. Sasigorotzen ekoizpenarekin lotuta dauden hautespen-prozesu preingestiboei esker, ingeritzen den materiaren hobetze organikoa gertatzen da, zeinak iragazitako materiaren elikatze-balioaren murrizpena konpentsatzen baitu. Konpentsazio horren eragina ez dagokio ingeritzen den materia organikoari soilik, zurgapen-etekinaren hobetzerako ere garrantzizkoa izanik. Liseri-hodiaren kapazitatearen saturazio ekiditeko, margolek erakutsi duten hautazko eraenketa-mekanismoa, aklaramendu-tasaren doiketan datza. Kasu horretan, aldiz, ingeritzen den materiaren ez legoke hobetze organikorik eta ondorioz, esekiduraren materia ez-organikoaren proportzioaren emendio txikiak ere, ingestio organikoaren murrizketa proportzionala lekarke eta, beraz, zurgapen-etekina ere beheratu egingo litzateke.

4

Janariaren gertutasun naturalaren aldaketen aurreko Cerastoderma edule (L.) bibalbioaren elikadura - prozesuen eratzearen aldagarritasuna.

4.1. Sarrera

Bibalbioak dentsitate altuetan ager daitezke zenbait itsasadarretan, biomasa osoaren proportzio nagusia osatuz. Horrelako ekosistemetan talde honetako animaliek izan dezaketen eragina aztertzeko, hala nola moluskuak kultibatze aldea aukeratzeko eta alde hauek izango luketen euste-kapazitatea finkatzeko, behar-beharrezkoa zaigu, beraz, elikapen-prozesuen eta sestonaren arteko menpekotasun-erlazioak ezagutzea. Gogoan izan behar da, bibalbioek erlazio bentiko-pelagikoetan lehen mailako eragina izan dezaketenez (Dame 1993), elikaduraren fisiologiak ur-zutabearen eta sedimentuaren artean gertatuko diren materia- eta energia-fluxuetan eragin sakona izan dezakeela.

Iragazleak diren molusku bibalbioen elikatze-jokaerak faktore abiotiko eta biotiko anitzekiko menpekotasuna agertzen du (ikus Winter (1978) eta Bayne & Newell-en (1983) berrikuspenak). Azken urteotan landu den esparrua honako hau izan da: janariaren kantitate eta kalitateak bibalbio iragazleen elikaduraren fisiologian eta hazkundean duten eragina (Widdows *et al.*, 1979; Smaal *et al.*, 1986; Bayne *et al.*, 1987; 1989; 1993; Navarro *et al.*, 1992; 1994).

Aurrera eraman diren ikerketa askotan janari-iturri modura mikroalga bakarreko esekidurak erabili izan dira (Winter, 1973; Foster-Smith 1975b; Navarro & Winter, 1982). Erabilitako partikula-motak animalien erantzunean eragina duela frogatu denetik (Griffiths, 1980a) ordea, ingurune naturalean agertzen diren partikulekiko antzekotasun handiagoa duten janari-iturrien erabilera nagusitu da. Horrela, sedimentu naturalez eta fitoplanktonez osaturiko nahasketak erabili dira (Kiørboe & Møhlenberg, 1981; Kiørboe *et al.*, 1981; Møhlenberg & Kiørboe, 1981; Newell & Jordan, 1983; Bricelj & Malouf, 1984; Bayne *et*

al., 1987; 1989; Navarro *et al.*, 1992; Iglesias *et al.*, 1992), eta halaber animaliak bizi direneko tokian berez aurki daitezkeen makroalgak eta landareen degradazioz osaturiko detritusak (Stuart, 1982; Lucas & Newell, 1984; Newell & Langdon, 1986; Cranford & Grant, 1990) eta itsas uraren iragazketaz lorturiko sestona bera ere hautatu dira (De Villiers & Hodgson, 1993) azken hamarkadan janeurriak osatzeko.

Gorago aipaturiko ikerketa gehienak laborategi-lanak dira, laborategiko baldintzak baitira aztertu nahi diren aldagaien kontrola eramateko egokienak. Mota honetako azterketak erabat beharrezkoak badira ere, aldakorrak diren baldintzen aurrean animaliek ager dezaketen erantzuna ezagutzeko ordea, laborategian lorturiko datuen baldintza naturaletarainoko estrapolazioak baditu bere arazoak, zeren eta hori egiteak kantitatea, kalitatea eta izaera bezalako sestonaren ezaugarrien eta bere dinamika espaziotenporalaren sinplifikazioa eskatzen baitu. Hori dela eta, nahitaezkoak bilakatu dira jaki gisara naturan gertatzen diren prozesuen araberrako aldaketak jasaten dituen seston naturala erabili duten lanak (Newell & Shumway, 1993). Lan hauek ordea, urriak dira oraingoan. Sestonaren gertutasunean eta bere konposaketan denbora-epe desberdinetan aldagarritasuna eragiten duten prozesu naturalen adibideak, hurrengoak ditugu: marea-zikloak (Stenton Dozey & Brown, 1992; 1994), bloom fitoplanktonikoak eta noizbehinkako ekaitz-gertaerak (ikus Turner & Miller-ek (1991) aurkezturiko simulazioa).

Tesiaren atal honetan *Cerastoderma edule* margolaren elikaduraren fisiologian epe laburrean gauza daitezkeen aldaketen azterketa burutu dugu, Marennes-Oleroneko badian marea-zikloek eragiten dituzten janariaren berezko aldaketen arabera. Frantziako itsasadar azal honetan ur-masaren berriztapen-tasa altua da: 4-10 eguneko epean berriztatzen da ur-masa guztia, marearen indarraren arabera. Ostrak kultibatzeke alde bikaina dugu hau; baldintza hidrodinamikoei esker sedimentuaren berreskidura-gertaerak ohikoak direlarik, prozesu hauen intentsitatea korrante-abiaduraren eta haizearen indarraren araberrakoa da. Gertaera horiek esekiduran dagoen materia partikulatuaren kontzentrazioa era esangarrian emendatzen dute, gehituriko materiaren proportzio nagusia ez-organikoa delarik.

Hemen aurkeztutako esperimentuak, lau marea-ziklo osotan zehar burutu ziren; bi marea hil (maiatzaren 27 eta 28koak) eta marea bizi bi (maiatzaren 31 eta ekainaren 1ekoak) aztertu ziren, sedimentuaren berreskidura-mailan heinik zabalena aztertzeko asmoz: maila baxua marea hiletan eta maila altua marea bizietan. Marea-ziklo bakar batean zehar sestonean neur daitezkeen aldaketak, sasoi-aldagarritasunak eragindakoak baino altuagoak izan daitezke, batez ere marea bizien kasuan, eta beraz, epe laburrean baldintza-tarte zabalenean azter daitezke janariaren ezaugarrien eta parametro fisiologikoen arteko erlazioak. Erantzun fisiologikoen azterketarako, hurrengo tasen eta efizientzien neurketak erabili ziren: aklaramendu-, iragazte-, aldaratze-, ingestio- eta zurgapen-tasak, bai materia osoari dagokionez, eta bai materia organikoari dagokionez ere; materia organikoaren osagaien artean, klorofila- karbono- eta nitrogeno-unitateetan ere egin ziren neurketak. Gainera, guztien hautespen- eta zurgapen-etekinak neurtu ziren.

4.2. Materiala eta metodoak

4.2.1. Esperimentaziorako prestakuntza.

Lanaren helburuak lortzeko, hau da, zenbait erantzun fisiologiko esekiduran zeuden partikulen gertutasuna eta konposaketa ohikoak ziren baldintzetan neurtzeko, behin-behineko laborategia prestatu zen Frantziako Charente-Maritime departamentuko Marennes-Oleron-eko badian dagoen Le Chapus herriko kaiaren muturrean kokaturiko eraikuntza txiki batean. Muntaiak hurrengo osagaiak zituen: badiaren hondotik metro batera kokaturiko ponpak etengabe ponpatzen zuen itsas ura, irabiaketa magnetikoa zuen tanke bateraino. Bertatik, eta ponpa peristaltikoaren laguntzaz kasu honetan, ura 12 ontzitarra banatzen zen: ontzi horietatik, 10 ontzitan margola bana ipini zen, eta beste bi kamarak, kontrol modura erabili ahal izateko, animaliarik gabe utzi ziren.

4.2.2. Animalien biltzea, eta laborategi-baldintzetan ipini eta mantentzea

Esperimentu honetan erabilitako *Cerastoderma eduleren* aleak Frantziako Marennes-Oleron-eko badian bildu ziren, 1992ko maiatzean, esperimentua hasi baino zenbait egun lehenago; erabili arte, ohikoen antzekoak ziren baldintzetan mantendu ziren, ikerketa burutu behar zen tokian bertan, badiaren hondoan jarri baitziren sare baten barruan.

Esperimentazio-egunetan, marea itsas ura ponpatzen zeneko altuerara heltzen zenean, 10 ale aukeratu ziren eta ur-fluxua zuten kamara banatan jarri ziren. Animalien kokapena finkatzeko kamaren barruan, plastilina erabili zen; horrela, beranduagoko biodepositoen bilketa errazagoa gertatu zen. Halaber, animalietatik gertu baina ukitu gabe, bi sifoiaren artean mikroskopiarako estalkiak jarri ziren, sifoi bakoitzetik ateratzen zen materiala banatuta mantentzeko. Animalia hauetan gorotzak sifoi exhalantetik eta sasigorotzak inhalantetik kanporatzen direnez, bi motetako biodepositoak estalkitik bi aldeetara metatu ziren.

4.2.3. Sestonaren materialaren azterketa

Ikasitako lau marea-zikloetan, bi hil eta bizi bi guztira, kontroletatik ur-laginak hartzen ziren orduro; harturiko laginak hiru alikuotatan banatu zirelarik, bakoitzaren bolumena neurtu ondoren analisi-mota desberdinetarako erabili ziren. Lehen, iragazi egin zen eta esekiduran zegoen TPM materia partikulatu osoaren, POM organikoaren eta PIM ez-organikoaren kontzentrazioaren neurketarako erabili zen (mg l^{-1} -tan emanda). Bigarrena, *a* klorofila eta feopigmentuen kontzentrazioen ($\mu\text{g l}^{-1}$) neurketarako erabili zen; hirugarrena, esekiduran zegoen materiaren konposaketa elementalaren (C eta N, mg l^{-1} -tan) analisirako gorde zen. Neurketa hauetan guztietan, tesi honetako Materiala eta Metodoak kapituluko 2.2.2. azpiatalean azaldu diren metodoak erabili ziren.

Elikadura-baldintzetan horren aldagarritasun altua jaso zenez, parametro fisiologikoen eta janeurriaren ezaugarrien arteko erlazio funtzionalak ezartzeko, parametro fisiologikoen neurketak lortu zireneko aldi bakoitzerako, behatutako materia partikulatuaren aldaketak integratu behar izan ziren. Hortaz, lortutako neurketa bakanetan oinarriturik, biodepositoen bilketa-tarte bakoitzari zegozkion batezbesteko TPM, PIM, POM, cl a, C eta N-aren balioak kalkulatu ziren.

4.2.4. Parametro fisiologikoen neurketa

Elikagaien prozesatze-tasen neurketarako, bi deposizioaren metodoa erabili zen (Iglesias *et al.*, 1992). Horretarako, animaliak gutxi gora-behera bi orduz egokitu ziren eta denbora horretan ekoitzi zituzten gorotz eta sasigorotzak kendu ondoren, hortik aurrera ekoitzi zituzten biodeposito guztiak bildu ziren, bi ordutik bi ordura. Horrela, marea-ziklo bakoitzerako hiru edo, inoiz, lau biodeposito-bilketa ere, lortu ziren.

Gorotz eta sasigorotzen kasuan aurrera eraman zen prozedura, sestonaren laginetan erabilitakoa izan zen: bilketa bakoitzean animalia bakoitzetik jasotako gorotz eta sasigorotzak, bakoitza bere aldetik, homogeneizatu egin ziren, eta bildutako materiaren kantitatearen arabera, lagin bakoitza, alikuota batean, bitan edo hirutan banandu zen. Lehena, gorotz eta sasigorotzen pisu osoa eta organikoa ezagutzeko erabili zen, eta beste biak laginen pigmentu-kontzentrazioa eta konposaketa elementalaren neurketarako. Datu horietan oinarrituta eta Materiala eta Metodoak kapituluko 2.3.2. azpiatalean adierazi den prozeduraren arabera, materia osoa, materia organikoa, materia ez-organikoa, klorofila, eta karbonoa eta nitrogenoaren iragazte-, aldaratze-, ingestio- eta zurgapen-tasak, hala nola osagai horien hautespen- eta zurgapen-etekinak kalkulatu ziren.

Marea-zikloetan (batez ere marea bizien kasuan korrontearen abiadura altuagoak eraginda) behatutako sestonaren kontzentrazio-aldaketa sakonak zirela eta, animalia bakoitzaren kasuan egindako biodepositoen bilketak ez ziren erreplikatzat hartu, elikadura-baldintza desberdinei zegozkien lagin beregaintzat baizik.

4.2.5. Datuen estandarizazioa eta tratamendu estatistikoa

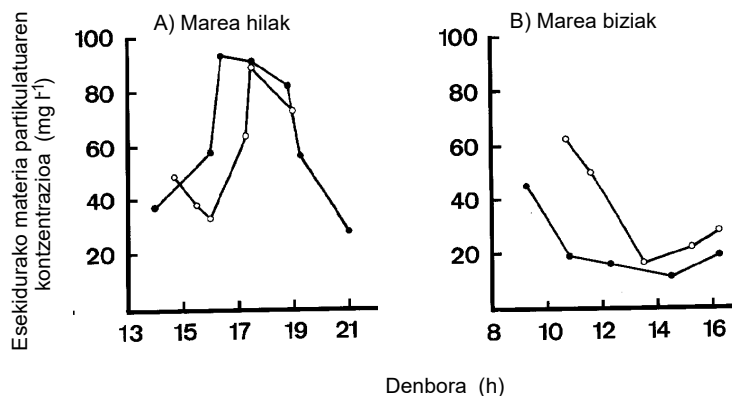
Neurketa fisiologikoak bukatu ondoren, animalien pisua neurtu zen eta ondoren, lorturiko tasa fisiologiko guztiak 500 mg-ko pisurako normalizatzeari ekin zitzaion, 2.4. atalean azaldutako prozedura erabiliz.

Bestalde, parametro fisiologikoen eta janariaren ezaugarrien arteko erlazio funtzionalak lortzeko, erregresio-prozedurak erabili ziren; horien artean erregresio lineal bakuna, anizkoitza, polinomiala eta ez-lineala egin genituen. Substratu desberdinen hautespen-etekinaren erkaketarako, SNK testa (Student-Newman-Keuks testa) gauzatu zen.

4.3. Emaizak

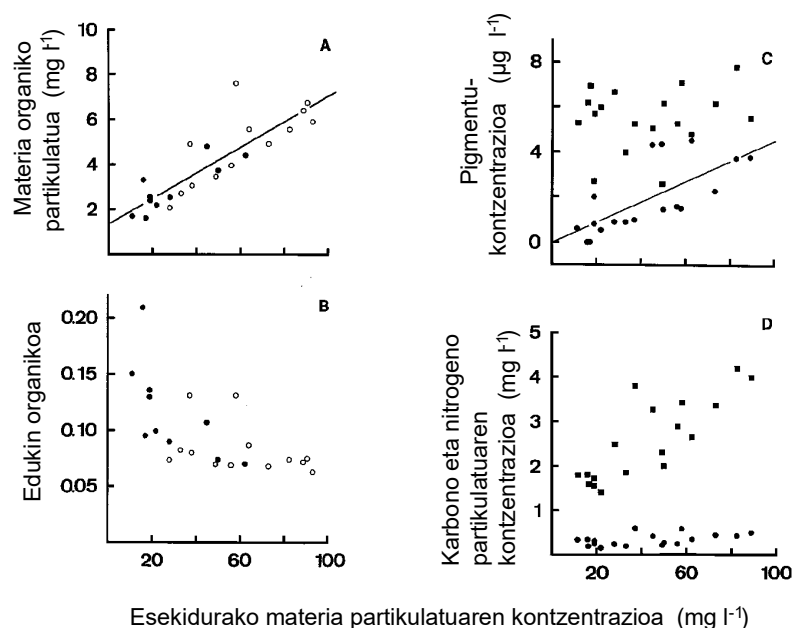
4.3.1. Sestonaren ezaugarrien azterketa

Bi marea hil eta bi marea bizietan zehar, esekiduran dagoen materia partikulatuaren gertutasunean (TPM: mg l^{-1}) behatutako aldagarritasun naturala, **4.1A** eta **4.1B Irudietan** adierazi da hurrenez hurren. Ikus daitekeenez, bi mota hauetako marea-zikloek denboran zehar aurkezten duten aldagarritasun-eredua desberdina da oso: marea hilen kasuan, lehenengo uneetan, ura laginketa-puntura heltzen denean, TPMaren balio altuak beha daitezke; gero, ziklo osoan zehar baxu mantenduko dira; aztertutako bi marea hilen bukaeran ordea, goranzko joera soma daiteke, laginketa-puntuan ur-zutabearen altuera jaitsiz doan heinean. Marea bizien kasuan aldiz, ezaugarriarik nabariena, ziklo erdian gertatzen den esekidurako materialaren kontzentrazioaren emendioa litzateke. Orokorki, marea bizietan neurturiko TPMaren balioak altuagoak dira ($30\text{-}95 \text{ mg l}^{-1}$) marea hiletakoak baino ($15\text{-}65 \text{ mg l}^{-1}$), zeren eta marea bizietan korrante-abiadura altuagoek berresekidura-maila altuagoa eragiten baitituzte.



4.1.Irudia. TPM (mg l^{-1}) materia partikulatuaren eboluzioa, 1992ko maiatzaren 27 (○) eta 28ko (●) marea hiletan (A), eta maiatzaren 31 (○) eta ekainaren 1eko (●) marea bizietan (B) zehar.

Berresekidura-prozesuek materia partikulatuaren kontzentrazioaren gainean eragindako emendioak, POM materia partikulu organikoaren gehipena dakar, **4.2.A** Irudian ikus daitekeenez; bi parametroen arteko korrelazio estua dago, $r = 0.8529$ koefizienteak adierazi duenez; hala ere, esekitzen den materiala gehienbat ez-organikoa denez, nahiz eta POMaren balioak TPMarekin batera emendatu, materia partikulatuaren edukin organikoa jaitsi egin da, PIM materia partikulu ez-organikoaren emendioa nagusitu egin baita (ikus **4.2.B** Irudia).

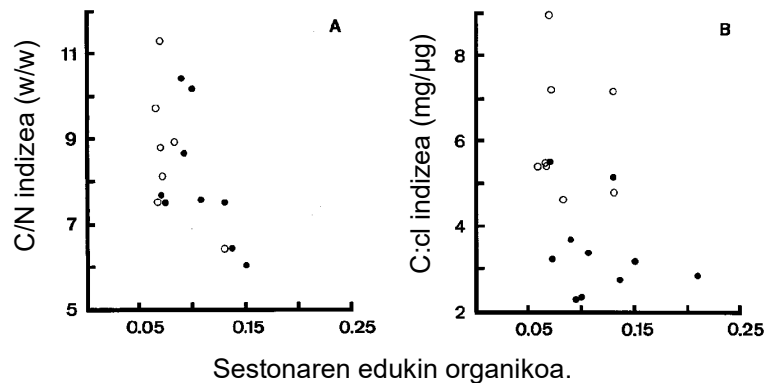


4.2. Irudia. **A)** POM (mg l^{-1}) materia organiko partikulatua, TPM (mg l^{-1}) materia partikulatu osoaren funtzio modura. Zirkulu zuriak (), marea bizietako laginak adierazteko erabili dira, eta beltzak () marea hiletakoak aurkezteko. Marraztu den lerroa, datu bakanei doitu genien hurrengo ekuazioaren adierazle da: $\text{POM} = 1.3562 + 0.0562 (\pm 0.0075) \text{ TPM } r^2 = 0.7274 \text{ } n = 23 \text{ } p = 10^{-4}$. **B)** Sestonaren edukin organikoa (f), TPM (mg l^{-1}) materia partikulatuaren kontzentrazioaren funtzio modura. Sinboloen gakoa, A irudian dago. **C)** α klorofila () eta feopigmentuen () kontzentrazioa ($\mu\text{g l}^{-1}$), TPM (mg l^{-1}) materia partikulatuaren kontzentrazioaren funtzio modura. Datu-talde bi hauei doitu genizkien erregresio-zuzenak, honako hauek izan ziren: α klorofilaren kasurako: $Y = 5.07 + 0.011 \text{ TPM } r^2 = 0.037 \text{ } n = 13 \text{ } p = 0.44$. feopigmentuen kasurako: $Y = -0.07 + 0.046 \text{ TPM } r^2 = 0.507 \text{ } n = 13 \text{ } p = 0.001$. rudian marraztu den lerroa, feopigmentuen ekuazioari dagokiona da, klorofilarena ez baita esangarria. **D)** Karbono organiko partikulatua (POC =) eta nitrogeno partikulatua (PN =), TPM (mg l^{-1}) materia partikulatuaren kontzentrazioaren funtzio modura.

Feopigmentuen eta α klorofilaren aldagarritasun tenporala materia partikulatuaren eboluzioarekin erkatuz, azken honen konposaketaari buruzko zenbait ondorio atera ditzakegu. **4.2.C Irudian** ikus daitekeenez, sestoneko α klorofilaren kontzentrazioa ia konstante mantendu zen, eta beraz ez zuen partikula-kontzentrazioan gertaturiko aldaketekiko menpekotasunik azaldu; feopigmentuen kontzentrazioari buruzko datuek aldiz, esekiduran zegoen materia partikulatuaren gertutasunarekiko menpekotasun nabaria agertu zuten, eta ondorioz, berreskitako materialarekiko ere. Datu hauetatik esekidurara eramandako materia organiko sedimentarioa detritikoa dela ondoriozta daiteke.

Bestalde, materia partikulatuaren kontzentrazioarekin batera, logikoa denez, POC karbono organiko partikulatuaren eta PN nitrogeno partikulatuaren kontzentrazioak ere emendatu egin ziren (**4.2.D Irudia**). Karbonoaren emendio-tasa nitrogenoarena baino altuagoa izan zen, C/N indizea emendatu egin baitzen sestonaren kontzentrazioak eraginda

edukin organikoa jaitsi zenean (**4.3.A Irudia**). Antzeko jaitsiera behatu zen karbono partikulatuaren eta klorofilaren arteko C:cl indizean (**4.3.B**), honek ere sestonaren edukin organikoarekiko menpekotasun negatiboa agertu baitzuen. Datu hauek guztiok, esekiduran jarritako materia organiko sedimentarioa gehienbat detritikoa zela iradoki digute.



4.3. Irudia. *A) C/N indizea eta B) C:cl indizea, marea hil (○) eta bizieta (●) harturiko itsas uraren laginetan, f sestonaren edukin organikoaren arabera.*

4.3.2. Iragazketa, sasigorotzen ekoizpena eta ingestioa

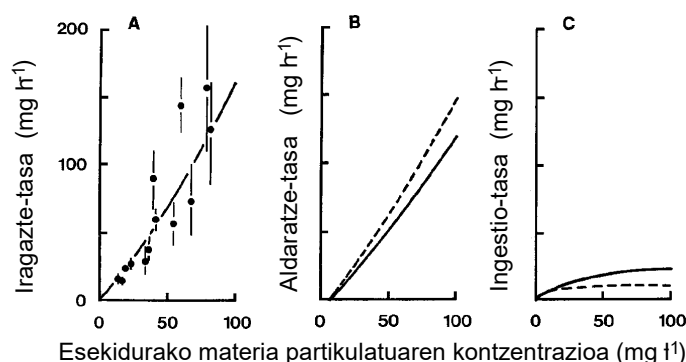
Parametro fisiologikoen eta janeurriaren ezaugarrien arteko erlazio funtzionalak aztertzeko, erregresio anizkoitzeko prozeduretara jo dugu. Iragazte-tasari (Fr: mg h^{-1}) dagokionez, eta beste aukerak saiatu ondoren, Fr-aren eta TPMaren arteko menpekotasuna adierazteko funtzio onena $\text{Fr} = a\text{TPM}^b$ motako funtzio potentziala zela aurkitu genuen. Minimo karratuen bidezko funtzioaren doiketarako erlazioa linearizatu egin behar izan zen, eta beraz, bi aldagaien logaritmoak (LogFr eta LogTPM) erabili ziren; gainera, esekiduran zegoen f materiaren edukin organikoaren eragina adieraz zezakeen terminoa ere saiatu genuen, hala nola TPM eta azken termino honen arteko elkarrekintza-terminoa ere (LogTPMxf). Aurretik finkatutako esangarritasun-mailara iritsi ez ziren aldagaiak kanpoan uzten dituen analisi estatistikoaren emaitza (ikus **4.1. Taula**), ondoko ekuazio hau izan zen:

$$\text{Fr} = 0.6397\text{TPM}^{1.197 \pm 0.071} \quad r^2 = 0.692 \quad F = 281.361 \quad n = 127 \quad (4.1. \text{ Ek.})$$

4.1. Taula. Erregresio anizkoitzeko analisiaren ondoren lorturiko ekuazioa: Fr (mg h^{-1}) iragazte-tasaren logaritmoa (Log Fr), TPM (mg l^{-1}) materia partikulatuaren kontzentrazioaren logaritmoaren (LogTPM), f sestonaren edukin organikoaren eta LogTPMxf bien arteko elkarrekintza-termioren funtzio modura.

	Koefizientea	Errore estandarra	Fren balioa
Analisiak onarturiko aldagaiak			
Ebaketa-puntua	- 0.194		
LogTPM	1.197	0.071	281.361
	$r^2 = 0.692$	a.-g. = 126	
Analisiak baztertutako aldagaiak			
f			0.106
LogTPMxf			0.454

Materia partikulatuaren f edukin organikoak eta iragazte-tasa eta f-ren arteko elkarrekintza terminoek ez zuten esangarritasun-maila gaintitu, eta beraz, iragazte-tasan eragina duen faktore bakarra esekiduran dagoen materia partikulatuaren kontzentrazioa dela ondoriozta daiteke. Bi parametroen arteko erlazioa baina, ez da lineala, $b = 1.197$ berreduraren balioa bat baino altuagoa baita. Ondorioz, partikula-kontzentrazio altuetarako proportzionala ez den iragazte-tasaren emendioa gertatuko da.



4.4. Irudia. *A)* Iragazte-, *B)* Aldaratze- eta *C)* Ingestio-tasak, mg h^{-1} -tan emanda, TPM (mg l^{-1}) materia partikulatuaren kontzentrazioaren funtzio modura. *A* irudiaren kasurako, datuei doituriko ekuazioa adierazten duen kurbarekin batera (ikus 4.1. Taula), materia partikulatuaren kontzentrazio desberdinetarako esperimentalak neurtu ziren iragazte-tasak batezbesteko balioa ($\pm$ % 95rako konfidantza-tarteak). *B* grafikoaren kasuan, 4.2. Taulan adierazitako ekuazioaren arabera lorturiko sasigorotzen ekoizpen-tasak, sestonaren bi muturreko edukin organikoetarako irudikatu dira: $f = 0.05$ (marra etena) eta $f = 0.20$ (marra jarraia). *C* grafikoan, ingestio-tasak edukin organiko berdineterako irudikatu dira: $f = 0.05$ (marra etena) eta $f = 0.2$ (marra jarraia)

Goian adierazi den 4.1. Ekuazioaren arabera, Marennes-Oleron-eko badian neurturiko partikula-kontzentrazioen tarterako lortuko liratekeen iragazte-tasaren balioak **4.4.A Irudian**

adierazi dira. Hauekin batera, esperimentalki lortutako balioak ere irudikatu dira, bien arteko erkaketa errazteko asmoz.

4.2. Taula. Erregresio anizkoitzeko analisiaren ondoren lorturiko ekuazioa: sasigorotzen Rr (mg h⁻¹) ekoizpen-tasa, Fr (mg h⁻¹) iragazte-tasaren, f sestonaren edukin organikoaren eta Frxf bien arteko elkarrekintza-terminoaren funtzio modura.

	Koefizientea	Errore Estandarra	Fren Balioa
Analisiak onarturiko aldagaiak			
Ebaketa-puntua	- 7.544		
Fr	1.040	0.018	2456.756
Frxf	- 1.238	1.251	24.4
	r ² = 0.997	a.-g. = 126	
Analisiak baztertutako aldagaiak			
f			0.935

Rr (mg h⁻¹) sasigorotzen ekoizpenari dagokionez, iragazte-tasarako egindako prozedura estatistiko bera aukeratu dugu; kasu honetan ordea, lineala zen funtzio bati doitu genizkion datuak, aldeztu aurretik geneukan informazioan oinarrituz (Iglesias *et al.*, 1996).

4.2. Taulan aurkeztu den eta aldagaiak esangarritasun mailaren arabera sailkatzen dituen analisiaren arabera, hurrengo hau litzateke sasigorotzen ekoizpenerako adierazpena:

$$Rr = -7.544 + 1.04 \pm 0.018 Fr - 1.238 \pm 0.251 Frxf \quad (4.2. \text{ Ek.})$$

$$r^2 = 0.997 \quad F = 17653.534 \quad n = 127$$

Beraz, sasigorotzen ekoizte-tasa iragazte-tasaren funtzio lineala litzateke, baina edukin organikoak ere, badu eragina erlazio horretan. Iragazte-tasaren eta edukin organikoaren arteko elkarrekintza esangarriak duen sinu negatiboak hurrengo esanahia du: esekiduran dagoen jakia zenbat eta edukin organiko baxuagokoa izan, gero eta materia iragaziaren proportzio altuagoa kanporatzen da sasigorotz modura. $f = 0.2$ eta 0.05 edukin organikoek dagozkien sasigorotzen ekoizte-tasak, **4.4.B Irudian** aurkeztu dira; bertan, ingeritu gabe kanporatu den materialaren proportzioa suma daiteke.

Ingestio-tasa (Ir: mg h⁻¹), iragazte-tasaren eta sasigorotzen ekoizte-tasaren arteko kenketaren bitartez kalkulatu dena, **4.4.C Grafikoan** irudikatu da bi edukin organikoetarako eta kontzentrazio-tarte zabal baterako. Irudian ikus daitekeenez, iragazte-tasa eraendu ez bada ere, edukin organiko bakoitzari dagokion ingestio-tasa estuki erregulatuta agertu zaigu, sasigorotzen ekoizpenaren iragazte-tasarekiko eta edukin organikoarekiko menpekotasun-mota dela kausa. Ingestio-tasaren balio maximoa, hala ere, aldakorra da janeurriaren portzentaia organikoaren arabera; materia iragaziaren edukin organikoa zenbat eta altuagoa izan, hainbat eta altuagoa da ingestio-tasa materia organikoaren kontzentrazio berdinerako.

4.3. Taula. Erregresio anizkoitzeko analisiaren emaitza: A) a klorofilarako neurturiko hautespen-etekina (SEcl) eta B) materia organikorako neurturikoa (SEo), f eta f² sestonaren edukin organikoaren, TPM materia partikulatuaren kontzentrazioaren eta dagozkien fxTPM eta f²xTPM elkarrekintza-terminoen funtzio modura.

A) SEcl

	Koefizientea	Errore estandarra	Fren balioa
Analisiak onarturiko aldagaiak			
Ebaketa-puntua	0.7513		
TPM	-0.0046	0.005	58.1921
	r ² = 0.3266	a.-g.= 121	
Analisiak bazterturiko aldagaiak			
f			0.1689
f ²			0.5735
f ² xTPM			2.1518
fxTPM			3.7808

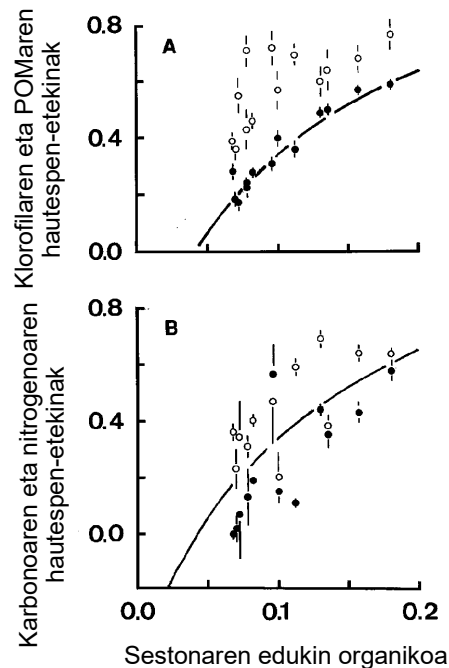
B) SEo

	Koefizientea	Errore Estandarra	Fren Balioa
Analisiak onarturiko aldagaiak			
Ebaketa-puntua	- 0.4283		
f	9.4901	1.0461	82.3061
f ²	- 21.3055	4.2246	25.4337
TPM	0.0012	0.0003	17.4178
	r ² = 0.8922	a.-g.= 126	
Analisiak bazterturiko aldagaiak			
fxTPM			0.5903
f ² xTPM			0.5039

4.3.3. Hautespen preingestiboa

SEo materia organikorako, eta SEcl a klorofilarako neurturiko hautespen-etekin bategbesteko balioak, **4.5.A Irudian** adierazi dira edukin organikoaren funtzio modura. Ikerketa honetan, esekiduran dagoen materia partikulatuaren kontzentrazioaren eta bere edukin organikoaren artean menpekotasun estua zegoenez, hautespen-etekinaren indize bietan aldagai bakoitzaren (TPM eta f-ren) bakarkako eragina eta bien arteko elkarrekintzaren eragina estatistikoki aztertzea erabaki zen. Lorturiko emaitzak (ikus **4.3. Taula**), ondoko hau adierazi zuen: lanean erabilitako edukin organikoen heinaren barruan, a klorofilarako hautespen-etekina (SEcl), TPMaren arabera da, zeren eta materia partikulatuaren kontzentrazioa altuagoa den neurrian, hautespen-prozesua modu inefizienteagoan gertatzen baita. Materia organikoa bere osotasunean hartzen badugu aldiz, mota honetako jakiaren hautespenaren etekina (SEo), edukin organikoaren funtzio kuadratikoa litzateke; hala ere, 4.3. Taulan ikus daitekeenez, partikula-kontzentrazioak ere

eragin esangarria du, zeren eta edukin organiko bera mantenduta ere, TPM emendatzen bada, hautespen-etekin netoa altuagoa bailitzateke.



4.5. Irudia. A) Materia organikorako (SEo:) eta a klorofilarako (SEcl:) hautespen-etekinak, f sestonaren edukin organikoaren arabera. Batezbesteko balioak eta desbiderazio estandarra irudikatu dira. B) SEc () karbono organikorako eta SEn () nitrogeno partikulaturako hautespen-etekinak, f materia partikulatuaren edukin organikoaren funtzio modura. Batezbesteko balioak eta desbiderazio estandarra irudikatu dira.

Bi grafikoetan marraztu den lerroa, SEo materia organiko osoaren hautespen-etekinaren balioei doituriko bigarren mailako funtzio polinomikoa dugu, erkaketa errazteko gauzatu dena.

4.5.B Irudian, bestalde, karbono eta nitrogenoaren hautespen-etekinak azaldu dira; erkaketa errazteko, materia organikoaren hautespen-etekina ere grafika berean irudikatu da. Datuen aldagarritasun-maila altua bada ere, orokorki, nitrogenoaren hautespen-etekinak materia organikoarenak baino altuagoak dira; karbonoarenak ordea, baxuagoak.

4.4. Taula. Student-Newman-Keuls testaren emaitza. Analisia, SE_{cl}, SE_o, SE_n eta SE_c substratu desberdinetarako hautespen-etekinen arteko desberdintasunen esangarritasun- maila aztertzeko burutu zen:

	SE _c	SE _o	SE _n	SE _{cl}
Batezbesteko balioa	0.2345	0.3502	0.4161	0.5667
Desbiderazio estandarra	0.2115	0.1460	0.1856	0.1542
n	58	127	55	120

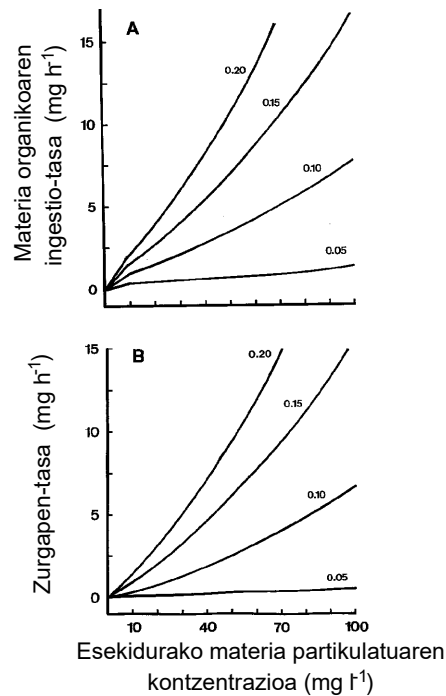
Erkaketa	SE	q	p
SE _{cl} vs SE _c	0.0189	0.0697	<0.001
SE _{cl} vs SE _o	0.0150	0.0503	<0.001
SE _{cl} vs SE _n	0.0190	0.0533	>0.001
SE _n vs SE _c	0.0221	0.0742	<0.001
SE _n vs SE _o	0.0189	0.0528	<0.010
SE _o vs SE _c	0.0187	0.0525	<0.001

Kontutan hartu diren substraturen batean (POM, cl a, POC eta PON) hautespen diferentzialik gertatzen ote zen jakiteko, erkaketa anizkoitzetarako den Student-Newman-Keuls (SNK) delako testa erabili zen. Desberdintasunak esangarriak zirela aurkitu zen binakako erkaketa guztietan (ikus **5.4. Taula**), $p = 0.05$ probabilitaterako. Hautespen-etekinen estimazioak, analisia egin ondoren, honela ordenatu ziren: SE_{chl} > SE_n > SE_o > SE_c.

4.3.4. Ingestio organikoa

Behin hautespen organikoaren maila ezagututa, Ir (mg h⁻¹) ingestio-tasaren kalkulua berehalakoa da, eta beraz, behatutako edukin organikoen tarterako, edozein partikula-kontzentrazioari dagokion ingestio-tasa kalkula daiteke (ikus **4.6. Irudia**). Irudi berean ikus daitekeenez, edozein edukin organikotarako, materia organikoaren ingestio-tasa (OIr: mg h⁻¹) emendatu egiten da materia partikulatuaren kontzentrazioa gehitzen denean; hala ere, emendioaren abiadura, jakiaren edukin organikoaren araberakoa da. Ondorioz, materia organikoaren ingestio-tasa beti da altuagoa edukin organiko altuetarako, eta TPM altuagoa den neurrian desberdintasunak are nabariagoak dira.

Ir ingestio-tasak eta OIr materia organikoaren ingestio-tasak jakiaren gertutasunarekin duen menpekotasunean dagoen desberdintasuna argi ikus daiteke 4.4.B eta 4.6 irudiak erkatuz gero. Ingestio-tasa ia konstante mantentzen den artean behintzat ikerketa honetan behaturiko kontzentrazio-heinaren barnean, ingestio organikoak joera hazkorra agertzen du TPMaren emendioarekin erlazionatuta. TPM eta OIr-aren arteko menpekotasun positiboa, hautespen preingestiborako prozesuen ondorioetariko bat dugu; honela, menpekotasun-maila hautespen-etekinaren arabera aldatuko da, eta hautespen-etekin altuagoa dagokienerako janarien kasuan menpekotasun-maila altuagoa azalduko da.



4.6. Irudia. *A) Ingestio organikoaren tasa (OIR: mg h⁻¹) eta B) zurgapen-tasa (AR: mg h⁻¹), $f = 0.05$ eta $f = 0.2$ balioen arteko sestonaren lau edukin organikotarako, eta TPM (mg l⁻¹) materia partikulatuaren kontzentrazioaren funtzio modura.*

Aurreko guztiaren ondorioz, ingeritzen den janariaren edukin organikoa, iragazi denarena baino altuagoa da, eta bien arteko desberdintasuna handiagoa da hautespen-etekina eta jaki-gertutasuna altuagoak diren neurrian.

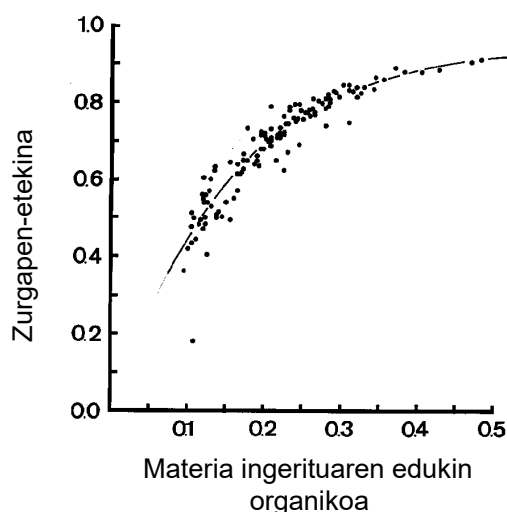
4.3.5. Zurgapen-etekina eta zurgapen-tasa

Zurgapen-etekina (AE) ingerituriko materiaren edukin organikoaren funtzio modura adierazi da **4.7. Irudian**. Bien arteko erlazioa Bayne *et al.*-ek (1987) lorturikoaren antzekoa da: zurgapen-etekinak ingerituriko materialaren kalitatearekiko menpekotasun esponentzial eta asintotikoa agertzen du. Datu indibidualei doituriko ekuazioa ondoko hau izan zen:

$$AE = 0.9500 \pm 0.0351 (1 - e^{(-6.7253 \pm 0.9542 (i - 0.0072 \pm 0.0117))}) \quad (4.3. \text{ Ek.})$$

$$r^2 = 0.861 \quad n = 126$$

non 0.95 zurgapen-etekin asintotikoaren balioa, 6.7253 zurgapen-etekina ingestioaren edukin organikoaren emendioaren arabera balio asintotikorantz hurbiltzen deneko tasa, eta 0.0072, AE = 0 deneko i -ren balioa den.



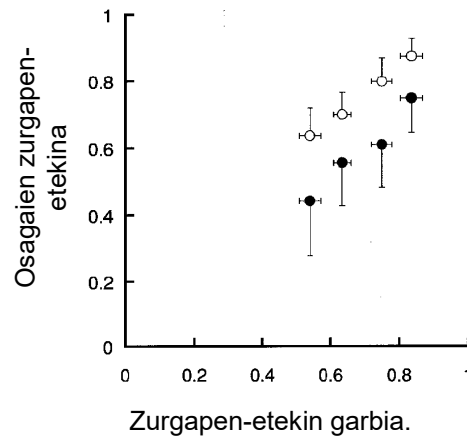
4.7. Irudia. Zurgapen-etekinaren eta ingerituriko materiaren edukin organikoaren arteko erlazioa. Puntuak datu bakanei dagozkie. Doituriko ekuazioa, testuan aurkeztu da.

Nitrogenoaren eta karbonoaren zurgapen-etekinak ere neurtu ziren, osagairen baten zurgapen diferentziala aztertzeko asmoz. Osagai bien zurgapen-etekinaren balio indibidualak materia organikoaren zurgapen-etekinaren funtzioak ziren ekuazioei doitu genizkien. Lorturiko adierazpenak honako hauek izan ziren:

$$AE_C = -0.065 + 0.948 \pm 0.194 AE \quad r^2 = 0.442 \quad p = 10^{-4} \quad n = 32 \quad (4.4. \text{ Ek.})$$

$$AE_N = 0.227 + 0.764 \pm 0.108 AE \quad r^2 = 0.627 \quad p = 10^{-4} \quad n = 32 \quad (4.5. \text{ Ek.})$$

Zuzen bien malden arteko desberdintasuna esangarria ote zen finkatzeko, paralelismo-testa (Zar, 1984) saiatu genuen; emaitza negatiboa lortu zen; behatutako aldagarritasun-maila altua zelako (karbonoaren zurgapen-etekinarena bereziki), eta bestalde, osagaien zurgapen-etekinak geneuzkaneko zurgapen-etekinen heina oso estua zelako, ezin daiteke desberdintasun esangarririk somatu bi aldagaiak erlazionatzen dituzten maldetan. Datuek iradokitako joerak argitzeko asmoz, materia organikoaren zurgapen-etekinen balioak tarteka taldekatu ziren eta tarte bakoitzeko batezbesteko balioari zegozkion karbonoaren eta nitrogenoaren batezbesteko zurgapen-etekinak kalkulatu ziren. Horrela, lau datu-talde osatu ziren: I) $AE \leq 0.6$ ziren balioak, II) $0.6 < AE \leq 0.7$ tartekoak, III) $0.7 < AE \leq 0.8$ tartean zeudenak, eta IV) $AE \geq 0.8$ zirenak. Tarte bakoitzaren materia organikoaren zurgapen-etekin ertainei dagozkien karbono eta nitrogenoaren batezbesteko balioak **4.8. Irudian** adierazi dira. Solapamendu-maila altua bada ere, orokorki, karbonoaren zurgapen-etekina nitrogenoarena baino baxuagoa dela suma daiteke.



4.8. Irudia. Karbonoaren (○) eta nitrogenoaren (●) zurgapen-etekinak, materia organikoaren zurgapen-etekinaren funtzio modura. Kontutan hartu diren lau tarteetarako kalkulaturiko batezbesteko balioak ($\pm$ % 95rako K.T.) adierazi dira.

Zurgapen-etekinaren eta ingestio organikoaren balioetatik, 4.7. Irudian ingestio organikorako erabili diren edukin organiko eta esekidurako materia partikulatuaren kontzentrazio berberei dagozkien zurgapen-tasak kalkulatu dira. Prozesu honen emaitzak 4.6. Irudian ageri dira. Zurgapen-tasetan ikus daitekeen joera, ingestioan behatu zenaren oso antzekoa bada ere, TPMarekiko menpekotasun positiboa nabarmenagoa da zurgapen-tasaren kasuan, batez ere edukin organiko altuenez ari garenean. Horren oinarria zurgapen-etekinean ingerituriko materiaren edukin organikoak duen eragin positiboan datza.

4.4. Eztabaida

Bere ohiko ingurunean, bibalbio suspentsiboroak modu auresanezinean alda daitezkeen elikatze-baldintzetan bizi dira, aldagarritasuna bai kalitatean zein kuantitatean gerta daitekeelarik. Aldaketa horien aurrean bibalbioek erantzunak emateko duten ahalmenak, osatzen dituzten populazioen dinamikan eragin esangarria izan dezake, zeren eta populazio horietan ezezik, alboko populazioetan zeharreko energia-fluxuak ere zeharo alda baititzake erantzun-ahalmen horrek.

Lan honetan, Marennes-Oleroneko badian marea-ziklo hil eta biziek eragiten dituzten baldintza aldakorren aurrean *Cerastoderma edule* k agertu duen elikadura- joera ikasi da. Mareen efektu nagusia, haizearenarekin batera, eragiten duten badiako hondoa jalkita dagoen materialaren berresekidura da: prozesu honek esekiduran dauden partikulen kontzentrazioan eta sestonaren konposaketan aldaketa nagusiak eragin ditzake. Esekiduran dagoen materia partikulatuaren kontzentrazioa (TPM) eta bere kalitatea, kasu honetan edukin organiko (f) modura definitu duguna, guztiz erlazionatuta daude elkarrekin eta menpekotasun inbertsoa dugu bi parametroen artean, zeren edukin organikoa jaitsiz baitoa

sestonaren kontzentrazioa emendatzen denean (ikus 4.2.B Irudia). Mota honetako materia organikoaren diluzio-fenomenoak itsasadar gehienetan gertatzen dira, edukin organiko baxuko sedimentuak berreskitzen direnean (Widdows *et al.*, 1979; Berg & Newell, 1986; Smaal *et al.*, 1986); hala ere, alderantzizko joera behatu da inoiz (Feggley *et al.*, 1992). Bestalde, *a* klorofila eta feopigmentuen neurketei begira diezaiekegu, eta hauek esekiduran dagoen materialaren kontzentrazioarekiko agertzen duten erlazioan oinarrituta (ikus 4.2. eta 4.3. Irudiak), esekiduran jartzen den materia sedimentarioaren izaera batez ere detritikoa dela eta *a* klorofilaren iturri nagusia fitoplanktona dela ondoriozta daiteke. Hipotesi honen alde leudeke C/N eta C:cl indizeetan behaturiko eboluzioa ere, biak jaitsi baiziren berresekidurak eraginda partikula-kontzentrazioa emendatu zenean. Izan ere, ezaguna da materia detritikoak C/N eta C:cl indize altuak erakusten dituela.

4.4.1. Iragazketa

C. eduleren elikadura-jokaera ikertu denean, gehienetan TPM eta aklaramendu-tasaren arteko menpekotasun negatiboa aurkitu da, eta zenbait kasutan, sestonaren karga altuetan iragazte-tasaren beherapena ere gerta daiteke (Foster-Smith, 1975b; Iglesias *et al.*, 1992; Navarro *et al.*, 1992; 1994). Lan honetan aurkitu dugun joera, aldiz, alderantzizkoa izan da, aklaramendu-tasa ia konstante mantentzen baita eta areago, kontzentrazio altuenetan nolabaiteko emendioa ere behatu da, iragazte-tasa eta TPMaren arteko funtzioan 1 baino handiagoa den berreduraren balioak adierazten duenez. Aklaramendu-tasa eta esekidurako materiaren kontzentrazioaren arteko menpekotasun eza, Prins & Smaal-ek (1989) ere behatu zuten, *C. eduleren* aleak sedimentu naturalaren eta *Phaeodactylum tricornutum*en arteko nahasketaz elikatu zituztenean. Erantzun bera ($b > 1$) aurkitu zen, halaber, lehenagoko ikerketa batean, non Mundakako itsasadarreko *C. eduleren* janeurri modura bertako sedimentua besterik erabili ez baitzen (Iglesias *et al.*, 1992). Lan horretan frogatu zenez, bestalde, aklaramendu-tasak janeurriaren edukin organikoarekiko menpekotasun altua erakutsi zuen, sedimentuari algak gehitu zitzaizkionean. Oraingo lan honetan ez dugu eragin esangarririk aurkitu, ez jakiaren edukin organikoetan ez eta TPM eta f-ren arteko elkarrekintzak ere; desberdintasuna, seguru asko, edukin organikoaren aldagarritasunaren hein estuan (7-22%) eta honen TPMarekiko menpekotasunean datza (ikus 4.2.B Irudia), eta beraz, eragina ez da nabaria.

Aklaramendu-tasak erakutsi duen janariaren gertutasunarekiko menpekotasun ezaren ondorioz, iragazte-tasak zehatz-mehatz jasaten ditu sestonaren kontzentrazioan gertatu diren aldaketak.

4.4.2. Ingestioa

Ingestio-tasa, iragazte-tasa ez bezala, tarte estuan eraenduta agertu zaigu. Erregulazio honen abantailak lehenago ere plazaratu dira (Navarro & Iglesias, 1993; Navarro *et al.*, 1994), ingestio-tasak zurgapen gordinen eta garbian dituen eraginak azalduz. Eraenketa-

mekanismoari dagokionez, Foster-Smith-ek (1975b) jakiaren kontzentrazio hazkorren aurrean ingestio-tasa konstante mantentzeko bi estrategia zeudela ikusi zuen: aklaramendu-tasaren jaitsiera edo sasigorotzen ekoizpenaren emendioa. Ikertzaile honen arabera, estrategia bata ala bestea agertzea espeziearteko desberdintasunei zor zaie, *C. edule*, ingestio-tasa aklaramendu-tasaren beherapenaren bidez kontrolatzen duten espezieetarikoa litzatekeelarik. Lan honetan, eta lehenago burutu diren beste zenbaitetan (Iglesias *et al.*, 1992; Navarro *et al.*, 1992) *C. edule* ek ere, esekiduran dagoen materia partikulatuaren kontzentrazioa altua eta edukin organiko baxukoa denean, liseri-hodirantz bideratzen den jakiaren kantitatea sasigorotzen ekoizpenaren bidez kontrola dezakeela frogatu da. Sasigorotzen ekoizpena, 2. ekuaziotik ondoriozta daitekeenez, iragazte-tasarekiko eta iragazitako materialaren edukin organikoarekiko menpekotasuna dauka, eta beraz, brankietan iragazi den materiatic sasigorotz modura kanporatu den proportzioa balio asintotiko baterantz emendatuz doa, iragazte-tasa altuagoetan eta jakiaren kalitatearen arabera. Horrela, edukin organikoa % 7koa denean, sasigorotzetan kanporaturiko materia iragaziaren proportzioak % 95.33rantz joko luke, eta $f = \% 20$ denean, % 79.24rantz. Mota honetako erantzunaren ondorioz, ingestio-tasa jakiaren edukin organikoaren arabera maila desberdinetan eraenduta agertzen da, kalitate altuetarako altuagoa izanik (ikus 4.4.B Irudia).

Honelako jokaerek dituzten ondorio energetikoak, garrantzi handikoak dira. Hala ere, hautespen preingestiboa eta zurgapen-prozesuak kontutan hartuko dituen ikerketa sakonagoak behar dira.

4.4.3. Hautespen preingestiboa

Esekiduran dagoen materia partikulatuaren kontzentrazioa atari-mailatik gorakoa denean jokatzen hasten den ingestio-tasa murrizteko mekanismoa izateaz gain, sasigorotzen ekoizpena, brankietan harrapatu diren partikulen hautespenerako mekanismoa ere bada bibalbio askotan. Hautespenaren ondorioz, sasigorotzetan partikula ez-organikoak lehentasunez kanporatzeagatik ingerituriko jakiak edukin organikoa altuagoa izango du, iragazitako materialarekin erkatuz. Kjørboe & Møhlenberg-ek (1981) zenbait bibalbio-espeziatan a klorofilaren aldeko hautespen preingestiboa dagoela frogatu zuten; bibalbio horien artean *C. edule* zegoen. Geroago ere, zehaztasun handiagoz ikertu dira *C. eduleren* hautespen preingestiborako prozesuak, jakiaren kantitate eta kalitate desberdinetako egoeretan (Navarro *et al.*, 1991; Iglesias *et al.*, 1992), eta bereziki energiaren lorpenean hautespen horrek duen eragina aztertu da.

Hautespen preingestiboa aztertzean, behar-beharrezkoa dugu zein materialen hautespena egingo den finkatzea. 4.5. Irudian ikus daitekeenez, a klorofilaren eta materia organikoaren hautespen-etekinak ez dira berdinak, klorofilarenak altuagoak baitira beti. Bien arteko desberdintasuna azaltzeko, bi azalpen posible ditugu: a) Baldintza naturaletan esekiduran dagoen materia organikoa izaera desberdinetako partikulaz osatua dago: fitoplanktona, zooplanktona, bakterioak, eta mota guztietako detritusak (landareenak, zooplanktonaren hondakinak, gorotzetatik eratorritako materiala...); gerta liteke, beraz,

izaera desberdinetako partikulak fitoplanktona baino etekin txikiagoz hautatuak izatea, eta horrela, materia organikoa bere osotasunean aztertzean etekin garbia txikiagoa izatea. b) Bestalde, materia organiko guztia, fitoplanktonaren etekin berdinez hautatuko balitz ere, sasigorotzetan dagoen materia organikoa neurtzerakoan ekoitzitako mukia ere kontutan hartzen denez, mukiaren edukin organikoak sasigorotzen proportzio organikoa emendaraz lezake; horren ondorio zuzena hautespen-etekin garbiaren beherapena litzateke.

Materia organikoaren hautespen-etekinaren eta sestonaren edukin organikoaren arteko erlazioak (4.5. Irudia), antzekotasun handia du Iglesias *et al.*-ek (1992) f-ren tarte berean lortutakoarekin, lan honetako balioak orokorki altuagoak badira ere. Tarte horretarako, erlazioa positiboa da SE eta f-ren artean, hain zuzen ere mukiaren eragin negatiboaren ondorioz, bere eragina proportzionalki garrantzitsuagoa baita jakiaren edukin organikoa txikiagoa den neurrian. Klorofilaren hautespen-etekinak, bestalde, etekin gordina izanik, mukiaren eraginarekiko beregaina izan beharko luke, baina hala ere, f-rekiko menpekotasun positiboa erakusten du, materia organikoaren antzekoa. Emaiza hau deigarria da, laborategian edukin organikoen hein zabalena aztertu zenean lorturiko emaitzekin bat ez datorrelako; horietan, SECl maximoak hain zuzen ere edukin organiko baxuetan lortzen ziren. Erregresio anizkoitzaren emaitzek adierazi dutenez (ikus 4.3 Taula), f-ren eragin positiboa itxurazkoa da, zeren eta a klorofilaren hautespen-etekina mugatzen duen aldagaia, esekiduran dagoen materialaren kontzentrazioa baita; brankiak prozesaturiko material-kantitatea handiagoa den neurrian, orduan eta hautespen-prozesuaren etekina baxuagoa da. Kaolinen kontzentrazio altuek sortezitako hautespenerako gaitasunaren galera, *Crassostrea virginica* ere aurkitu da (Urban & Kirchman, 1992); kasu honetan ordea, etekinaren jaitsiera, almidoizko partikulen eta *Isochrysis galbana*-ren arteko diskriminazio-gaitasunaren murrizketa modura agertu zen, ondorio zuzena almidoiaren ingestio-tasaren emendioa izanik. Ikertzaileek adierazi dutenez, kaolinen kontzentrazioaren emendioak ez zuen eraginik izan iragazitako edo sasigorotzetan kanporatutako klorofila-kantitatean, eta beraz, gure lan honetan erabili dugun klorofilaren hautespen-etekinaren definizioaren arabera, parametro horren emendioa gertatuko litzateke TPM emendatzerakoan. Modu berean, orain arte *C. edule* erabiliz lortutako fitoplanktonaren hautespen-etekinari buruzko esperimentu guztietan ez da horrelako menpekotasunik aurkitu (ikus Tesi honetako beste kapituluak), eta beraz, hauxe ondorioztatu dezakegu: behatutako fenomeno hori esekiduran dagoen materialaren kontzentrazioa benetan altua denean ($\text{TPM} > 40 \text{ mg l}^{-1}$) bakarrik gertatuko da.

Gorago esandakoaren arabera, materia organikoaren hautespen-etekinak menpekotasun-mota bera erakustea logikoa da; erregresio anizkoitzeko analisiak adierazi dutenez, aitzitik, TPMarekiko menpekotasuna azaltzen du, baina negatiboa izan beharrean positiboa delarik. Efektu positibo honek paradoxikoa badirudi ere, badu bere zergatia: materia organikoaren hautespen-etekina etekin netoa denez, eta beraz, muki-ekoizpenak bere balioan eragina izango duenez, bere TPMarekiko menpekotasunak TPMak muki-ekoizpenenean duen eraginaren arabera izango da; zenbat eta materia gehiago kanporatu hainbat eta mukiaren proportzioa txikiagoa dela onartuz gero, TPMa altuagoa den neurrian,

sasigorotz gehiago ekoitziko da eta hortaz, azken emaitza TPM emendatzerakoan hautespen-etekin garbia gero eta altuagoa izatea ez da harritzekoa, hautespen-etekin gordinen efektua kontrakoa bada ere. Azalpen honek berdin balio digu, edukin organiko baxuetan behaturiko SE-aren balio horren altuak ulertzeko. Izan ere, erkagarriak diren lan gehienetan, kontzentrazio ertainetan eta edukin organiko baxuetarako, hautespen-etekin garbia guztiz murriztua gerta daiteke mukiaren eraginagatik hain zuzen ere.

Klorofilaren eta materia organikoaren hautespen-etekin oso desberdinak ez zirenez, mukiaren garrantzia txikia behar zela argi bageneukan ere, mukiak sasigorotzen edukin organikoan izan dezakeen efektua kuantifikatzeko asmoz, hurrengo hurbilketa egin genuen: iragazitako materia organiko guztia a klorofilaren etekin beraz hautatua bailitzen jokatu genuen, hau da, sasigorotzetan kanporatuko zen iragazitako materia organikoaren proportzioa kalkulatu genuen, proportzio hori klorofilaren proportzioaren berdina litzatekeeneko kasuan. Horrela, neurturiko eta estimaturiko materia organikoen diferentzia, mukiari dagokiona litzateke. Hurbilketa honen emaitza, muki-ekoizpena (MPr: mg h⁻¹) sasigorotzen ekoizpen-tasaren (Rr: mg h⁻¹) funtzioa zela ikustea izan zen. Doituriko funtzioa, funtzio potentziala izan zen, hurrengo adierazpenaren arabera:

$$\text{MPr} = 0.0581 \text{ Rr}^{0.685 \pm 0.057} \quad r^2 = 0.575 \quad p = 10^{-4} \quad n = 110 \quad (4.6. \text{ Ek.})$$

Berreduraren balioa <1 izateak lehenago aipatu dugun hipotesia baieztatu zuen, hau da, mukiaren eragina gutxituz doa sasigorotzetan kanporatutako materialaren kantitatea emendatzen den neurrian. Adibide modura, mukia sasigorotzen % 4.52 litzateke biodeposito hauen ekoizpen-tasa 20 mg h⁻¹-koa denean; sasigorotzen ekoizpena 100 mg h⁻¹-ra emendatuko balitz, aldiz, mukiaren portzentaia %1.36ra jaitsiko litzateke. Emaitza hau dela eta, sasigorotzen ekoizpen-prozesuak, behin aldaratze-ataria gaingitu ondoren, sasigorotzak enpaketzeko mukiaren kantitate minimoaren sekrezioa eskatzen duela ondoriozta genezake. Kantitate hori sasigorotzen edukin organiko osoaren proportzio altua izan badaiteke ere, aldaratze-tasaren emendioak eskatuko lukeen mukiaren beharra gero eta txikiagoa bide litzateke. Sasigorotzen ekoizpen altuek eragiten dituzten baldintzetan muki-ekoizpenaren murrizketa azaltzea, edozein kasutan, balio handiko moldapena litzateke kontzentrazio altuko ingurunetan bizi diren animalientzat. Izan ere, mukiaren sintesi eta ekoizpenak eragiten dituen galera energetikoak murriztuz, energia-balantze faboragarriagoak ahalbidetuko lirateke.

Karbonoaren eta nitrogenoaren hautespen-etekinei dagokienez, lehenago klorofila eta materia organikoaren hautespen-etekinen arteko desberdintasunak azaltzeko erabili diren hipotesi biak dira baliagarriak, karbonoaren hautespen-etekinak nitrogenoarenak baino baxuagoak zergatik diren ulertzeko unean: a) Fitoplanktonaren lehentasunezko hautespenak, alga-partikulen C/N indizea materia organiko sedimentarioarena baino baxuagoa denez, oro har, sasigorotzen nitrogeno-edukina jaistaraztea eragingo luke, eta beraz, karbonoarekin erkatuz, bere hautespen-etekina faboratua gertatuko litzateke. b) Bestalde, mukiaren konposaketaren ondorioz bere C/N indizea altua balitz, baliteke karbonoaren hautespen-etekin baxuagoak mukiaren presentziak eraginda gertatzea. Horrela izanez gero,

sasigorotzen karbono-edukina emendatu egingo litzakete, eta elementu honen hautespen-etekina jaitsi egingo litzateke. Gaur egun bibalbioen mukiaren konposaketa biokimikoari buruzko informazio zehatzik ez badago ere, gastropodoek ekoizten dutenaren antzekoa izan daitekeela onartzen badugu (ikus Kideys & Hartnoll-en (1991) berrikustapena), mukiaren %70a proteina eta gainontzeko gehiena karbohidrato izanik, bere C/N indizea baxua litzateke eta beraz, kasu honetan nitrogenoaren eta karbonoaren hautespen-etekin gordinen arteko desberdintasuna garbietan baino are handiagoa litzateke; Newell & Jordan-ek (1983) *Crassostrea virginica*ren kasuan lortu zituzten emaitzen antzeko datuak izango genituzke kasu honetan.

Beraz, osagai desberdinen hautespen-etekin gordinak neurtzeko beharrezkoak dira mukiaren ekoizpena eta bere osaketa espezifikoak aztertuko dituzten lan sakonagoak; horrela, animalia hauek bere ingurune naturalean jasaten dituzten baldintza desberdinetan zein materia-mota hautatzen den eta zein etekinez hautatzen den jakiteko aukera izango genuke.

4.4.4. Zurgapena

Orain arte kontutan harturiko hautespen preingestiborako prozesuek, ingerituko den materiaren kantitatea eta kalitatea mugatzen dituzte. Ingerituriko jakiak duen energiari aterako zaion probetxua aldiz, zurgapen-etekinaren arabera izango da. Ikerketa honetan lorturiko zurgapen-etekinaren balioak, sedimentu naturala jaki modura erabili deneko esperimendu behaturiko altuenak dira; areago, kultibaturiko algen kasuan neurturikoak baino altuagoak ere izanik, Marennes-Oleron-eko badiako uretan esekiduran dagoen materia organikoak erraz liseritzen den horietarikoa izan behar duela iradoki daiteke. Horrela litzateke lana burutu zeneko urtearen sasoian behintzat, zeren suspentsioaren konposaketa eta izaera urtaroarekin batera alda baitaitezke.

Horren altuak diren zurgapen-etekinaren balioetatik beste ondorio bat atera daiteke: zurgapen-etekinak zero balioa hartzen dueneko ingestaren edukin organikoa 0.0072 bezain baxua dela kontutan hartuta, gorotzetako galera metabolikoak (endogenoak) halabeharrez defekatutako material guztiaren proportzio txiki bat besterik ez dira, zeinak liseri-prozesuen optimizazioan pentsatzera baikaramatza.

Zurgapen-etekina, 4.8. Irudian ikus daitekeenez, ingerituriko materialaren edukin organikoak mugatzen du. Mota honetako menpekotasuna lehenago ere aurkitu da zenbait bibalbio iragazleren espezieak sedimentu naturalaz elikatu direnean (*Mercenaria mercenaria*: Bricelj & Malouf, 1984; *Mytilus edulis*: Bayne *et al.*, 1987; 1993; *Ruditapes philippinarum*: Goulletquer *et al.*, 1989; *Placopecten magellanicus*: Cranford & Grant, 1990; *Cerastoderma edule*: Navarro *et al.*, 1991); menpekotasun honek agerian utzi du materia organikoaren diluzioak zurgapenean duen eragina. Ingestio-tasa da, bestalde, kasurik gehienetan zurgapen-etekina eta ondorioz, zurgapena bera baldintzatzen duen parametroa; ikerketa honetan ordea, ez du eragin esangarririk ingestio-tasa hein estuan eraenduta

dagoelako. Nitrogenoaren zurgapen-etekina, oro har, karbonoarena baino altuagoa da (ikus 4.9. Irudia), desberdintasuna esangarria ez bada ere.

Karbonoaren eta nitrogenoaren zurgapen-etekinen arteko desberdintasunak materia organikoaren zurgapen-etekinaren balio baxuagoetarako areagotuko liratekeela kontutan izanik, (balio maximorako ($AE = 1$) bi osagaien zurgapen-etekinek 1 balioa izan behar bailukete derrigorrez), esangarritasun eza, kasu honetan ditugun materia organikoaren zurgapen-etekinaren balio guztiak 0.5 baino altuagoak izatearen ondorio izan daiteke. Hala ere, ezin atera dezakegu behin betirako ondoriorik baina kasu honetan joera baino ez den fenomeno hau, beste ikerketa batean ere aurkitu da: Grant & Cranford-ek (1991), *Placopecten magellanicus*en kasuan, nitrogenoaren zurgapen-etekinak karbonoarenak eta materia organikoarenak baino altuagoak zirela behatu zuten. Desberdintasunak, txikiagoak ziren beirei *Chaetoceros*ez osaturiko jakia eman zitzaientean, %20ko edukin organikoa zuen sedimentu naturalaz elikatu zirenean baino.

Lehenago plazaratu diren eta hautespen-etekinei zegozkien aukerako hipotesiak, orain ere erabilgarri gerta dakizkiguke karbono eta nitrogenoaren zurgapen-etekinen arteko desberdintasunak azaltzeko: a) Baliteke, bai nitrogenoaren zurgapena zihurtatzeko moldapen entzimatiakoaren ondorioz, edo bai zenbait karbohidrato liserigaitzen zurgapenerako ezintasunagatik ere, proteinen zurgapen-etekin gordina beste osagai biokimikoena baino altuagoa izatea. b) Bestalde, baliteke gorotzetako galera metaboliko endogenoen konposaketak karbonoaren edukina modu diferentzialean emendatzea. Hipotesi hau onargarri izateko, galera metabolikoen C/N indizeak ingeritutako materiarena baino altuagoa dela ikusi beharko genuke. Grant & Cranford-ek (1991) *Placopecten*en galera metabolikoen karbono eta nitrogenoaren edukinaz egindako estimazioetatik eratorritako C/N indizea aldiz, ingerituriko materiarenaren berdina edo txikiagoa litzateke, eta beraz, lehenengo hipotesirantz lerratuko ginateke. Lan honetan dugun informaziotik abiatuta, ezin dugu argitu zurgapenaren ikuspuntu hau. Bestalde, proposaturiko bi fenomenoak, maila desberdinean bada ere, batera gerta litezke, eta horien emaitza lirateke hain zuzen guk behaturiko osagaien zurgapen-etekinak.

Azken finean, nitrogenoaren zurgapen-etekina karbonoarena baino altuagoa izatea eragiten duen arrazoia edozein delarik, horrela izatea abantailatsua litzateke ikerketa honetan neurturiko baldintzetan ($C/N = 10.3$) edo antzekoetan bizi den animaliarentzat, zeren, fitoplanktona materia partikulatu guztiaren proportzio txiki bat besterik ez denean, bibalbioen hazkundera mugatua gerta baitaiteke materia detritikoan tipikoa den nitrogenoaren gertutasun baxuagatik.

5.4.5. Inguruneke baldintza aldakorren simulazioa

Orain arte energia-lorpenerako prozesuen erantzunak aztertu ditugu kantitate eta kalitate desberdineko baldintzen aurrean. Bere ohiko ingurunean aldiz, bibalbioen bi parametroen aldaketak batera jasango dituzte, eta beraz, zenbait kasutan zaila gerta daiteke

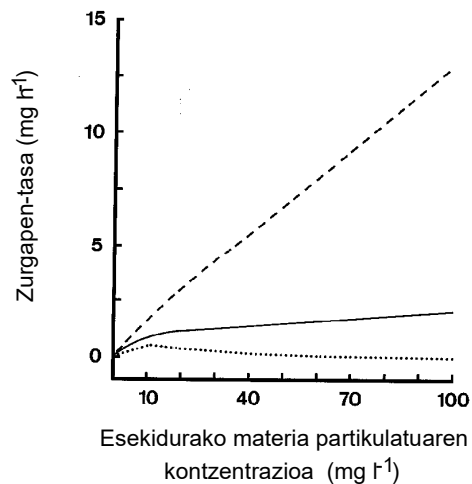
emaitza auresatea. Oro har, esekiduran dagoen materialaren kontzentrazioa baxua denean, bere kalitatea altua izaten da eta sestonaren karga emendatzen den neurrian, edukin organikoaren beherakada gertatzen da. Fenomeno hau oso nabaria da aztertzen ari garena bezalako kasuetan, non partikula-kontzentrazioaren emendioa esekiduran dagoen materialarena baino edukin organiko baxuagoko sedimentuaren berresekidurari dagokion (Goulletquer *et al.*, 1989; Razet *et al.*, 1990).

Jakiaren kontzentrazioan eta edukin organikoan batera gertatzen diren aldaketek zurgapen-tasan duten eragina argitzeko helburuz, Emaitzak atalean aurkeztutako ekuazioak erabili genituen, partikula-kontzentrazioa (TPM: mg l⁻¹) eta dagozkien f edukin organikoen balio errealisten tarterako energia-lorpenaren tasa auresateko. Horretarako, genituen TPM eta f-ren datu diskretuak, $f = aTPM^b$ motako funtzio potentzialari doitu genizkion, zeren eta era honetako funtzioek b berreduraren balioak mugatzen duen balio minimo asintotikorantz jaisten diren edukin organikoak auresaten baitituzte. Ikerketa honetako baldintzen pean, doiketarako minimo karratuen metodoaren bidez lortu zen ekuazioa honako hau izan zen:

$$f = 0.3612TPM^{-0.372 \pm 0.0766} \quad r^2 = 0.5293 \quad n = 23 \quad (4.7. \text{ Ek.})$$

Ondoren, 0-100 mg l⁻¹ tarteko TPM balioei zegozkien edukin organikoaren balioak kalkulatzeko erabili zen ekuazio hau.

Partikula-kontzentrazioaren eta edukin organikoaren balioak parametro fisiologikoen datu esperimentalen doiketaz lorturiko ekuazioetan ezarriz, materia partikulatuaren kontzentrazioaren emendioak zurgapen-tasetan eragiten duen eraginaren simulazio errealista lortzen da; lorturiko emaitzak 4.9. Irudian irudikatu dira, lerro jarraiaren bidez. Lerro etena eta puntuzko lerroa 4.9. Irudi horretan, neurtutakoa baino edukin organiko altuagoa (TPM = 100 mg l⁻¹ denerako bikoiztua) eta baxuagoa (TPM = 100 mg l⁻¹ denerako erdiratua) luketen sedimentuen berresekidura hipotetikoek eragingo lituzketen egoerak adierazteko erabili dira hurrenez hurren.



4.9. Irudia. Zurgapen-tasaren balioak ($AR: mg\ h^{-1}$), sestonaren kontzentrazioaren arabera. Lerro desberdinak, materia sedimentarioaren berresekidurak eragindako "diluzio"-maila desberdinen simulazioei dagozkie. Lerro jarraia, ikerketan neurturiko baldintza naturalei dagokie: beraz, sestonaren edukin organikoa, materia partikulatuaren kontzentrazioa emendatzean, $f = 0.3612\ TPM^{-0.372}$ adierazpenaren arabera jaisten denean lortuko liratekeen balioak adierazten ditu lerro horrek. Adierazpen horretako berretzailearen balioa -0.523 edo -0.222 izan balitz lortuko ziratekeen zurgapen-tasak, puntuzko lerroaren eta lerro etenaren bidez adierazi dira hurrenez hurren. Berreduraren balio horiek, $TPM = 100\ mg\ l^{-1}$ denean sestonaren benetako edukin organikoaren bikoizketa edo erdiraketa eragiten dituztenak izateagatik aukeratu ziren.

Irudian ikus daitekeenez, esekiduran dagoen materialaren kontzentrazioak zurgapen-tasan duen eragina desberdina da jakiaren kalitatearen arabera. Horrela, egiatan behaturiko berresekidura-fenomenoek eragindako kalitatearen beherapena aise konpentsatu da, zurgapen-tasak partikula-kontzentrazioarekin agertzen duen menpekotasuna minimoa delarik. Iragazte- eta sasigorotzen ekoizpen-tasa altuak mantentzeak, hautespen-prozesuei etekin altua ateratzea faboratzen du; beraz, ingestio-tasa estuki eraenduta dagoenez eta ingerituriko materialaren edukin organikoa emendatu denez, iragazitakoarekin erkatuz, zurgapen-prozesuek etekin altuz iharduten dute, eta zurgapen-tasa konstante edo hazkorrak ager daitezke sestonaren zama altuetarako.

Sedimentuaren edukin organikoa bikoiztuko balitz, partikula-kontzentrazioa emendatzerakoan (lerro etena), gero eta zurgapen-tasa altuagoak gertatuko lirateke. Kantitate eta kalitate horien konbinaketa berez gertatzea, naturan, probabilitate txikiko gertakizuna litzateke hala ere. Berresekkitzen den materialaren edukin organikoaren erdirainoko murrizketak aldiz (puntuzko lerroa), oso baxuak liratekeen eta TPMarekiko menpekotasun negatiboa agertuko luketen zurgapen-tasak ekarriko lituzke. Sedimentu ez-organikoak eragindako diluzio gogorreko egoeretan, sasigorotzak ekoiztea kaltegarri izatea ere gerta daiteke, mukiaren ekoizpenak eskatzen duen inbertsio energetikoak hautespen-prozesuetatik lorturiko etekina baino altuagoak liratekeeneko kasuan, adibidez. Bestalde,

hautespenerako mekanismoak eraginkorrak ez badira, ingerituriko materialaren edukin organikoak sestonaren edukin organikoan gertaturiko beherapena jasango duenez, zurgapen-etekina ere modu esangarrian jaitsiko da. Kanporatutako mukiari lotuta doan galera energetikoak eta zurgapen-etekin garbi baxuen konbinaketak gero eta zurgapen-tasa txikiagoak eragingo lituzkete.

Sedimentuen berresekidurak, beraz, ondorio garrantzitsuak ekar ditzake *Cerastoderma eduleren* eta beste bibalbio iragazleen populazioetan, fenomenoaren intentsitatearen, eta berresekita materialaren edukin organikoaren arabera. Gorago frogatu denez, partikula-kontzentrazioaren emendioak ondorio onuragarri edo kaltegarriak ekar ditzake sestonaren osaketaren aldaketa txikien arabera. Horrexetan datza, hain zuzen ere, sedimentuak bibalbioen hazkundera eta zurgapenean duen eragina ikertu duten lanetan lorturiko emaitzen aldagarritasun altua (Bricelj & Malouf, 1984; Grizzle & Morin, 1989; Prins & Smaal, 1989; Grant *et al.*, 1990; Kjørboe *et al.*, 1990; Frechette & Grant, 1991; Grant & Thorpe, 1991). Kontutan izan behar da, hala ere, elikadura-baldintzen aldagarritasunak bibalbioen energia-lorpenean duen eragina animalia hauen balio funtzionala duten erantzunak emateko gaitasunean datzala, eta beraz, elikatze-jokaeran azaldutako desberdintasunek, bai espezieartekoak edo baita populazioartekoak ere (Bayne *et al.*, 1984; Smaal *et al.*, 1986), zeharo desberdinak diren emaitzak eskain ditzaketela.

5

Sestonaren osagaien prozesatze diferentziala Cerastoderma edule bibalbioan.

5.1. Sarrera

Aurreko kapituluetan aurkeztu diren esperimientuetan lorturiko emaitzek, elikadura-baldintzen aldaketen aurrean bibalbioek erakusten dituzten moldapenetan gertakari preingestiboak garrantzizkoak direla frogatu dute. Sasigorotzen ekoizpena, aklaramendutasaren beherapenaren ordeztu mekanismoa izan daiteke; honen abantaila nagusia, materia iragaziarekin erkatuz materia ingerituaren hobekuntza ahalbidetzea litzateke. Horrela, orokorki, materia organikoaren beste osagaiekin erkatuz, fitoplanktona lehentasunez ingeritzen dela dirudi, osagaien arteko desberdintasunak janeurriaren konposaketaren arabera badira ere. Janariaren osagai desberdinek, beraz, tratamendu diferentziala jasan dezakete brankietan eta palpoetan; fenomeno horiek ondorio garrantzitsuak izan ditzakete animalien balantze energetikoan. Gehienetan ordea, erabilitako janeurrien konposaketaren definizio faltak ez digu kontua argitzeko aukerarik eman.

Oraindik aztertu gabe dirauen eta partikulen hautespenarekin erlazionatuta dagoen prozesua, sasigorotzen ekoizpenari dagokion muki-ekoizpenarena da. Inoiz, aurkitu diren a klorofilarako eta materia organiko osorako hautespen-etekinen arteko desberdintasunak, alga-zelulen lehentasunezko hautespenari edo sasigorotzetako mukiak eragindako efektuari dagozkiola esan dugu. Gainera, desberdintasuna janariaren kalitatearen arabera izan daitekeela frogatu da (Iglesias *et al.*, 1992; Navarro & Iglesias, 1993).

Sasigorotzetan mukiak duen eragina kuantifikatzeko helburuz diseinatu zen kapitulu honetan kontutan izango ditugun bi esperimientuetatik lehenean erabili ziren janeurriak, sedimentu kaltzinatuaren partikulak eta *Tetraselmis suecica* mikroalgaren zelulak proportzio desberdinetan nahastuz osatu ziren. Erabili zen materia organikoaren iturri bakarra mikroalgaren izan zelarik, markatzaile espezifiko modura erabili zen klorofila; horrela, sasigorotzetako materia organikoaren proportzioa eta klorofila-proportzioa elkarrekin

erkatuz, materia organiko osoaren barruan janeurritik eratorritakoaren proportzioa zein zen kalkulatu genuen. Edukin organiko desberdinetako janeurrien erabilerak, bestalde, mukiaren proportzioa prozesaturiko materiaren kalitatearen arabera ote den finkatu izan dugu eta horrela, fenomeno horrek osagai desberdinak hautesten direneko etekinean duen eragina ezagutu dugu.

Behin mukiak aldaratze-prozesuan duen eragina aztertuta, materia organikoaren mota desberdinek ingerituak izan baino lehen tratamendu berezirik jasaten ote duten jakin beharko litzateke. Bigarren alderdi honi eusteko, osagai ez-organikoaz eta fitoplankton-zelulez gain, beste iturri bateko materia organikoa sartzea erabaki genuen. Prestaketa errazteko, sedimentu naturala aukeratu zen. Izan ere, sedimentu naturala gehienbat ez-organikoa da, baina materia organiko detritikoaren zati bat du. Mota honetako materiala erabiltzeak badu abantaila bat: seguruenik, ur-zutabearen ohiko osagaia da. Hori dela eta, alde zuzenetik janari modura sedimentu naturala saiatu duten ikerlanetan, margolek baliabide hori etekin altuz erabil dezaketela frogatu da (Navarro *et al.*, 1992).

Helburu nagusi bi horiek gidatu zituzten kapitulu honen bi esperimenduak. Lehendabizikoa, proportzio desberdinetan nahasturiko sedimentu kaltzinatuaren eta *Tetraselmis suecica*ren partikulez osaturiko janeurrien edukin organiko desberdinen aurrean C. edulek aurkeztutako elikadura-jokaera aztertu zen. Bigarren, edukin organikoaren aldaketan aurreko jokaera arakatu genuen, baina kasu honetan *T. suecica*ren eta sedimentu naturalaren partikulez osatua zegoen janeurria. Lana, bi kasuetan, maila preingestiboan diharduten prozesuak aztertzeko egin zen, eta horretarako zenbait parametro desberdinen garrantzia neurtu zen: aldaraturiko proportzioa, mota desberdinetako partikula organikoen hautespen-etekinak eta muki modura sasigorotzetan kanporatutako materia organiko endogenoaren ekoizpen-tasa. Ikerlanaren alderdi garrantzitsu bat sasigorotzen ekoizpenetik eratorritako etekin energetikoen balorazioarena zelarik, janari-ingestioaren ondorengo prozesatze-tasak ere neurtu behar izan ziren; azken finean, liseriketa- eta zurgapen-prozesuak dira energia-lorpena eta beraz ikasitako animalien egoera energetikoa ere finkatzen dutenak.

5.2. Materiala eta metodoak

Kapitulu hau, bi esperimenduz osatuko dugu. Lehena, 1992 urteko maiatzean eta ekainean zehar burutu zen. Erabili ziren janeurriek bi osagai zituzten, sedimentu kaltzinatua eta *Tetraselmis suecica* espezieko mikroalga-zelulak alegia. Bigarren esperimendua, 1993ko otsailean hasi genuen; kasu honetan janeurriaren osaketarako sedimentu naturala eta *T. suecica* erabili genituen.

Emaizta erkagarriak lortzeko, hurbilketa esperimental bera erabili zen esperimendu bietan. Horrexegatik erabaki zen hain zuzen ere, bietarako Material eta Metodoak izeneko atal komun bat gauzatzea.

5.2.1. Animalien bilketa eta mantenimendua

Ikerlan honetarako beharrezkoak ziren animaliak, Urdaibai itsasadarreko paduran bildu ziren. Animaliak maskorraren altueraren arabera aukeratu ziren (25 ± 2 mm), aleen arteko tamaina-desberdintasunak ahalik eta gehien murrizteko asmoz. Ondoren, animaliak laborategira eraman ziren, % 33ko gazitasuna zuen itsas uretako bainuetan eta bakoitza bere ontzian banan banan jartzeko. Uraren tenperatura $16\text{ }^{\circ}\text{C}$ -tan mantendu zen 1 esperimentuan, eta $14\text{ }^{\circ}\text{C}$ -tan bigarreanean; balio horiek sasoi-tenperaturei dagozkienak baino bi gradu gehiago eta gutxiago dira hurrenez hurren; tenperatura horiek aukeratzeko arrazoia hurrengo izan zen: sasoi-aldaketak eragindako desberdintasunak minimizatu nahi genituen, baina animaliak aklimaturik zeudeneko balio termikoetatik larregi aldendu gabe.

5.2.2. Janeurrien prestaketa

5.2.2.1. 1. Esperimentua

Bi partikula-mota bakarrik erabili ziren esperimentu honetako janeurriak prestatzeko: sedimentu kaltzinatua eta *Tetraselmis suecica*. Sedimentu kaltzinatua, animaliak bildu zireneko toki berean azaletik bildutako sedimentua lehortuz eta kaltzinatuz prestatu zen. Materia organikoa kendu ondoren, $45\text{ }\mu\text{m}$ -ko saretik iragazi zen, eta janeurrien prestaketarako, tamaina horretatik beherako partikulak soilik erabili ziren. *T. suecica*ren zelulak, bestalde, laborategian f/2 Guillard medioan hazten ziren eta hazkunde-fase esponontzialean zeuden kultiboetatik hartu ziren.

Materia organikoaren iturri baten (hau da, *Tetraselmisen*) eta guztiz ez-organikoa zen materiaren (hots, sedimentu kaltzinatuaren) proportzio desberdinetako nahasketak, edukin organikoa hein zabalean ($\approx$ % 5 - 90) alda zitekeeneko janeurriak osatzea ahalbidetu zuen. Janeurrien kontzentrazioa $6.5\text{ mm}^3\text{ l}^{-1}$ -tan mantentzea erabaki zen. Konposaketa desberdinen arabeko dentsitate-desberdintasunak zirela eta, esekiduraren edukin organikoaren aldaketak TPM (mg l^{-1}) partikula-kontzentrazio osoaren aldaketak eragin zituen. *Tetraselmis* zelulez soilik osatutako I janeurriaren kasuan $9.5\text{ mm}^3\text{ l}^{-1}$ -tan mantendu zen bolumen enpaketatua, zeren eta hori baino baxuagoak ziren kontzentrazioetan arbuiagarria baitzen sasigorotzen ekoizpena. Bolumen enpaketatuaren emendioaren eragina ezagutzeko, eta ahal zen neurrian zuzentzeko, janeurri berri bat sartzea erabaki zen (C janeurria), B-ren antzekoa zena baina janeurri monoalgaren kasuan bezala, $9.5\text{ mm}^3\text{ l}^{-1}$ -tan mantendu zena.

5.2.2.2. 2. Esperimentua

Esperimentu honetan lau janeurri erabili ziren; eurentatik bat sedimentu naturalaren partikulak zituen bakarrik, eta beste hirurak proportzio desberdinetan nahasturiko sedimentu naturalez eta *T. suecica* mikroalgaren zelulez osatu ziren.

Erabili ziren lau janeurriak ahalik eta edukin organikoaren hein zabalena estaltzeko prestatu ziren, horretarako nahastu behar ziren partikula-mota desberdinen proportzioak zehazki estimatuz. Janariaren gertutasuna partikulen bolumen enpaketatuen arabera finkatu zen; $6.5 \text{ mm}^3 \text{ l}^{-1}$ -ko kontzentrazioa hartu zen erreferentzia modura, esperimendu honetako baldintzak aurrekoan erabili zirenen berdinak izatea lortzeko.

Janeurrien eragina finkatzeko, animaliak zeudeneko tanke esperimentaletara ponpa peristaltikoaren bidez dosifikatzen zen janaria, zeina nahi zen konposaketako stock kontzentratu modura prestatzen baitzen.

Janariaren partikulak, tanke esperimentaletan airearen eta irabiatze magnetikoaren laguntzaz mantendu ziren esekiduran. Esekidurako partikulen bolumen enpaketatua 15 minuturo neurtzen zen; horretarako, tankeetatik hartutako ur-laginak $100 \mu\text{m}$ -ko hodia zuen Coulter Multisizer-ean analizatu ziren, eta horrela, erreferentziako baliotik gertatutako desbiderazioak azkar zuzen zitezkeen.

Ikerketan erabili ziren animaliak (10 - 15 tarteetan, baldintza bakoitzean), neurketa fisiologikoei ekin baino lehen 18 orduz mantendu ziren janeurri bakoitzaren kasuan; horrela, denbora eman zitzaion bere ingurune naturalean ingeritu zuten janariari zegozkion liseri-hodiko edukinak hustutzeko.

5.2.3. Neurketak

5.2.3.1. Janariaren ezaugarriak

Emandako janariaren konposaketa eta kontzentrazioa neurtzeko, animaliak zeudeneko tankeetatik ur-laginak hartzen ziren 2 orduko maiztasunaz gutxi gora-behera. Ur-lagin bakoitzetik bi alikuota hartu ziren; lehena klorofila-kontzentrazioaren neurketarako erabili zen eta bigarrena, analisi grabimetrikorako. Prozedura esperimentalari buruzko zehaztasunak Material eta Metodoak kapituluko 2.2.2 atalean aurkeztu dira.

5.2.3.2. Janariaren prozesatze-tasen neurketa

Animalia bakoitzak ekoiztako gorotz eta sasigorotz guztiak, banandurik bildu ziren. Ez genuen biodepositoen bilketarako eredu zehatzik finkatzeko betarik izan, zeren eta biodepositoen ekoizpen-tasa janariaren arabera zenez, kantitate nahikoa lortzeko beharrezkoa zen denbora ere janariaren arabera baitzen. Animalia bakoitzaren kasuan egin ziren biodeposito-bilketak, erreplikatzat hartu ziren, ez lagintzat; biodepositoiari buruzko datuetarako erabilitako tratamendu estatistiko guztiak, beraz, animalia bakoitzaren batezbesteko balioak erabiliaz gauzatu dira.

Biodeposito-mota bakoitzaren pisu osoa eta organikoa neurtzeko, lehenago ur-laginetarako azaldu den prozedura bera erabili zen; modu horretan, materia osoa eta organikoaren egestio- eta aldaratze-tasak kalkulatu ziren, eta horietan oinarrituz, gainerako janariaren prozesatze-tasa guztiak (ikus 2.3.2 atala). Ekoitzitako sasigorotzen kantitateak ahalbidetzen zuenean, sasigorotzen klorofila-edukina neurtu eta hortaz, osagai fitoplanktonikoaren aldaratze-tasa ere kalkulatu zen. Kasu horietan, gainera, alga-partikulak hautesten zireneko etekina (SEcl) ere kalkulatu zen, aurrerago azalduko den eran.

2.3.2. atalean azaldutako prozedura erabiliz, azkenean zurgapen-tasak kalkulatu ziren (AR: mg h^{-1}); esan beharrekoa da, estimaturiko tasa horiek tasa "garbiak" direla (ARn): materia organikoaren ingestio- eta egestio-tasen diferentzia modura kalkulatu zirelarik, gorotzetan zegoen izaera endogenoko materia ere kontutan hartu zen eta beraz materia hori ez-zurgatu modura konputatu zen. Prozedura honetan badago "akats" bat materia organikoaren ingestioaren kalkuluan, eta akats horrek eragina du materia organikoaren ingestio-tasan, eta ondorioz zurgapen-tasan: ingeritzen den materia organiko iragaziaren eta aldaratuaren arteko diferentzia modura kalkulatu denean, sasigorotzetako materia organikoan mukiari dagokiona ere kontutan hartzen da eta beraz, kalkulaturiko ingestio-tasak ez dira benetako materia organikoaren ingestio-tasak. Kalkulua ongi gauzatzeko sasigorotzetako materia organikoari muki-edukina kendu beharko litzaioke, ondoren materia organikoaren ingestio- eta zurgapen-tasak eta dagozkien zurgapen-etekinak (AEm) birkalkulatzeko.

5.2.3.3. Hautespen preingestiboa

Bibalbioetan partikula-mota desberdinen artean lehentasunezko aldaratzea edo ingestioa gertatzen ote den finkatzea izan da zenbait ikerlanen helburua (Kjørboe & Möhlenberg, 1981; Newell & Jordan, 1983; Prins & Smaal, 1989; Iglesias *et al.*, 1992; Bayne *et al.*, 1993; MacDonald & Ward, 1994; Hawkins *et al.*, 1996). Lan bakoitzean lehentasunez prozesatzen diren partikula-motak eta hautespen-etekina kalkulatzeko erabilitako prozedurak desberdinak dira ordea, eta ondorioz, askotan ezin erka daitezke emaitzak zuzenean. Lan honetan hautespen-etekinaren bi indize erabili ditugu, SEcl eta SEo, hurrenez hurren materia fitoplanktonikoa (a klorofila) eta materia organiko osoa hautesten direneko etekinen indikatzaile modura.

$$\text{SEo} = 1 - (p/f)$$

$$\text{SEcl} = 1 - (\text{clp}/\text{clf})$$

p eta f, sasigorotzen eta janariaren edukin organikoa dira, eta clp eta clf aldaraturiko eta iragazitako materiaren klorofila-edukinak, hurrenez hurren.

Hautespen-etekinaren indize hauen abantaila nagusia, osagai ezagun baten proportzioak erkatzean datza, ez baita materia-mota bakoitzaren prozesatze-tasen

kuantifikaziorik behar. Hautespen-etekina neurtu nahi zaion osagaiaren proportzioa sasigorotzetan janarian baino txikiagoa bada, hautespena positiboa da. Ez dago hautespenik materia jakin baten proportzioak sasigorotzetan eta janeurrian berdinak direnean, eta azkenik, hautespen negatiboa dugu osagai horren sasigorotzetako proportzioa iragazitako material duena baino altuagoa denean.

5.2.3.4. Sasigorotzen ekoizpenari lotutako muki-ekoizpena

1. Esperimentuan erabili ziren janeurriek, materia organikoaren iturri bakarra zuten, fitoplanktonikoa, eta beraz, animaliei janeurri hauek eman zitzaizkienean, aldaratutako materiaren klorofila eta materia organikoaren edukinak erkatuz, sasigorotzetan zegoen muki-kantitatea kalkulatzeko aukera izan dugu; mukirik ez balego, aldaratutako klorofila-proportzioak eta aldaratutako materia organikoaren proportzioak bat egingo lukete; hori horrela izan ezean, gainerako materia organikoak mukiar dagokiona behar du izan. Sasigorotzetako materia organikoaren edukina metodo grabimetrikoaren bidez kalkulatu da, eta magnitude "garbia" da, zeren eta iragazia gertatu den materia organikoaren parte aldaratuaz gain mukia ere kontutan hartzen baitu. SEo materia organikoaren hautespen-etekina beraz, etekin "netotzat" har dezakegu. Mukiak ordea, ez du eraginik sasigorotzen klorofila-edukinean, eta klorofilaren hautespen-etekina, hortaz, etekin "gordintzat" har daiteke; bien arteko desberdintasun bakarra mukiak edukin organikoan eragindako aldaketan datza. Onarpen honetan oinarrituz, hurrengo hurbilketa-prozedura erabili genuen: sasigorotzetan mukirik ez balego, materia organikoaren Or/OFr eta klorofilaren cIR/cIF zatidurek berdinak izan beharko lukete. Beraz, materia organikoaren benetako aldaratze-tasa (ORr*) estima daiteke, OFr x cIR/cIF modura. Neurturiko materia organikoaren aldaratze-tasaren (ORr) eta oraintxe estimatu dugunaren (ORr*) arteko diferentzia, muki-ekoizpenaren tasa litzateke (Mr) hain zuzen ere, zeren $Mr = ORr - ORr^*$ bailitzateke.

Mukiaren ekoizpen-tasa beste modu batera ere kalkula daiteke, hautespen-etekin arteko diferentzian, aldaratze-tasan eta janeurriaren edukin organikoan oinarrituz: $Mr = (SEcl - SEo) \times Rr \times f$

$$SEcl = 1 - (cIR/Rr/cIF/Fr)$$

$$SEo = 1 - (ORr/Rr/OFr/Fr) \text{ izanik,}$$

$$SEcl - SEo = (1 - cIR/cIF/Rr/Fr) - (1 - ORr/OFr/Rr/Fr) = (ORr/OFr - cIR/cIF) / Rr/Fr$$

$$(SEcl - SEo) \times Rr/Fr = ORr/OFr - cIR/cIF$$

$$ORr = ORr^* + Mr \text{ eta } cIR/cIF = ORr^*/OFr \text{ denez, orduan}$$

$$(SEcl - SEo) \times Rr/Fr = ORr^* + Mr - ORr^*/OFr, \text{ eta beraz,}$$

$$(SEcl - SEo) \times Rr \times f = Mr$$

5.2.4. Parametro fisiologikoen pisu estandarerako estandarizazioa

Parametro fisiologikoen neurketak amaitu ondoren, animalia bakoitzaren ehunen pisu lehorra neurtu zen. Horrela, tasa guztiak 200 mg-ko pisu estandarerako zuzendu ziren. Estandarizazio-prozeduraren datu zehatzak 2.4. atalean aurki daitezke.

5.3. Emaitzak

5.3.1. 1. Esperimentua

5.3.1.1. Janeurriak

Erabilitako janeurrien ezaugarriak, animaliak mantendu zireneko tankeetatik hartu ziren ur-laginen analisisien ondoren finkatu ziren. **5.1. Taulan** ikus daitekeenez, guztira erabili ziren janeurriak edukin organikoen tarte zabalarari dagozkio, % 5etik 80ra, nahasketaz osaturiko janeurrietan eta tarte janeurri monoalgalaren bidez % 90eraino zabalduz.

Janeurrien kontzentrazioa, esekidurako partikulen bolumen enpaketatuaren arabera estandarizatu zen, $6.5 \text{ mm}^3 \text{ l}^{-1}$ -ko balioan finkatuz; salbuespena I eta C janeurriak izan ziren, bertan $9.5 \text{ mm}^3 \text{ l}^{-1}$ -tan mantendu baitziren balioak. Osagai ez-organikoaren dentsitate altuagoa zela eta, pisu-unitateetan adierazitako partikula-kontzentrazioak eta esekiduraren edukin organikoak elkarrekiko menpekotasun negatibo argia zuten: edukin organikoaren beharpenak TPMaren emendioa zekarren. Kaltzinaturiko sedimentuaren dentsitate altuaren ondorioz, osagai honen pisu-aldaketa garrantzitsuek bolumenaren emendio txikiak eragiten zituen; hortaz, nahasketaz osaturiko janeurrietan, TPMan ($3.5 - 23 \text{ mg l}^{-1}$) neurtu ziren aldaketak POMan ($1 - 3 \text{ mg l}^{-1}$) behatu zirenak baino askoz nabarmenagoak izan ziren. Bestalde, materia organikoaren iturri bakarra *Tetraselmis suecica* mikroalga izanik ere, a klorofila/materia organikoa erlazioa ez zen konstante mantendu zortzi baldintzetan, ziurraski janeurrien prestaketan fitoplankton-kultibo desberdinak erabili zirelako. Dirudienez, hazkuntza-fasean edo egoera fisiologikoan gertaturiko aldaketa txikiak ere eragin sakona izan dezakete algek pisu-unitateko duten fotosintesi-pigmentuaren kantitatean, eta beraz, fenomeno honek azal dezake janeurrien arteko aldagarritasuna.

5.1. Taula. 1 Esperimentuan erabilitako janeurrien ezaugarriak. VOL ($\text{mm}^3 \text{l}^{-1}$): esekiduran dauden partikulen bolumen enpaketatua; TPM (mg l^{-1}): materia partikulatu osoaren kontzentrazioa; POM (mg l^{-1}): materia organiko partikulatuaren kontzentrazioa; f (POM/TPM): materia partikulatuaren edukin organikoa; cl a ($\mu\text{g l}^{-1}$): a klorofilaren kontzentrazioa. Adierazitako balioak, baldintza bakoitzari dagokion batezbestekoa $\pm$ desbiderazio estandarra dira. Lagin kopurua, parentesi artean dago janeurri bakoitzaren izenaren azpian.

Janeurria	VOL	TPM	POM	f	cl a
A	6.239	21.024	1.034	0.049	14.329
(4)	± 0.139	± 1.939	± 0.234	± 0.007	± 2.23
B	6.479	10.675	1.584	0.149	19.655
(4)	± 0.561	± 1.160	± 0.173	± 0.012	± 1.140
C	9.458	15.659	2.556	0.165	56.478
(6)	± 1.332	± 2.123	± 0.247	± 0.021	± 5.823
D	6.858	9.231	1.992	0.218	31.706
(4)	± 0.461	± 1.049	± 0.047	± 0.022	± 2.161
E	6.487	8.478	2.278	0.271	30.038
(4)	± 0.869	± 1.878	± 0.517	± 0.040	± 3.613
F	6.299	5.581	2.286	0.424	36.573
(4)	± 0.666	± 1.345	± 0.101	± 0.086	± 3.724
G	6.782	4.568	2.960	0.648	101.193
(6)	± 0.660	± 0.833	± 0.352	± 0.077	± 14.717
H	6.472	3.648	2.974	0.814	84.847
(4)	± 0.678	± 0.180	± 0.211	± 0.020	± 5.075
I	9.586	7.212	6.563	0.910	101.895
(5)	± 0.919	± 1.007	± 0.948	± 0.011	± 20.579

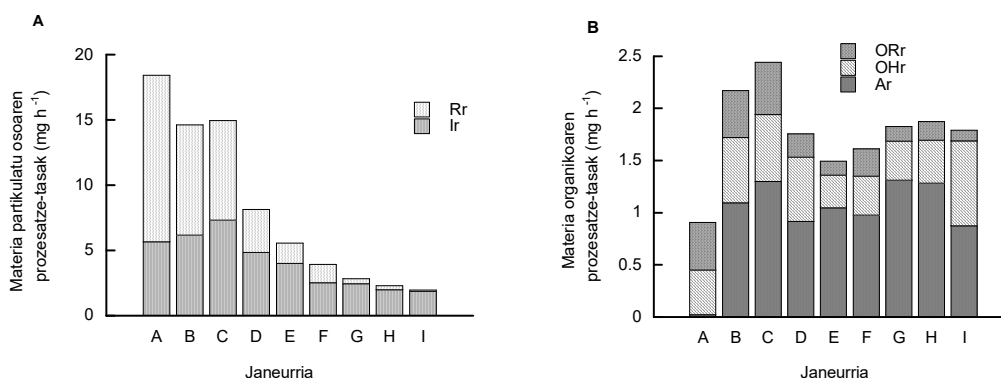
5.3.1.2. Janariaren prozesatze-tasak.

Elikadura-baldintza bakoitzerako neurtutako materia organikoaren eta ez-organikoaren batezbesteko iragazketa- (OFr eta IFr: mg h^{-1}), aldaratze- (ORr eta IRr: mg h^{-1}) eta ingestio-tasen balioak (OIr eta IIr: mg h^{-1}), **5.2. Taulan** adierazi dira; zurgapen-tasak eta efizientziak ere taula berean daude. **5.1.A Irudian** ikus daitekeenez, desberdintasun sakonak daude baldintzen arteko iragazte-tasen artean; oro har, janeurriaren edukin organikoa baxuagoa den neurrian, iragazte-tasa altuagoak ditugu. Iragazte-tasa altu horiek ez dira ordea, esekidurako materiaren edukin organikoa jaistearekin erlazionatuta dagoen partikula-kontzentrazioaren emendioaren ondorio hutsak; aklaramendu-tasak jasandako aldaketak eragiten ditu. Izan ere, aklaramendu-tasaren jaitsiera esponentziala gertatzen da materia organikoaren gertutasuna emendatzen denean, (ikus **5.2. Irudia**).

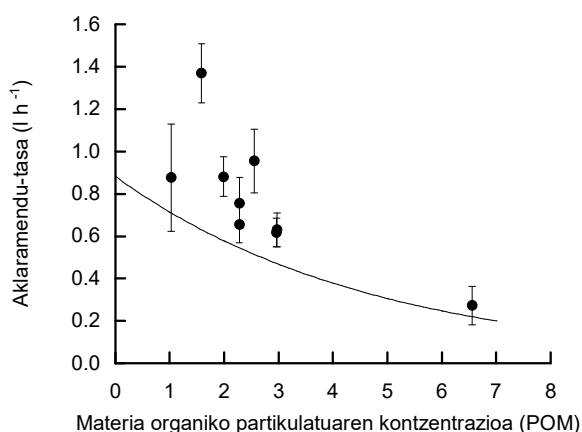
5.2. Taula. 5.1. Taulan aurkeztutako janeuriei dagozkien osagai organiko eta ez-organikoaren iragazte-tasa (Fr: mg h⁻¹), aldaratze-tasa (Rr: mg h⁻¹), eta ingestio-tasa (Ir: mg h⁻¹) eta osagai organikoaren zurgapen-tasa (Ar: mg h⁻¹) eta zurgapen-etekina (AE). Datuak, batezbesteko balioak (± % 95 k.t.) dira. Baldintza bakoitzean erabilitako animalia-kopurua, parentesi artean jarri da janeurrien azpian.

Janeurria	Er		Rr		Fr		Ir		Ar	AE
	OEr	IEr	ORr	IRr	OFr	IFr	OIr	Iir		
A (10)	0.213 ±0.031	5.051 ±0.580	0.458 ±0.175	12.324 ±4.741	0.907 ±0.262	17.528 ±5.059	0.449 ±0.097	5.051 ±0.580	0.023 ±0.077	0.021 ±0.064
B (12)	0.624 ±0.070	4.466 ±0.666	0.450 ±0.092	7.989 ±1.591	2.170 ±0.222	12.455 ±1.276	1.720 ±0.149	4.466 ±0.666	1.096 ±0.116	0.636 ±0.032
C (12)	0.644 ±0.115	5.376 ±1.061	0.499 ±0.139	7.137 ±1.950	2.441 ±0.385	12.512 ±1.972	1.942 ±0.282	5.376 ±1.061	1.298 ±0.211	0.667 ±0.043
D (12)	0.616 ±0.075	3.314 ±0.541	0.224 ±0.060	3.068 ±0.898	1.756 ±0.186	6.382 ±0.678	1.532 ±0.143	3.314 ±0.541	0.916 ±0.134	0.594 ±0.046
E (12)	0.316 ±0.039	2.644 ±0.466	0.134 ±0.089	1.424 ±0.750	1.495 ±0.201	4.069 ±0.547	1.361 ±0.144	2.644 ±0.466	1.045 ±0.138	0.764 ±0.029
F (12)	0.375 ±0.071	1.182 ±0.188	0.262 ±0.136	1.144 ±0.363	1.613 ±0.274	2.325 ±0.394	1.351 ±0.173	1.182 ±0.188	0.976 ±0.145	0.722 ±0.043
G (11)	0.372 ±0.049	0.756 ±0.091	0.168 ±0.056	0.236 ±0.060	1.826 ±0.201	0.992 ±0.109	1.658 ±0.189	0.756 ±0.091	1.313 ±0.171	0.777 ±0.029
H (12)	0.413 ±0.083	0.299 ±0.053	0.177 ±0.065	0.126 ±0.029	1.874 ±0.235	0.425 ±0.053	1.697 ±0.246	0.299 ±0.053	1.284 ±0.232	0.751 ±0.044
I (10)	0.815 ±0.251	0.167 ±0.061	0.101 ±0.073	0.010 ±0.010	1.790 ±0.592	0.177 ±0.059	1.689 ±0.613	0.167 ±0.061	0.875 ±0.369	0.500 ±0.043

Datuek adierazi digutenez, ponpaketa-tasak partikula-kontzentrazioaren eta esekiduraren edukin organikoaren arteko elkarrekintzarekiko menpekotasuna agertzen du; irudi berean, 3 Kapituluaren lortutako funtzioetik eratorri den kurbaren soslaia irudikatu da, aklaramendu-tasaren eta materia organikoaren arteko erlazioa azalduz. Kurbaren eta esperimentu honen datuen arteko erkaketan ikus daitekeenaren arabera, esperimentu honetan aurkitutako menpekotasun-maila, 3 Kapituluaren baldintzetan neurturikoa baino altuagoa dela iradoki digu.



5.1. Irudia **A)** Janeurri bakoitzean neurtutako materia partikulatu osoaren prozesatze-tasak. Aldaratze-tasa (Rr) eta ingestio-tasa (Ir) bereizirik irudikatu dira. Zutabe bakoitzaren altuera, hortaz, iragazte-tasaren adierazle da (Fr). Tasa horiek guztiak mg h⁻¹-kotan daude. **B)** Materia organiko partikulatuaren prozesatze-tasak. Aldaratze-tasa (ORr), egestio-tasa (OEr) eta zurgapen-tasa (Ar) bereizirik aurkeztu dira; materia organikoaren iragazte tasa (OEr), beraz, aurreko osagai guztien batura litzateke, hau da, zutabearen altueraren balioari dagokio. Era berean, OEr eta Ar osagaien baturak materia organikoaren ingestio-tasaren balioa emango digu (OIr). Unitateak, A kasuan bezala mantendu dira (mg h⁻¹)

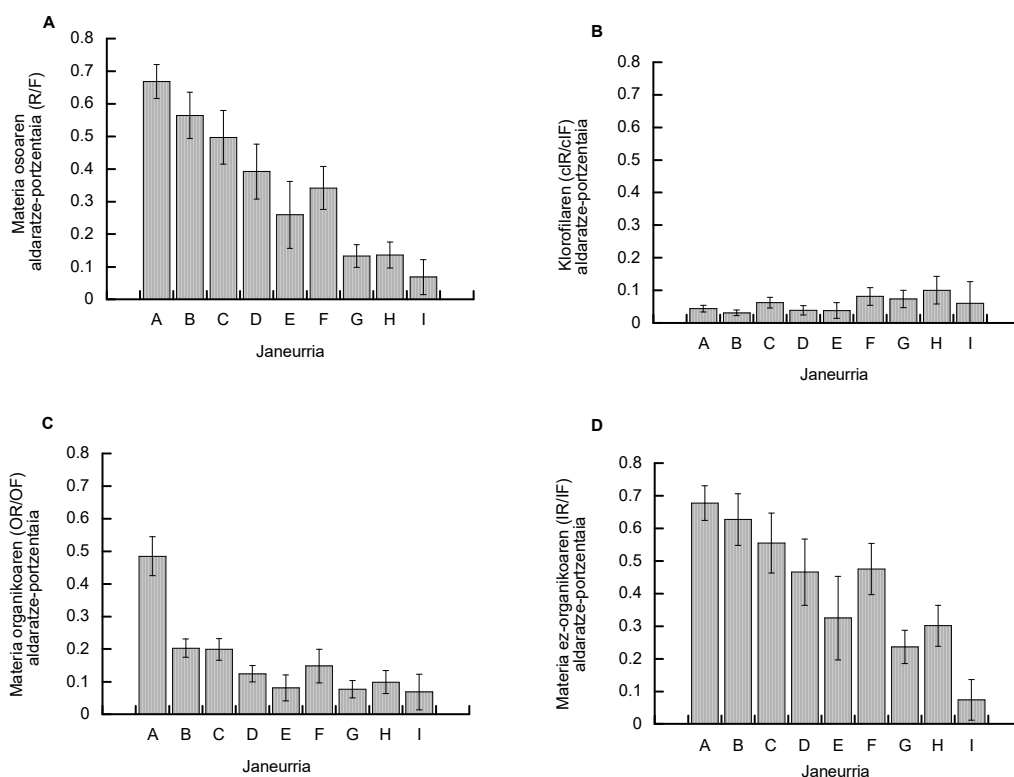


5.2. Irudia. Aklaramendu-tasa (Cr: l h⁻¹), (POM: mg l⁻¹) materia organikoaren kontzentrazioaren funtzio modura. Irudikatu diren puntuak baldintza bakoitzari dagozkion batezbesteko balioen adierazle dira ($\pm$ % 95 K.T.). 3. kapituluako 3.1. Ekuazioan oinarrituz, kontutan hartutako POMaren balioen tarterako lortutako kurba ere adierazi dugu, emaitzen erkaketa errazteko asmoz.

Jokaera honek, materia organikoaren ingestio-tasak duen materia organikoaren gertutasunarekiko menpekotasun-maila askoz baxuagoa izatea eragiten du (ikus **5.1.B Irudia**), zeren eta edukin organiko baxuagoko janeurrien materia organikoaren

kontzentrazioaren beherapena ponpaketa-tasa altuagoek konpentsatua gertatzen baita. Mekanismo hau ez da nahikoa, hala ere, edukin organiko baxuena duen janeurriaren kasuan (A janeuria), zeren eta baldintza horretan oso baxuak diren iragazte-tasak behatu baitziren materia organikorako neurtu zirenean (0.905 mg h^{-1}).

Sasigorotzen ekoizpenak iragazte-tasaren antzeko joera erakutsi du, eta beraz, altuagoa da janeurriaren edukin organikoa baxuagoa deneko kasuetan (**5.1.A Irudia**). **5.3.A Irudian** ikus daitekeenez, iragazia eta aldaratua gertatzen den materiaren proportzioa, oso aldagarria da; batezbesteko balioei begiratzen badiegu, edukin organiko altueneko janeurriaren kasuan ($f = 0.9$) % 5etik, %65era hel daiteke edukin organiko baxuenera ($f = 0.05$). Beraz, egia da iragazte-tasa altuagoa den neurrian aldaratze-tasa ere altuagoa dela, baina badago oraindik nolabaiteko menpekotasuna ingestio-tasaren eta esekidurako materiaren kontzentrazioaren artean; menpekotasun hau ordea, iragazte-tasak erakutsi duena baino askoz motelagoa da (5.1.A Irudia).



5.3. Irudia. Sasigorotz modura kanporatutako materia iragaziaren aldaratze-portzentaia: **A)** materia partikulatu osoari (R/F), **B)** klorofilari (chlR/chlF), **C)** materia organiko osoari (OR/OF) eta **D)** materia ez-organikoari (IR/IF) dagozkionak.

Materia organikoaren ingestio-tasa, bestalde, iragazte-tasaren oso antzeko balioetan mantendu da (5.1.B Irudia), zeren eta aldagarria den materia organiko aldaratuaren proportzioa, balio baxuetan mantentzen baita kasu guztietan (% 5 - 20); salbuespen bakarra, edukin organiko baxueneko janeurrian genuke, hemen iragazitako materia organikoaren % 48a aldatzen baita sasigorotzetan (5.3.B Irudia). Janeurri honen kasuan lortu zen hain zuzen ere, materia organikoaren ingestio-tasarik baxuena: iragazte-tasa txikiena izateaz gain, horrexetan beha daitezke aldaratutako proportziorik altuenak.

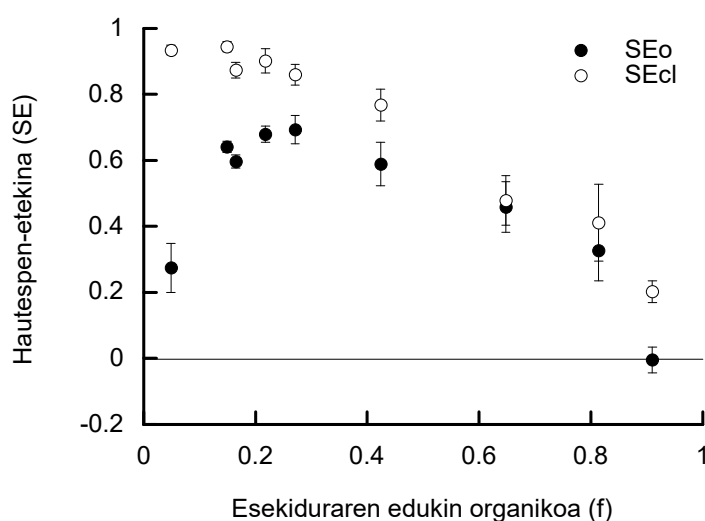
Zurgapen-tasa ere, A janeurriaren kasuan izan ezik, nahiko konstante mantendu da gainerako baldintza guztietan, 1 mg h^{-1} balioaren inguruan. Edukin organiko baxueneko baldintzan aurki daitezke zurgapen-tasa minimoak, bertan suertatu baitira batera materia organikoaren ingestio-tasa baxuenak eta zerotik hurbil dauden zurgapen-etekinaren balioak.

5.3.1.3. Hautespen preingestiboa

Sestona osatzen duten zenbait osagairen aldaratze-portzentaiak, elikadura-baldintza bakoitzerako **5.3. Irudian** ikus daitezke: materia osoa, organikoa, ez-organikoa eta klorofila. Orokorki, iragazitako materiaren edukin organikoa baxuagoa denean, brankietan atxikitutako materiaren portzentaia baxuagoa aldaratu da. Joera hori erakutsi ez duen osagai bakarra, klorofila izan da, eta beraz, ez dirudi iragazitako materiaren kalitateak klorofilaren aldaratze-portzentaian eragina duenik. Irudian aurkeztu diren grafiko desberdinak erkatuz, haxe ondorioztatuko dugu: kasu guztietan dago materia organikoaren tratamendu diferentziala, materia osoarekin erkatuz, OR/OF beti baita R/F baino txikiagoa; hortaz, materia organikoa lehentasunez ingeritzen dela ondoriozta daiteke.

Klorofilaren aldaratze-portzentaiak, bestalde, materia organikoari dagozkionen azpitik agertu dira, sasigorotzetako materia organikoaren zati bat fitoplanktonikoa ez den materia organikoz, hots, mukiz osatuta dagoela adieraziz. Portzentaia bien arteko desberdintasuna janeurrien edukin organiko baxuetarako are handiagoa delarik, mukiaren eragina, erlatiboki, kalitate baxuko baldintzetan garrantzitsuagoa dela ondoriozta daiteke.

3 Kapituluaren erabili zen prozedura bera erabiliz, materia organikoaren hautespen-etekinak edukin organikoaren funtzio modura adierazi dira (**5.4. Irudia**), baldintza bakoitzari dagokion klorofilaren hautespen-etekinarekin batera. Indize bien balioek aurkeztu duten joerek, bat egin dute janeurriaren edukin organiko ertainetarako eta altuetarako, non, f jaistean, etekinak emendatu egiten baitira kasu bietan; edukin organiko baxuen kasuan aldiz, indizeen balioek alderantzizko joera erakutsi dute, eta gainera desberdintasunak areagotuz doaz janariaren edukin organikoa jaitsiz doan neurrian. SECl klorofilaren hautespen-etekinak balio maximoetarantz jotzen duen artean, SEo materia organikoarena nabariki jaisten da edukin baxuagoetarako, bere balio maximoa $f = 0.22$ denean hartu ondoren.



5.4. Irudia. Klorofilarako (SEcl: zirkulu hutsak) eta materia organiko osorako (SEo: zirkulu beteak) neurtutako hautespen-etekinak, esekiduraren edukin organikoaren funtzio modura. Baldintza bakoitzerako batezbesteko balioak $\pm$ % 95 K.T.ak aurkeztu dira.

Lehenago ere Material eta Metodoak atalean adierazi denez, aldaratutako materialak duen muki-kantitatea kalkula daiteke, eta horretarako bi bide daude: a) SEcl eta SEo hautespen-etekinaren arteko diferentzia, aldaratze-tasa eta janariaren edukin organikoa erabiliz, edo b) materia organikoaren iragazte-tasan (Ofr) eta aldaratutako klorofilen proportzioan (clR/clF) oinarrituz. Edozein erabiliz, ondorio bera erdietsiko dugu, emaitza aztertu ondoren: muki-ekoizpenaren tasa, materia osoaren aldaratze-tasaren eta iragazitako materiaren edukin organikoaren arabera da. Menpekotasun hau, datu esperimentalei doituriko hurrengo funtzio potentzialaren bidez adierazi da:

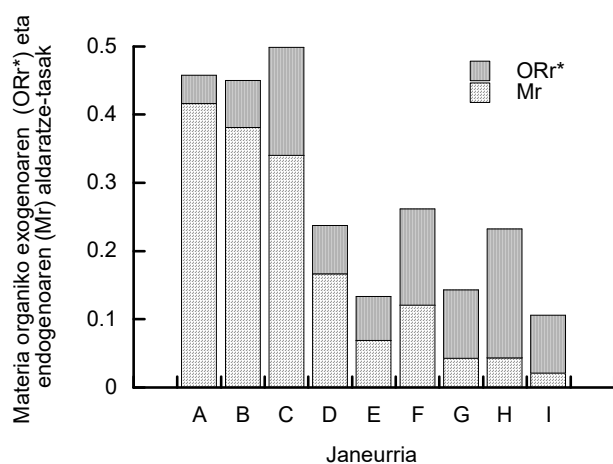
$$Mr = 0.1016 Rr^{0.9684(\pm 0.046)} f^{0.4131(\pm 0.0758)} \quad (5.1. \text{ Ek.})$$

$$r^2 = 0.9351 \quad n = 84 \quad p = 10^{-4}$$

Menpekotasun bikoitz horren formalizazioa funtzio potentzialaren bidez gauzatzeak abantaila bat du, doiketa-maila ona agertzeaz gainera: sasigorotzik ez dagoenean, hau da $Rr = 0$ denean, muki-ekoizpen nulua egongo dela aurratsen du. Esan beharrekoa da, ikerlan honetan muki-ekoizpena delako terminoa, sasigorotzekin batera kanporatzen den materia organiko endogenoa adierazteko erabiliko dugula; aldaratze-prozesuei soilik lotutako energia-galeraren osagai bat da, beraz. Ohar hau egin beharrean gaude, zeren eta aspaldi frogatu baitzen muki-ekoizpena brankietan kostante bat dela, (Ward *et al.*, 1993). Hortaz, prozesu preingestiboak bere osotasunean hartuz, aldaratze-tasa eta muki-ekoizpenaren arteko erlazioak ez luke zertan 0,0 puntutik igaro behar. Maila praktikora joz ordea,

sasigorotzen ekoizpenetik eratorritako abantaila energetikoak baloratzeko, oso eroso zaigu mota horretako erlazioa eskuragarri izatea. Beraz, iragazitako materia guztia ingeritzen denean, inbertsio energetikoa nulua dela onartzen ari gara zeharka; edo beste era batera esanda, baldintza horietan ekoiztutako muki guztia ingeritu eta beraz energi balantzearen kalkuluan kontutan hartu behar ez dela onartuko dugu.

Aldaratze-tasarekiko ia proportzionala den muki-ekoizpena auresaten du goiko ekuazioak, parametro horren berredura 1 baliotik oso hurbil baitago. Izan ere, berreduraren balioaren konfidantza-tarteen barruan dago unitatea eta beraz, ezin uka daiteke bi parametroen artean proportzionalitate hertsia dagoenik; joera orokorrak, sasigorotz modura kanporatutako materia-kantitatea emendatzen denean mukiak aldaratutako materiaren barruan gero eta proportzio txikiagoa osatzen duela iradoki digu hala ere. Muki-ekoizpenaren eta aldaratze-tasaren arteko erlazioan, gainera, iragazitako materiaren edukin organikoak ere badu eragina. Horrela, sasigorotzen ekoizpen-tasa bera izanik, muki-ekoizpena gutxi gora-behera %56 baxuagoa da esekiduraren edukin organikoa %20koa denean, %80koa denean baino.

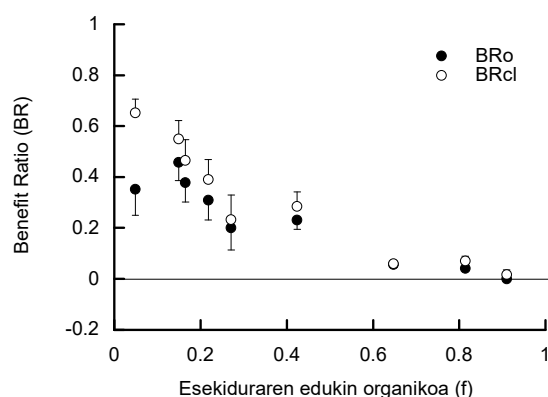


5.5. Irudia. *Materia organiko exogenoaren (hau da, janaritik eratorria dena: ORr*) eta endogenoaren (hots, muki-ekoizpena: Mr) aldaratze-tasak. Tasa biak (mg h^{-1} -kotan emanda) berizirik adierazi dira zutabe berean, eta beraz, materia organiko osoaren aldaratze-tasa (ORr) bien batuketaren bidez kalkula daiteke; horrela, argi ikus daiteke osagai organiko bakoitzak sasigorotzetako materia organiko osoaren barruan duen proportzioa.*

Mukiaren eragina, aldaratutako materia osoaren pisuarekin erkatuz arbuiagarri gerta badaiteke ere, sasigorotzetako materia organiko osoaren portzentaia esangarria osa dezake, janeurriaren edukin organikoa baxua denean batez ere. **5.5. Irudian** janeurri bakoitzari dagokion sasigorotzetan aldaratutako materia organikoaren kantitatea irudikatu da (ORr), eta bere bi osagaiak bereizirik adierazi dira: iragazia gertatu den materia organiko aldaratua

(ORr*), eta mukia (Mr: marraduna). Janariaren edukin organikoa baxua denean, mukia da sasigorotzetako materia organikoaren osagai nagusia. Klorofilaren kasuan ez bezala, esekiduraren edukin organikoa jaistean materia organikoaren hautespen-etekina, dakigunez, beheratu egiten da, eta mukiaren nagusitasun hori da arrazoia.

Sasigorotzen ekoizpenarekin batera gertatzen den izaera ez-organikoko partikulen lehentasunezko aldaratze-prozesuen ondorioz, azkenean, ingeritzen den materialak iragazitakoak baino edukin organiko altuagoa du. Ingerituriko janeurriaren "hobetze"- edo "aberaste"-maila, Iglesias *et al.*-ek (1992) proposaturiko BR indizearen bidez kuantifika daiteke; honek, hautespen preingestiboei dagokien materia organikoaren ingestio-emendioaren eta gertatzen den materia organiko osoaren ingestioaren arteko erlazioa neurtzen du. Kalkulurako, honako onarpen hau egin behar da: hautespen-mekanismorik ez balego, ingerituko litzatekeen materia neurtu denaren berdina litzateke, baina horren edukin organikoa iragazitako esekidurarena litzateke. Lanean kontutan izandako baldintzei dagozkien indize honen balioak, **5.6. Irudian** adierazi dira, materia organikorako (BRo) eta klorofilarako (BRcl). Ikus daitekeenez, hautespenaren abantailak are nabariagoak dira esekiduraren edukin organikoak baxuak direnean, baldintza horietan gertatzen baita hautespen-etekinaren balioak (klorofilenak batez ere) altu mantentzea eta iragazitako materiaren proportzio altua aldaratzea.



5.6. Irudia. Benefit Ratio delako hobetze-indizea (BR), esekiduraren edukin organikoaren funtzio modura. Indize hori, aberaste-indizea da, hautespen preingestiborako prozesuen ihardueraren ondorioz (materia iragaziarekin erkatuz) gertatzen den materia ingerituaren edukin organikoaren emendioa neurtzen baitu. Baldintza bakoitzean lortutako batezbesteko balioak eta % 95eko K.T.ak adierazi dira, materia organikorako (BRo) eta klorofilarako (BRcl) .

Edukin organiko baxueneko janeurriaz elikaturiko animalien kasurako (A janeurria) beha daitekeen BRo-aren beherapena, mukiak hautespen etekin garbian duen eraginak ekarri du. Sasigorotzen muki-edukinak hauetan eraginik ez duenez, BRcl indizeak argi erakutsi digu janariaren kalitatea jaitsiz doan neurrian izaera fitoplanktonikoko materiaren gain

ihardun duten hautespen-prozesuei loturiko irabazia igoz doala. Adibide modura, A janeurriaren kasuan, alga-zelulen ingestioa % 65 emendatu da hautespen-mekanismoek iharduko ez luketen kasuan lortuko zenarekin erkatuz. Ikus daitekeenez, BRcl, BRo baino altuagoa da berriro ere.

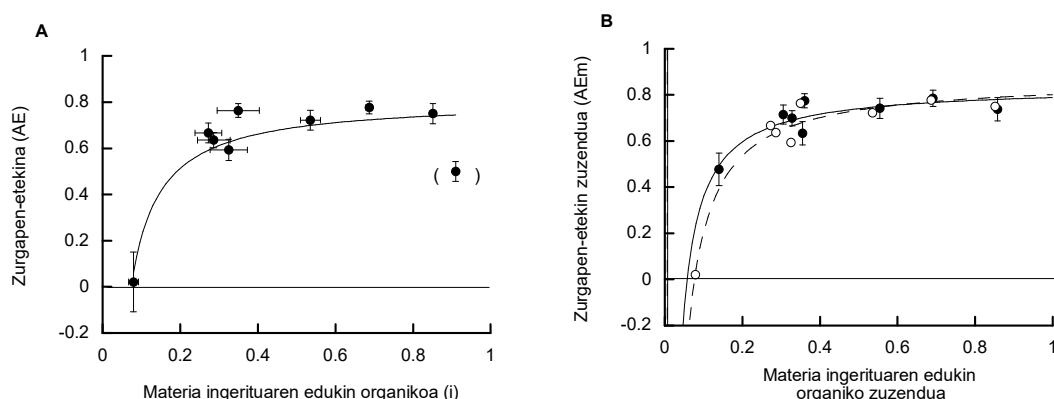
5.3.1.4. Zurgapen-tasa eta -etkina

Ingerituriko materia organikoa zurgatzen deneko tasa, zurgapen-etekinaren arabera da. Zenbait bibalbio espeziatarako burutu diren ikerlanetan ingerituriko materiaren edukin organikoak zurgapen-etekin garbian duen eragina aztertu da (Bricelj & Malouf, 1984; Bayne *et al.*, 1987; 1993; Cranford & Grant, 1990; Navarro *et al.*, 1991; Goulletquer *et al.*, 1989; Iglesias *et al.*, 1992; Cranford, 1995; Hawkins *et al.* 1996). Bi parametroen arteko erlazioa, **5.7. Irudian** ikus daiteke: ingerituriko materiaren edukin organikoa baxua denean, ingerituriko materia organikoa etekin baxuz zurgatzen da eta balio maximo asintotiko baterantz emendatuz doa materia ingerituaren edukin organikoa altuagoa den neurrian. Eztabaida atalean azalduko diren arrazoi teorikoetan oinarrituz, 5.7.A Irudian adierazitako datuak, hurrengo funtzio hiperbolikoari doitu genizkion:

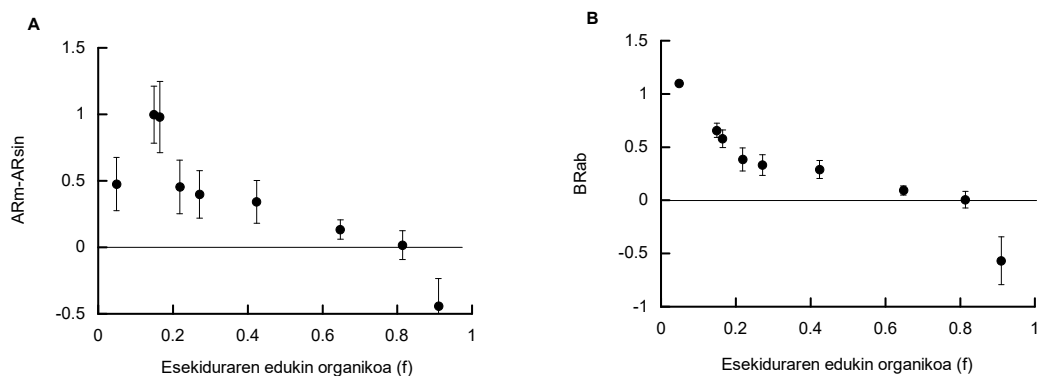
$$AE = 0.8598 - 0.0621(\pm 0.0022)/i \quad r^2 = 0.8962 \quad n = 93 \quad (5.2. \text{ Ek.})$$

Funtzio honen balio asintotikoa (0.8598), zurgapen-etekin gordinaren balioaren adierazlea da, eta 0.0621 koefizientea, bestalde, galera endogenoek ingerituriko materiaren duten proportzioari dagokio.

Hona helduta, ezinbestekoa da aldez aurretik aipatu dugun mukiaren kuantifikazio ezak ingestio- eta zurgapen-tasetan eta zurgapen-etekinean duen eragina kontutan hartzea, zeren bere eraginez, zenbait kasutan benetan ingeritutako eta zurgatutako materia organikoa neurri handi batean gutxiets baitaiteke. Mukiaren eraginerako zuzenketa burutu ondoren kalkulaturako zurgapen-etekinak (AEm) **5.7.B Irudian** adierazi dira; neurtutako etekin garbiekin batera jarri dira eraketa errazteko. Aurresan zitekeenez, kurba berria zaharrarekin erkatuz desplazatua agertu da, edukin organikoaren eta zurgapen-etekinen balio altuagoetarantz.



5.7. Irudia. **A)** AE zurgapen etekinaren eta *i* materia ingerituaren edukin organikoaren arteko erlazioa. Adierazitako balioak bi aldagaien batezbesteko balioei ($\pm 95\%$ K.T.) dagozkio. Irudikatu den kurba, banakako datuei doitu genien funtzio hiperbolikoari dagokio (ikus testuan). **B)** Sasigorotzetako mukiaren agerpenaren eraginerako zuzendutako AEm zurgapen-etekina, im materia ingerituaren edukin organikoaren funtzio modura. Datuak, An bezala, batezbesteko balioei ($\pm 95\%$ K.T.) dagozkio; marra jarraia bidez adierazitako kurba, banakako datu zuzenduetan oinarrituz egin genuen doiketari dagokio (ikus ekuazioa testuan). Hasierako egoerako, hau da, zuzenketaren aurreko egoerari dagozkion datuak (zirkulu zuriak) eta kurba ere (marra etenez adierazi dena) jarri dira, erkaketa errazteko.



5.8. Irudia. **A)** Neurtutako eta estimaturiko ($Ar: mg\ h^{-1}$). zurgapen-tasen arteko desberdintasuna, esekiduraren edukin organikoaren funtzio modura. Estimaturako balioak, ingestio-tasa aklaramendutasuren bidez eraendu balitz eta beraz hautespen preingestiborako mekanismoak ihardungo ez zuteneko baldintzen pean lortuko zirenak dira (ARsin). **B)** Zurgapen-tasarako kalkulatu den Benefit ratio indizea (BRab), esekidurako edukin organikoaren arabera.

Zuzendutako datuei doituriko ekuazioa hurrengo izan zen:

$$AEm = 0.8445 - 0.0479 (\pm 0.0037) / i \quad r^2 = 0.6729 \quad n = 85 \quad (5.3. Ek.)$$

Ekuaizio honen eta aurrekoaren arteko desberdintasun nagusia, maldaren balioan datza; logikoa denez, malda txikiagoa da kasu honetan. Izan ere, mukiaren eragina sakonagoa zen edukin organiko baxuagoko janeurrien kasurako, eta altuagokoenetan aldiz, ia arbuiagarria. Edozein kasutan, argi dago, *Tetraselmis suecica* alga etekin altuz zurgatzen dela; ingeritzen den materia osoaren proportzio txikia osatzen dueneko kasuan ere horrela izanik, zurgapen-etekin gordinak altua behar du izan eta gorotzetako galera endogenoak aldiz, txikiak.

Bestalde, ingerituriko materiaren osagai ez-organikoa egoteak, eragin positiboa bide du zurgapen-etekinean, zeren eta algaz soilik osatutako janeurrirako neurturiko AE-aren balioak, gainerako guztien azpitik baitaude. Monoalgala zen janeurriko baldintzetan lorturiko zurgapen-etekinaren datuak ez ziren erabili hortaz, zurgapen-etekinen tratamendu estatistiko orokorra gauzatzean.

Mukiaren efeturako zuzenduta zegoen zurgapen-etekinaren eta ingerituriko materiaren edukin organikoaren arteko funtzioa, hurrengo simulaziorako tresna modura erabili genuen: hautespen preingestiborako mekanismoek iharduko ez balute, baldintza bakoitzerako lortuko liratekeen zurgapen-tasak kalkulatu ziren (ARsin); hori onartzea, ingestio-tasaren eraenketa aklaramendu-tasaren beheapenaren bidez gertatzen dela onartzea bezalakoa da. Prozedura honen bidez, erantzun bat ala bestea agertzearen irabazketak kalkula daitezke, zurgapen-tasaren unitateetan. Esperimentalki lortutako datuen eta prozedura honen bidez estimaturiko balioen arteko diferentziak **5.8. Irudian** adierazi dira: ikus daitekeenez, materia ez-organikoa lehentasunez aldaratzearen abantailak are nabariagoak dira janariaren edukin organiko baxuetarako; hala ere, edukin organikoa 0.05 bezain baxua denean, irabazia ez da horren altua. Baldintzen arteko erkaketarako ordea, hobe da indize erlatiboetara jotzea; adibide modura, hautespen preingestiboak eragiten duen zurgapen-tasaren emendioaren proportzioa estimatzeko erabili dugun BRab indizea dugu (5.8.B Irudia). Kasu honetan, joera argi dago: indizea emendatu egin da janeurriaren edukin organikoa jaistean. BRab eta BRo indizeen erkaketatik ondoriozta daitekeenez, lortutako irabazia, zurgapen-tasaren mailan materia organikoaren ingestio-mailan baino handiagoa da. Zurgapen-tasan gertaturiko emendio hori, zurgapen-etekinaren eta ingerituriko materiaren edukin organikoaren arteko menpekotasunari dagokio, zeren eta edukin organiko baxuen tartean emendio txikiak eragin sakona izan baitezake zurgapen-etekinean; edukin organiko altuen tartean aldiz, baxuagoa da bi parametroen arteko menpekotasuna, AE-a bere balio maximotik hurbil baitago.

5.3.2. 2. Esperimentua

5.3.2.1. Janeurriak

Esperimentu honetan erabili ziren lau janeurrien ezaugarriak **5.3. Taulan** ikus daitezke: TPM esekidurako materia partikulatuaren kontzentrazioa, VOL partikulek betetzen

duiten bolumen enpaketatua, POM materia organiko partikulatuaren kontzentrazioa, eta f edukin organikoa eta klorofila-kontzentrazioa. Edukin organiko baxuena ($f = 0.1$), SN janeurriari dagokio, janeurri hau baita sedimentu-partikulez soilik osatua dagoena. Sedimentuko klorofila-kontzentrazioa neurtzeko burutu zen analisiak emaitza negatiboa izan zuelarik, materia sedimentario horretan mikroalga-izaerako materia bizirik ez zegoela ondoriozta daiteke. $\bar{a}$ klorofila-kontzentrazioaren datuek adierazi digutenez, edukin organiko altuagoak zituzten janeurriak, SN+T 1, 2 eta 3 direlakoak alegia, sedimentu naturala eta zelulen proportzio hazkorak nahastuz prestatu ziren.

Janeurrien partikula-kontzentrazioa esekiduraren bolumen enpaketatuaren arabera estandarizatu genuen eta fitoplanktonaren dentsitatea sedimentuarena baino askoz baxuagoa zenez, janariaren edukin organikoaren emendioak esekidurako TPM materia partikulatuaren kontzentrazioa ekarri zuen. POM materia organiko partikulatua emendatu egin zen edukin organikoarekin batera janeurri mistoetan, hau da, bi osagai zituztenetan: materia organiko detritikoa (POMdet) eta fitoplanktonikoa (POMt). Edukin organikoaren emendioa, materia organiko fitoplanktonikoaren gehipenean datza. SN janeurrian aldiz, materia organiko guztia detritikoa da (ikus **5.3. Taula**)

5.3. Taula. 2 Esperimentuan erabilitako janeurrien ezaugarriak. VOL ($\text{mm}^3 \text{ l}^{-1}$): esekiduran dauden partikulen bolumen enpaketatua; TPM (mg l^{-1}): materia partikulatu osoaren kontzentrazioa; POM (mg l^{-1}): materia organiko partikulatuaren kontzentrazioa; f (POM/TPM): materia partikulatuaren edukin organikoa; cl a ($\mu\text{g l}^{-1}$): $\bar{a}$ klorofilaren kontzentrazioa; POMt (mg l^{-1}): *Tetraselmis* algaren materia organiko partikulatuaren kontzentrazioa; POMdet (mg l^{-1}): sedimentuko materia organiko partikulatuaren kontzentrazioa. Adierazitako balioak, baldintza bakoitzari dagokion batezbestekoa $\pm$ desbiderazio estandarra dira. Lagin kopurua, parentesi artean dago janeurri bakoitzaren izenaren azpian.

Janeurria	VOL	TPM	POM	f	cl a	POMt	POMdet
SN (9)	5.981 ± 0.647	24.452 ± 3.606	2.429 ± 0.441	0.099 ± 0.007	-----	-----	2.429 ± 0.441
SN+T 1 (11)	6.951 ± 0.599	12.282 ± 1.401	2.931 ± 0.298	0.239 ± 0.013	61.006 ± 7.917	2.105 ± 0.273	0.827 ± 0.295
SN+T 2 (10)	7.036 ± 1.000	6.919 ± 1.201	3.728 ± 0.555	0.542 ± 0.044	101.160 ± 15.209	3.487 ± 0.525	0.242 ± 0.161
SN+T 3 (11)	8.208 ± 0.800	6.824 ± 1.145	4.357 ± 0.434	0.638 ± 0.074	119.179 ± 12.120	4.112 ± 0.418	0.245 ± 0.186

5.3.2.2. Janariaren prozesaketa

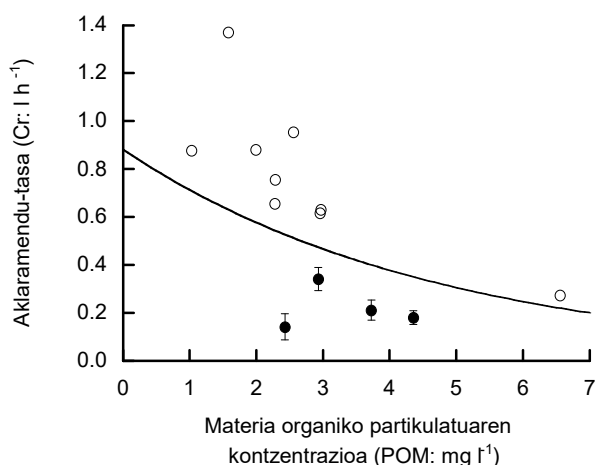
Janeurri bakoitzean neurtu ziren iragazte-, aldaratze-, ingestio- eta zurgapen-tasen batezbesteko balioak **5.4.Taulan** adierazi dira, dagozkien zurgapen-tasa eta zurgapen-efizientziak ere aurkeztuz.

5.4. Taula. 5.3. Taulan aurkeztutako janeurriei dagozkien osagai organiko eta ez-organikoaren iragazte-tasa (Fr: mg h⁻¹), aldaratze-tasa (Rr: mg h⁻¹), eta ingestio-tasa (Ir: mg h⁻¹) eta osagai organikoaren zurgapen-tasa (Ar: mg h⁻¹) eta zurgapen-etekina (AE). Datuak, batezbesteko balioak ($\pm$ % 95 k.t.) dira. Baldintza bakoitzean erabilitako animali-kopurua, parentesi artean jarri da janeurrien azpian.

	Er		Rr		Fr		Ir		Ar	AE
Janeurria	OEr	IEr	ORr	IRr	OFr	IFr	OIr	Iir		
SN	0.115	1.015	0.194	2.074	0.341	3.089	0.146	1.015	0.031	0.168
(10)	± 0.021	± 0.194	± 0.104	± 1.170	± 0.131	± 1.192	± 0.034	± 0.194	± 0.026	± 0.139
SN+T 1	0.333	1.946	0.178	1.248	1.001	3.194	0.823	1.946	0.490	0.594
(10)	± 0.064	± 0.387	± 0.070	± 0.542	± 0.141	± 0.450	± 0.104	± 0.387	± 0.078	± 0.054
SN+T 2	0.242	0.461	0.066	0.214	0.789	0.675	0.722	0.461	0.480	0.657
(12)	± 0.057	± 0.105	± 0.030	± 0.086	± 0.156	± 0.133	± 0.138	± 0.105	± 0.106	± 0.060
SN+T 3	0.255	0.347	0.030	0.060	0.720	0.408	0.690	0.347	0.435	0.632
(11)	± 0.033	± 0.039	± 0.018	± 0.031	± 0.073	± 0.041	± 0.069	± 0.039	± 0.044	± 0.024

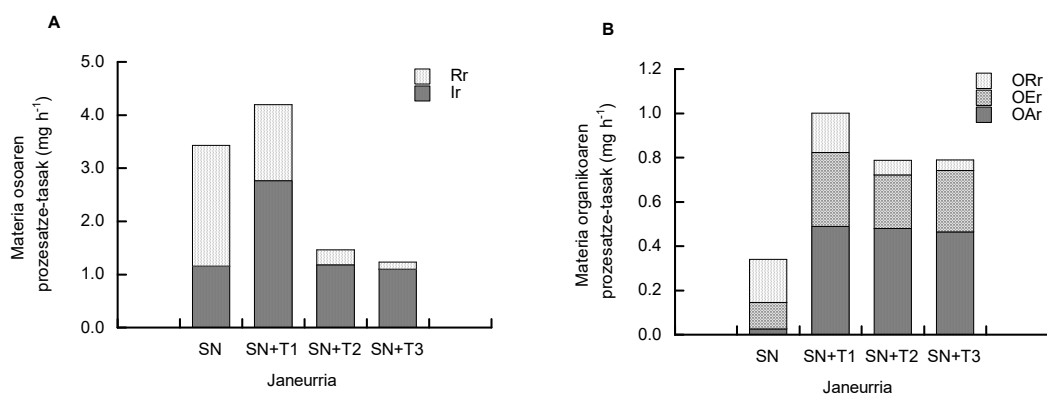
Iragazte-tasak janariaren edukin organikoarekiko menpekotasun negatiboa azaldu du. Menpekotasun horretan edukin organiko altuagoko janeurriek partikula-kontzentrazio txikiagoak izaten dituztelako eragina isladatu bada ere, badago beste eragile garrantzitsuago bat: aklaramendu-tasaren aldaketa (**5.9. Irudia**). Janeurri mistoen kasuan (sedimentu naturalaren eta *Tetraselmis* zelulen nahasketa), aklaramendu-tasa jaitsi egin da esekidurako janariaren kalitatea emendatzean; erlazio honek, beraz, iragazte-tasaren eta edukin organikoaren arteko menpekotasuna ezartzen du. (**5.10.A Irudia**).

Esperimentu honetan behatutako joera aurreko kapituluetan lortutakoekin erkatzeko asmoz, 5.9. Irudian, 5.1. Irudian irudikatu zen kurba bera marraztu da, 3 Kapituluako emaitzetatik lortu zena hain zuzen ere. Ikus daitekeenez, esperimentu honi dagozkion puntuak kurbaren azpitik doaz eta beraz, animalien iharduera-maila aurrekoetan baino baxuagoa dela ondoriozta dezakegu. Sedimentu-partikula hutsez osaturiko janeurriari, edukin organiko baxuena badu ere, aklaramendu-tasa txikienak egokitu zaizkio (Cr = 0.125 l h⁻¹); parametro honen aldagarritasuna, edukin organikoaren arabera, zenbait faktoreren menpekota da beraz; faktore horien artean esekiduraren kontzentrazioa eta edukin organikoaz gainera, partikula-mota ere egon daiteke (fitoplanktona vs materia bizigabea). Janeurri hau osatzen duten partikulak hain dentsoak direnez, iragazte-tasak balio altua hartu du, eta SN+T1 janeurriak bakarrik agertu du iragazte-tasa altuagoa. Aklaramendu-tasaren eta materia organikoaren gertutasunaren aldaketaren ondorioz, materia organikoaren iragazte-tasak desberdintasun nabariak azaldu ditu janeurrien artean: oso balio baxuak SN janeurriaren kasuan, tartekoak eta euren artean oso antzekoak SN+T 2 eta 3 direlakoetan, eta maximoak SN+T1en kasurako (**5.10.B Irudia**).

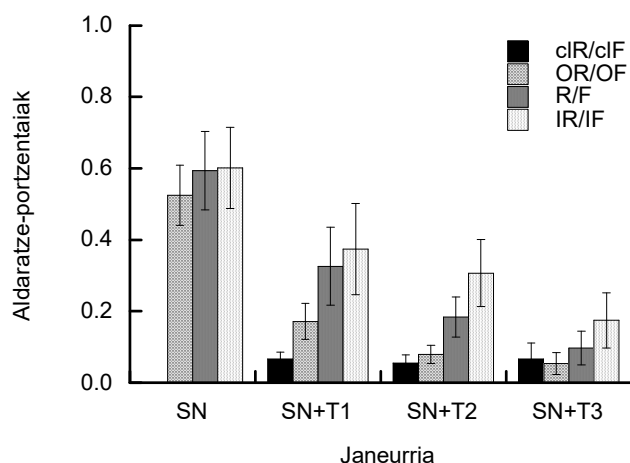


5.9. Irudia. Aklaramendu-tasa ($Cr: l h^{-1}$), ($POM: mg l^{-1}$) materia organikoaren kontzentrazioaren funtzio modura. Irudikatu diren puntuak, lau baldintzei dagozkien batezbesteko balioen adierazle dira ($\pm \% 95 K.T.$). 3. kapituluko 3.1. Ekuazioan oinarrituz, kontutan hartutako POMaren balioen tarterako lortutako kurba eta 1 Esperimentuan neurturiko aklaramendu-tasaren balioak ere (zirkulu zuriak) adierazi ditugu, emaitzen erkaketa errazteko asmoz.

Aldaratze-tasak iragazte-tasarekiko menpekotasun estua du, baina SN eta SN+T 1 erkatuz, sasigorotzen ekoizpen-tasan, iragazitako materiaren edukin organikoak ere eragina duela argi ikus daiteke: aldaratze-tasa maximoa sedimentu naturala besterik ez duen janeurrian behatu da, eta iragazte-tasa altuena aldiz, beste janeurrian. Aldaratua gertatzen den materia-kantitatea iragazte-tasaren eta iragazitako materiaren kalitatearen arabera da beraz; horrela, iragazte-tasa berdinerako aldaratze-tasa baxuagoa legokioke edukin organiko altuagoari. **5.11. Irudian** adierazi dira janeurri bakoitzean sasigorotz modura aldaraturiko materia osoaren, organikoaren, ez-organikoaren eta klorofilaren proportzioak. Orokorki, zenbat eta edukin organiko altuagoa izan, hainbat eta aldaratze-tasa baxuagoak gertatu dira; klorofilaren kasuan joera hori ez da betetzen, balio baxu eta konstanteetan mantentzen baita edukina.



5.10. Irudia. A) Janeurri bakoitzean neurtutako materia partikulatu osoaren prozesatze-tasak. Aldaratze-tasa (Rr) eta ingestio-tasa (Ir) bereizirik irudikatu dira. Zutabe bakoitzaren altuera, hortaz, iragazte-tasaren adierazle da (Fr). Tasa horiek guztiak mg h⁻¹-kotan daude. B) Materia organiko partikulatuaren prozesatze-tasak. Aldaratze-tasa (ORr), egestio-tasa (OEr) eta zurgapen-tasa (Ar) bereizirik aurkeztu dira; materia organikoaren iragazte tasa (OEr), beraz, aurreko osagai guztien batura litzateke, hau da, zutabearen altueraren balioari dagokio. Era berean, OEr eta Ar osagaien baturak materia organikoaren ingestio-tasaren balioa emango digu (OIr). Unitateak, A kasuan bezala mantendu dira (mg h⁻¹).



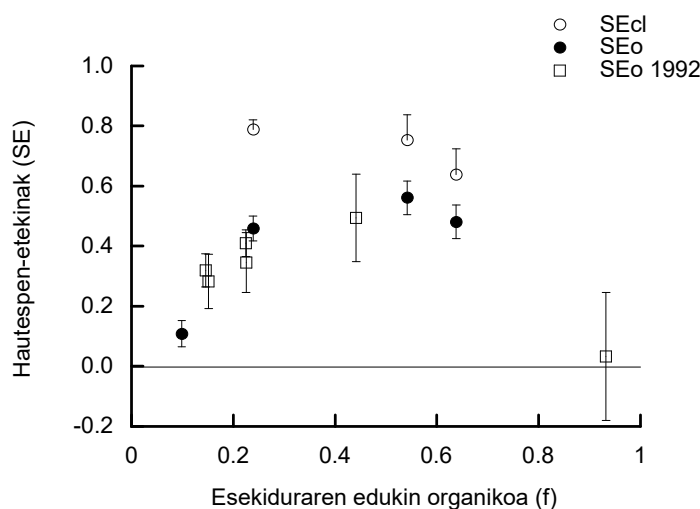
5.11. Irudia. Sasigorotz modura kanporatutako materia iragaziaren aldaratze-portzentaia: A) materia partikulatu osoari (R/F), B) klorofilari (clR/clF), C) materia organiko osoari (OR/OF) eta D) materia ez-organikoari (IR/IF) dagozkionak. Datuak, batezbesteko balioak $\pm$ 95 % KT dira.

Sasigorotzen ekoizpenean iragazte-tasak eta sestonaren edukin organikoak duten eraginaren ondorioz, ingestio-tasak oso antzekoak dira, 1.1 mg h⁻¹-koak gutxi gora-behera, SN, SN+T 2 eta SN+T 3 baldintzetan. SN+T1 janeurriaren kasuan ordea, aldaratutako

proportzioa (% 30) ez da nahikoa hain altua den iragazte-tasa konpentsatzeko, eta ondorioz, ingestio-tasa beste baldintzen aldean, bikoitza da (5.10.A Irudia). Materia organikoaren ingestioa (5.10.B Irudia), bestalde, oso antzekoa da janeurri honetan eta beste janeurri misto bietan ($0.7-0.9 \text{ mg h}^{-1}$); sedimentu naturalez osaturiko janeurriaren kasuan aldiz, askoz baxuagoa da materia organikoaren ingestio-tasa. Desberdintasun hauek, zurgapen-tasetara jotzen dugunean (5.10.B Irudia), handiagoak dira zurgapen-etekinaren eraginaren ondorioz. Zurgapen-tasa minimoak, 0.03 mg h^{-1} ingurukoak, SN janeurriak eman ditu, behatutako materia organikoaren ingestio-tasa baxuen eta zurgapen-etekin murriztuaren konbinaketaren ondorioz (% 17). Janeurri mistoen kasuan zurgapen-etekinaren balio ertain/altuak lortu dira, SN+T3 baldintzan nolabaiteko beherapena soma badaiteke ere.

5.3.3.3. Hautespen preingestiboa

2. Esperimentuan erabilitako janeurriei dagozkien fitoplanktonaren eta materia organikoaren hautespen-etekinak **5.12. Irudian** adierazi dira. Janeurriaren edukin organikoa jaistean klorofilaren kasuan behatutako joera hazkorra, 1. Esperimentuan behatutakoaren antzekoa da. Sedimentuz soilik osatutako janeurrian ez zen klorofilarik aurkitu, eta beraz, ez dugu 0.25 baino baxuagoak diren edukin organikoetarako informaziorik.



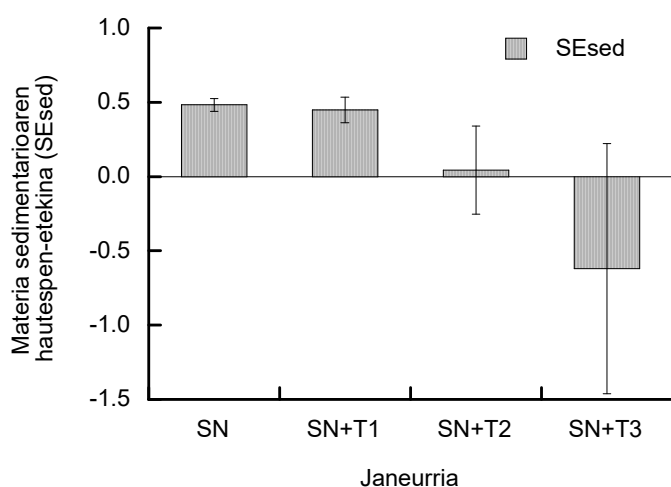
5.12. Irudia. Klorofilarako (SEcl: zirkulu hutsak) eta materia organiko osorako (SEo: zirkulu beteak) neurtutako hautespen-etekinak, esekiduraren edukin organikoaren funtzio modura. Baldintza bakoitzerako batezbesteko balioak $\pm$ % 95 K.T.ak aurkeztu dira. Lauki zuriak, Iglesias et al.-ek (1992) lortutako emaitzei dagozkie (ikus azalpena testuan)

Orotariko materia organikoaren hautespen-etekina, edukin organikoaren funtzio modura adierazita, parabola bati doituta dago, zeren bere balio maximoa materia osoaren proportzio organikoa gutxi gora-behera % 50 denean lortzen baita; balio altuago eta

baxuagoetarako gero eta etekin baxuagoak ikus daitezke. 5.12. Irudian ikus daitekeenez, gure lan honetan erabilitakoaren berdina zen konposaketako janeurriak prestatuz Iglesias *et al.*-ek (1992) neurtu zituzten balioak gehitzen baditugu, joera berdin-berdina azaldu da, datu horiek urteko sasoi desberdinean eta animaliak iharduera-maila oso desberdina erakusten zuten baldintzetan neurtu baziren ere.

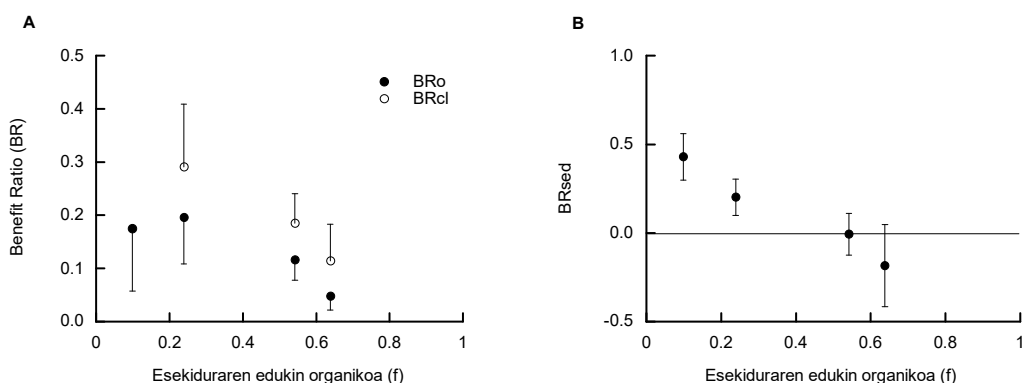
Lehenago ere eztabaidatu denez (Iglesias *et al.*, 1992; Navarro & Iglesias, 1993), edukin organiko baxuetarako neurturiko etekinaren beherapenak bi sorburu izan ditzake: sasigorotzetako mukia alde batetik edo sedimentu naturala osatzen duen materia organiko detritikoa etekin baxuagoz hautestua izatea bestetik. Ekoitzitako muki-kantitatea estimatzeko prozedurak argitu ahal du azken gertaera hori; beraz, 1 Esperimentuko ekuazioa erabili zen honako honetan, behatutako aldaratze-tasei dagozkien muki-ekoizpenak kalkulatzeko; horrela, benetako materia organiko iragazitik zenbat aldaratu den kalkula daiteke, neurtutakoaren eta muki modura kanporatutakoaren arteko diferentzia modura. SN janeurriaren kasuan, honenbestez, materia organiko detritikoaren benetako aldaraketa estima daiteke, eta beraz, bere hautespen-etekin gordina finkatzeko aukera ere badugu. Janeurri mistoen kasuan, sedimentu-partikulak eta *Tetraselmis* zelulak dituztelarik, behin muki-ekoizpena estimatu eta materia organiko aldaratutik kenduta, sasigorotzetan aldaratutako materia detritikoaren benetako aldaratze-tasa, materia organikoaren benetako aldaratze-tasaren eta fitoplanktonaren aldaratze-tasen arteko diferentzia modura kalkula daiteke. Materia organiko detritikoaren iragazte-tasan, bestalde, materia organikoaren iragazte-tasaren eta *Tetraselmisen* iragazte-tasaren arteko kenketaren bidez kalkulatu zen; mikroalgaren iragazte-tasa, klorofilaren iragazte-tasa eta *Tetraselmisen* kultiboan neurtutako materia organikoa/klorofila erlazioan oinarrituz estimatu zen.

Materia organiko detritikoa hautestu deneko etekin gordinerako estimaturiko balioak **5.13. Irudian** adierazi dira, erabilitako elikadura-baldintza desberdinetarako. Ikus daitekeenez, mota honetako materia detritikoa, janeurriaren osagai organiko bakar modura dagoenean, etekin altuz bereizten da materia ez-organikotik, baldintza berdinetarako alga-zeluletarako neurturikoa baino baxuagoa bada ere (5.12. Irudia). Materia fitoplanktonikoaren proportzioa eta beraz edukin organikoa ere emendatzen denean, aldiz, etekinak nolabaiteko beherapena jasaten du; beherapen hau nabariagoa da materia detritikoaren kasuan algen kasuan baino. Ezezagunak zaizkigun mekanismoen bidez, bereizte-prozesua *Tetraselmis* zelulen lehentasunezko ingestiorantz lerratzen bide da, sedimentuko materia organiko detritikoaren kaltean.



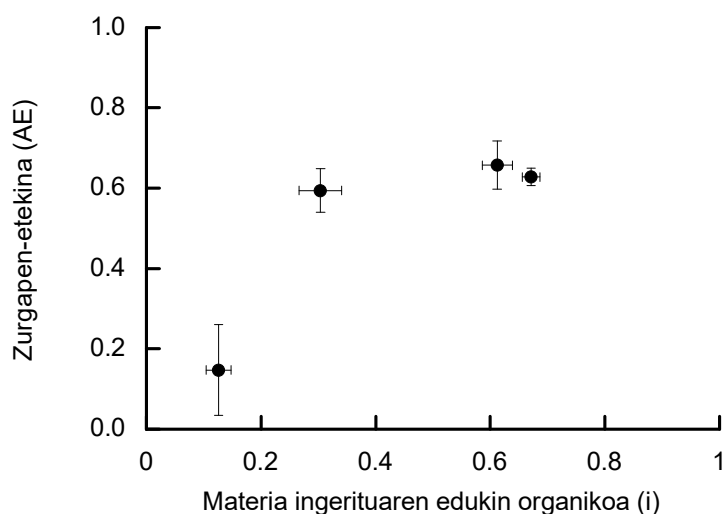
5.13. Irudia. *Materia organiko sedimentarioaren hautespen-etekin gordinaren estimazioaren batezbesteko balioak ($\pm$ % 95 K.T), erabilitako janeurri bakoitzaren kasurako.*

BRO eta BRCl indizeak **5.14. Irudian** marraztu dira, kontutan hartu diren lau baldintzetarako. Hautespen preingestiborako prozesuetatik ateratako irabazia, hautespen-etekinen eta aldaratutako materiaren proportzioaren araberakoa da. Bi parametroak edukin organiko baxuetarako jaisten direnez, irabazia ere emendatu egiten da kalitate baxuetarako. Bestalde, maila preingestiboan gertaturiko tratamendu diferentzialetik eratorritako irabazia, altuagoa da materia fitoplanktonikoaren kasuan materia organiko osoaren kasuan baino. Horren zergatia, materia organiko osoaren kasuan hautespen-etekina baxuagoa izatean datza; gertaera hau azaltzeko bi aukera daude: 1) mukiaren agerpenak eragin lezake edo 2) materia organikoaren proportzio detritikoa, fitoplanktona baino etekin baxuagoz hautatua edo lehentasunez aldaratua izatea ere gerta liteke, 5.13. Irudiko balio negatiboetan ikus daitekeenez. Izan ere, materia organiko detritikorako kalkulatzaren denean (5.14.B Irudia), BR indizearen balio positiboak lortzen dira SN eta SN+T1 janeurrien kasuan; fitoplanktonean aberatsagoak diren baldintzen kasuan ordea, balio negatiboak erdietsi ditugu; emaitza honen irakurketa hurrengoa da: materia organiko detritikoa, ingestio-tasa aklaramendu-tasaren beherapenez erregulatuko balitz lortuko litzatekeena baino baxuagoa da.



5.14. Irudia. A) Benefit Ratio delako hobetze-indizea (BR) esekiduraren edukin organikoaren funtzio modura. Indize hori, aberaste-indizea da, hautespen preingestiborako prozesuen ihardueraren ondorioz (materia iragaziarekin erkatuz) gertatzen den materia ingerituaren edukin organikoaren emendioa neurtzen baitu. Baldintza bakoitzean lortutako batezbesteko balioak eta % 95eko K.T.ak adierazi dira, materia organikoarako (BRo) eta klorofilarako (BRcl). **B)** Gauza bera, materia detritikoaren kasurako.

Erabilitako janeurri bakoitzerako neurtu ziren ingestioaren edukin organikoaren balioei dagozkien zurgapen-etekinak **5.15.A Irudian** adierazi dira. Bi parametroen arteko menpekotasuna, 1. Esperimentuan lorturikoaren oso antzekoa da, eta oraingoan ere kurba baten bidez adieraz daiteke menpekotasun hori. Aurreko esperimendu horretan lorturiko emaitzek frogatu zutenek, mukia bezalako galera endogenoek muga lezakete menpekotasun-mota hori, eta beraz, mukiaren eraginerako zuzenketa burutu ondoren, ingerituriko materiaren edukin organikoak eta zegozkien zurgapen-etekinak birkalkulatu ziren. Horrela lortutako emaitzak **5.15.B Irudian** aurkeztu dira, hurrengo arrazoibidearen ondoren lortu zirenekin batera: 1. Esperimentuko 5.2 Ekuaziotik abiatuz, galera metabolikoen eta ingestio-tasaren artean dagoen proportzioa kalkulatu zen; horretan oinarrituta, sedimentu naturaleko materia detritikoaren zurgapen-etekin gordina estimatu zen ($AE_{det} = 0.68$). Estimazio honetan eta aurreko Esperimentuan lortutako *Tetraselmis*en oinarrituz ($AE_{tetra} = 0.84$), baldintza bakoitzeko materia organikoaren bi osagaien konbinaketari legozkiokeen zurgapen-etekin gordina eta garbia estimatu ziren. Irudian ikus daitekeenez, lortu ziren eta espero ziren datuen arteko adostasun-maila altua dago; hala ere, SN+T3 janeurriaren kasuan, ingeritutako materia ia guztia fitoplanktonikoa zelarik, lortutako etekinak espero zirenak baino zertxobait baxuagoak dira.



5.15. Irudia *A)* AE zurgapen etekinaren eta *i* materia ingerituaren edukin organikoaren arteko erlazioa. Adierazitako balioak bi aldagaien batezbesteko balioei ($\pm 95\%$ K.T.) dagozkie. Irudikatu den kurba, banakako datuei doitu genien funtzio hiperbolikoari dagokio (ikus testuan). *B)* Sasigorotzetako mukiaren agerpenaren eraginerako zuzendutako AEm zurgapen-etekina, im materia ingerituaren edukin organikoaren funtzio modura. Datuak, An bezala, batezbesteko balioei ($\pm 95\%$ K.T.) dagozkie; marra jarraia bidez adierazitako kurba, banakako datu zuzenduetan oinarrituz egin genuen doiketari dagokio (ikus ekuazioa testuan). Hasierako egoerako, hau da, zuzenketaren aurreko egoerari dagozkion datuak (zirkulu zuriak), testuan azaldutako arrazonamendu teorikoetan oinarrituz lortuko liratekeen datuei dagozkie.

5.4. Eztabaida

Beste zenbait ikertzailek ere ekin diote janariaren kantitate eta kalitatearen aldaketen aurrean molusku bibalbioen espezie desberdinek erakusten dituzten erantzunen ikerketari, (Bayne *et al.*, 1993; Newell & Shumway, 1993; Hawkins *et al.*, 1996; 1997). Lan horiek partikula-kontzentrazioa atari-mailaren azpitik mantentzen zen baldintzetan burutu ziren gehienetan. Baldintza naturaletan ordea, iragazle diren bibalbio askok, eta bereziki infaunalek, berreskidura-prozesu lokalek eragindako seston-kontzentrazio altuak jasan behar izaten dituzte. Lan honetan egin ditugun bi esperimenduetan erabili diren janeurriak, haizearen eta mareen ondorioz berreskitako edukin organiko baxuko sedimentuek eragin dezaketen esekidurako materia organikoaren "diluzio"-prozesu naturalak simulatzeko prestatu ziren.

5.4.1. Elikatze-jokaera: iragazte-, aldaratze- eta ingestio-tasak

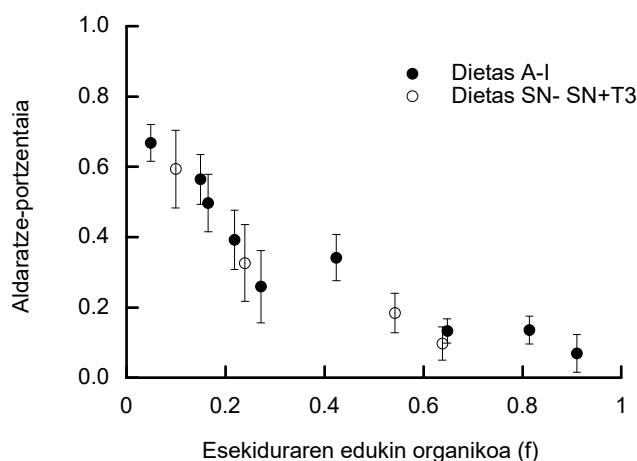
Kalitate desberdineko janariaz elikaturiko *Cerastoderma edule*ren aleek agertu duten elikatze-jokaera, espezie horretarako alde zuzenetik lortutako ereduarekin bat dator (Iglesias *et al.*, 1992; Iglesias & Navarro, 1993 eta, 3 eta 4 Kapituluak). Esekidurako materia partikulatuaren kontzentrazioa altua denean, liseri-hodira sar daitekeen materiaren kantitatea bi erataraz muga daiteke: aklaramendu-tasa murriztuz edo aldaratutako materiaren proportzioa emendatuz. Lan honetan bi mekanismoak behatu dira. Esekiduraren edukin organikoa altua denean, aklaramendu-tasa baxuak azaldu dira, iragazitako materia-kantitatea murriztuz eta brankietan atxikitakoaren proportzio txiki bat besterik ez aldaratuz. Janariaren kalitatea baxua denean ordea, aklaramendu-tasa eta beraz, iragazte-tasa altuak mantentzen dira eta sasigorotzen ekoizpen-tasa ere altua da (ikus 5.2. eta 5.4. Taulak eta 5.1. eta 5.10. Irudiak). Izan ere, bi motetako erantzunek mugatzen dute ingerituriko materia, baina hala ere, zenbait kasutan ingestio-tasa ezin mantentzen daiteke konstante, hau da, eraenketa ez da perfektua. Edonola, kontutuan izan behar da, partikulen arteko dentsitate-desberdintasunak direla eta, pisu-unitateetan guztiz desberdinak diren bi neurketek, unitate bolumetrikotara aldatzean antzekotasun nabaria azal dezaketela.

Partikula-kontzentrazio altuetan ingestioaren eraenketan jotzen duen mekanismoa, janaria osatzen duten partikulen gain hautespen-maila bat ala bestea eragiteko aukerarekin estuki lotuta dago. Maila preingestiboan diharduten hautespen-prozesuek, ingerituko den materiaren kantitatea eta konposaketa mugatzen dituzte, eta beraz, zurgapena ere, azken batean. Hori horrela izanik, hurrengo azpimarratu behar dugu ezinbestez: demagun materia organikoa eta ez-organikoa bereizteko etekin-maila ezagun bat dugula; zenbat eta aldaratze-portzentaia altuagoa izan, hainbat eta altuagoa izango da ingerituko den materiaren hobekuntza. Materia organikoak materia partikulatu osoaren barruan proportzio altua duenean, iragazi diren partikulen hautespenak dakarren irabazi potentziala baxuagoa da, eta beraz, animaliek estrategia kontserbatzailea erakusten dute, aklaramendu-tasa jaitsiz eta proportio txikia aldaratuz. Materia ez-organikoak materia osoaren barruan proportzio altua duenean ordea, balio energetiko desberdinetako partikulen arteko bereizketa-ahalmena handiagoa da, eta ondorioz, gaitasun hori ustiatzeko joera agertzen dute; izan ere, iragazte-eta aldaratze-tasa altuak mantenduz etekin maximoa lor dezakete. Mota horretako jokaeraren ondorio modura, ingeritutako materia iragaziaren aldean hobetua gertatzen da (ikus 5.5. Irudia).

Margolen elikadura-jokaerak, edukin organikoaren aldaketan arabera, antzekotasun handia azaldu du burututako bi esperimenduetan. Urteko sasoi desberdinetan egin zirela eta janeurrien konposaketa ere desberdina zela kontutuan izanik, behatutako antzekotasunak, janeurriaren ezaugarriekiko menpekotasuna duen elikadura-jokaerarako eredu orokor baten izaera iradoki digu. Hori dela eta, materia organikoaren gertutasunaren emendioaren aurrean gertatu den aklaramendu-tasaren beharpena, esperimendu bietan behatu da, eta bai 3 Kapituluak baldintzetan ere. Datu guztiak batera hartuz, aipatzekoa da 2. Esperimenduko baldintzetan animaliek izan zuten iharduera-maila baxua; horren zergatia, beharbada,

urtearen sasoian datza, zeren eta tenperatura baxuak izateaz gain, baliteke bere ingurune naturalean zuten egoera nutrizionala nahiko eskasa izatea; hori iradoki digute behintzat, animaliak bizi zireneko tokian hartutako sedimentuak zuen edukin organiko baxuak eta biziduna zen materia fitoplanktonikoaren gabeziak. Hala ere, esan denez, materia organiko partikulatuaren aldaketen aurreko erantzunak bat datoz elkarrekin.

Era berean, adostasun-maila altua dago esekiduraren edukin organikoak aldaratutako materiaren proportzioan duen eraginean ere. Esperimentuak banaka hartuz, eragin hori ez da nabaria; izan ere, baliteke edukin organikoa jaistean gertaturiko aldaratze-portzentaiaren emendioa iragazte-tasa altuagoen ondorioz gertatu izana. Esperimentu biak batera aztertzerakoan aldiz, hauxe ikusi dugu: iragazte-tasen arteko desberdintasuna bi esperimentuen artean oso nabaria izanik, antzeko edukin organikoei dagozkien aldaratze-portzentaia bat datoz (**5.16. Irudia**). Hortaz, iragazitako materiaren barruan, ingeritzen denaren proportzioa edukin organikoaren arabera dela ondoriozta dezakegu.



5.16 Irudia. R/F materia osoaren aldaratze-portzentaien eta janeurriaren edukin organikoaren arteko erlazioa. 1 Esperimentuko datuak zirkulu beltzez adierazi dira, eta 2. Esperimentukoak zirkulu zuriz.

Aurreko guztia bilduz, elikatze-prozesuan zeharreko fase guztietako prozesatze-tasak ur-zutabeko partikulen kontzentrazioaren eta edukin organikoaren arabera dira.

5.4.2. Hautespen preingestiboa

Janeurriko zenbait osagairen lehentasunezko aldaratze-prozesuen bidez, ingeritzen den materiaren konposaketa aldatua gertatzen dela frogatu da zenbait bibalbio-espezieetan (Kjørboe & Møhlenberg, 1981; Newell & Jordan, 1983; Prins & Smaal, 1991; Iglesias *et al.*,

1992; Urban & Kirshman, 1992; Bayne *et al.*, 1993; Macdonald & Ward, 1994; Hawkins *et al.*, 1996). Ikerketa-mota hauetan sartu berriak diren zenbait teknika sofistikaturen erabilerak (endoskopia alegia), bibalbioen iragazketa-prozesuaren funtsezko zenbait ezaugarri ezagutzea ahalbidetu du (Beninger *et al.*, 1992; Ward *et al.*, 1993; 1994; Ward, 1996). Hala ere, hautespenaren oinarrian dagoen mekanismoa ez da ezaguna oraindik.

Sestonaren kalitateak bibalbioetan hautespen-etekinean izan dezakeen eragina ere aztertu dute zenbait ikertzailek (*Mytilus edulis*: Bayne *et al.*, 1993; Hawkins *et al.*, 1996; *Cerastoderma edule*: Iglesias *et al.*, 1992; *Placoepecten magellanicus*: MacDonald & Ward, 1994). Dena dela, erabilitako indizeen arteko desberdintasunak direla kausa edo kontutan hartutako materia-mota desberdina dela kausa, emaitzen erkaketa oso zaila gertatzen da. Materia organikoaren etekinari dagokionez, Bayne *et al.*-ek (1993), eta Iglesias *et al.*-ek (1992) lortutako emaitzak ikerlan honetan lorturikoenen oso antzekoak dira, etekina jaitsi egiten baita edukin organikoa emendatzean. Esekiduraren kalitateak klorofila duten partikulen hautespen-etekinean duen eraginari buruz, gure datuek McDonald & Ward-ek (1994) *Placoepecten* espeziearen kasuan behatutakoaren alderantzizkoa adierazi dute, ez baitugu parametro horren beherapenik behatu materia fitoplanktonikoaren proportzioa jaistean. Beiren kasuan lortu ziren datuak, klorofila-kontzentrazioak margolen kasuan erabilitakoak baino askoz txikiagoak zireneko baldintzen pean erdietsi ziren. Baliteke, beraz muturreko baldintzetan joera aldatzea (ikus 4 Kapitulua).

Lan honetan ez dugu sumatu inoiz, *Placoepecten magellanicus*erako McDonald & Ward-ek (1994) aurkitu zuten aklaramendu-tasaren eta ingerituriko materiaren klorofilan hobetze-prozesuaren arteko erlazio negatiboa. Guk ez dugu zehazki eurek proposatutako "compensation index" erabili, baina bai antzekoa den BR indizea, eta hobetzearen eta aklaramendu-tasaren arteko erlazioa egotekotan, positiboa litzateke, hau da, beste ikertzaile horiek lortutakoaren aurkakoa (ikus BRcl, 5.6. eta 5.14.A Irudietan). Hautespen-etekin maximoak edukin organiko baxuetan topatu ditugu beti; horrelakoetan gertatzen dira hain zuzen aklaramendu-tasa maximoak eta beraz iragazte-tasa maximoak ere. Beraz, guk neurtutako tartean behintzat, ez dirudi brankietan prozesaturiko materia kantitateak hautespen-mekanismoari eragozpenik jartzen dionik; ezin aurrean daiteke ordea, organo palealak saturazio-baldintzen pean horrelako erantzunik izango ez luketenik. *Cerastoderma edule*, espeziearen kasuan, 4 Kapituluko emaitzetara joz, saturazio-maila hori balio oso altuetan dagoela ondoriozta dezakegu. Baliteke espezieen arteko desberdintasun honek, espezie bakoitzak betetzen duen habitataren ezaugarriekin harremana izatea: margolak, infaunala izanik, maiz jasango ditu uhertasun altuko baldintzak; *Placoepecten* bizi deneko inguruneak aztertu direnean, partikula-kontzentrazioa baxu mantentzen denetarikoa dela aurkitu da (Cranford & Hargrave, 1994).

1. eta 2. Esperimentuetan lorturiko emaitzetatik ondoriozta daitekeenez, mekanismoaren etekina, partzialki behintzat, esekiduran dauden partikulen menpekoea da: fitoplankton-partikulak, esaterako, sedimentuko detritusak baino etekin altuagoz hautesten dira (ikus 5.4. eta 5.12. Irudiak). Partikula-moten arteko bereizketa hau, beste zenbait

kasutan ere proposatu da (Newell & Jordan, 1983; Iglesias et al, 1992), eta bai Tesi honetako 4 Kapituluaren ere. Urban & Kirchman-ek (1992) ere, markatzaile erradioaktibo espezifikoa erabiliz, alga-zelulak almidoi-partikulak baino etekin altuagoz hautesten direla frogatu zuten. Hori azaltzeko, ikertzaileek ondoko hau proposatu zuten: almidoizko partikulen azaleko glukosa-hondarrek seinale kimiko modura joka lezake; horrela, animaliek kinada hori landare-detritusen seinale tipikoa bailitzen jotuko lukete, eta beraz horien lehentasunezko kanporaketa gertatuko litzateke, material errefraktariotzat hartuko bailuke organismoak.

Bestalde, esperimentu hauek argi utzi dute osagai desberdinen gain eragindako hautespen-mailak osagai horren proportzioarekiko menpekotasuna ager dezakeela ere (5.4. eta 5.12. Irudiak); horrela, alga-partikulen edo partikula detritikoen lehentasunezko ingestioa daramaten prozesuek etekin altuagoz dihardute materia organikoaren proportzioa baxua denean, altua denean baino; nolabait, efikazia-galera gertatzen da partikula organikoen gertutasun erlatiboa altua denean.

Edukin organikoaren emendioak, gainera, ez du efektu bera bi osagaien etekinen gain, beharpena nabariagoa baita materia detritikoaren kasuan. Beraz, beharpena ez dagokio soilik edukin organiko altuetan etekin altuz iharduteko zailtasunari. Hortaz, materia detritikoaren etekina baxuagoa izatearen arrazoietariko bat mikroalgen lehentasunezko ingestioa erraztera zuzenduta dagoen erantzun aktibo batean oinarrituta dagoela dirudi. Gainera, honek agerian utzi du hautespenerako mekanismoa malgutasun altukoa dela; horrela izanik, moldapenerako balio altua luke, zeren eta materia organikoaren eta ez-organikoaren arteko bereizketaz gain liseritzeko errazagoak diren, eta beraz etekin energetiko hobe emango duten osagaien lehentasunezko ingestioa ere ahalbidetzen baitu.

5.4.3. Muki-ekoizpena

Sasigorotzen ekoizpena, energetikoki garestia da, iragazia gertatu den materiaren aldaratzeak jatorri endogenoko materia organikoaren galera dakarrelako. Lan honetan ikusi denez, bi faktorek dute eragina muki-ekoizpenean: alde batetik, ekoizpen horrekiko menpekotasun ia lineala duen materia aldaratuaren kantitatea zati denbora-unitatea delako balioa eta bestetik esekidurako materiaren edukin organikoa. Azken honen eragina ez da berehalakoa, eta baliteke mukiak aldaratze-prozesuan zuen funtzioarekin erlazionatuta egotea. Dirudienek, aldaratutako partikulen trinkotze-funtzioak betetzen ditu; materia ez-organikoa, bere dentsitatea altuagoa izateagatik, organikoa baino leku gutxiago betetzen du, eta beraz, sasigorotzen masa bera trinkotzeko eta enpaketatzeko muki gutxiago beharko litzateke edukin ez-organikoa baxuagoa denean.

Sasigorotzek eragiten duten mukopolisakaridoen inbertsio energetikoa azal dezake esekidurako materiaren kontzentrazioa emendatzean edukin organikoaren arabera animaliek eman duten erantzunaren aldaketa. Sasigorotzen ekoizpenak ingerituko den materiaren hobetze esangarria ekarriko ez duenena, hots, edukin organikoa altuko esekiduren kasuen

aurrean, muki modura galdutako materia organikoaren kantitateak hautespen-etekinetik eratorritako irabazia ezaba dezake edo kaltegarria izatera hel daiteke, materia organikoaren galera netoa sortuz; baldintza horien aurrean abantailatsuagoa litzateke aklaramendu-tasaren murrizketan oinarritutako estrategia. Esekidurako materia organikoaren parte txikia osatzen duenean aldiz, muki modura galdutako energia aise konpentsatzen da materia inorganikoaren lehentasunezko aldaratzeak dakarren materia organiko ingerituaren emendioaren bidez. Gainera, hobetze horrek gero eragin positiboa du ingerituriko materiaren zurgapen-etekinean, azken batean energia-lorpenaren adierazle den zurgapen-tasa hobetuz.

Horrela izanik ere, badaude arrazoiak mota honetako jokaerak, materia organikoaren diluzio-mailaren eta materia-motaren arabera bere mugak dituela pentsatzeko, zeren eta 2 Esperimentu honetan ikusi denez, zurgapen-etekinak desberdinak baitira materia organikoaren osagai desberdinetarako. Baliteke beraz, sasigorotzen ekoizpenari loturiko galera energetikoa hautespen-prozesuek eragindako hobetzea baino altuagoa izatea, eta balantze energetikoa azkenean negatiboa izatea. Prins & Smaal-ek (1989), esperimentaziorako espezie bera erabili zutelarik, karbonoaren zurgapen-tasa negatiboak lortu zituzten, animalia hauen balantzea edukin organiko baxuko sedimentuen kontzentrazio altuetan neurtu zutenean. Muturreko diluzio-egoeretan behatu zituzten balio negatiboak muki-ekoizpen altuak eragin litzakeela proposatu zuten ikertzaile horiek, baldintza horietan sasigorotzen ekoizpen-tasa benetan altua baitzen.

Lan honetan aztertu diren baldintzetan kontzentrazio maximoa 23 mg l⁻¹-koa izanik, ez da horrelako balantze negatiborik behatu, janeurri monoalgalaren kasurako izan ezik; kasu honetan, ezin bereiz daitezke homogeneous diren partikulen artean, eta sasigorotzen ekoizpenak, txikia izanda ere, eragiten duen muki-ekoizpenak ez du ordeztu ingestioaren hobetzerik. Beste baldintzetan ordea, sasigorotzen ekoizpenak eskatzen duen materia endogenoaren inbertsioari etekina ateratzen zaio, BRo indizearen balioek adierazten duten modura. Muki-ekoizpen altuena gertatzen deneko baldintzetan lortzen da, hain zuzen ere, sasigorotz-ekoizpenetik irabazi handiena; hori garbi ikusteko, ingestioaren erregulazioa aklaramendu-tasaren jaitsipenez gertatuko zenarekin erkatuz ingeritzen den materiaren edukin organikoaren hobetze modura neurtu behar da irabazi hori.

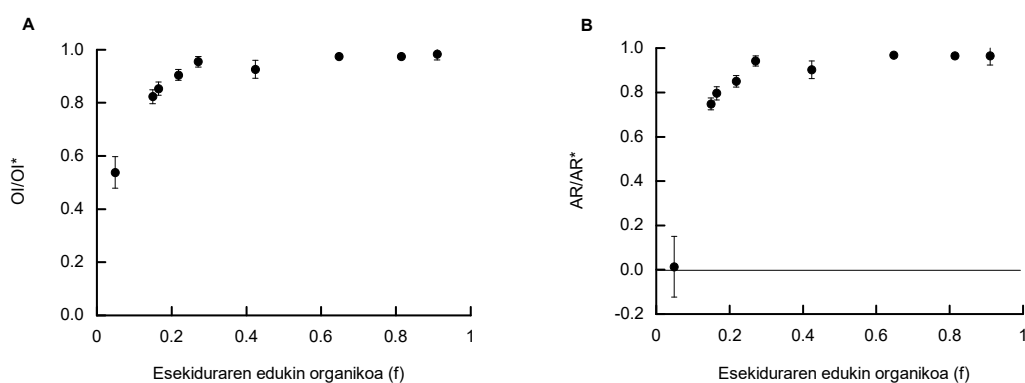
Zentzurik hertsienean, zuzenagoa litzateke sekuentzia hau alderantziz antolatzea: partikula-kontzentrazioa altua denean eta materia ez-organikoaren proportzioa nagusi denean, materia organikoaren ingestio-tasak jaitsi egingo lirateke hautespen-mekanismoak ez balego. Beraz, horrexegatik da abantailatsua sasigorotzen kantitate altuak ekoiztea. Materia ez-organikoaren lehentasunezko aldaraketak, ingeritzen den materia edukin organikoaren ikuspegitik hobetzea ahalbidetzen du, baina prozesu horrek materia organiko endogenoaren nahitaezko galera dakar. Esekidurako materiala gehien bat partikula organikoz osatua dagoenean aldiz, berez altua den edukin organikoa hobetzeko beharrezko litzatekeen sasigorotzen ekoizpenak hain muki-kantitate altuen ekoizpena ekarriko luke ezen kostu txikiagoko aukera aklaramendu-tasaren jaitsiera baita.

5.4.4 Muki-ekoizpenaren estimazioak dakartzan ondorio metodologikoak

Sasigorotzen ekoizpena gertatzen deneko baldintzetan bibalbioek erakusten duten elikadura-jokaerari buruzko ikerketetan orain arte aztertu ez den kontua, mukiaren kausaz gertatzen den materia organikoaren galerak elikadura-parametroen kuantifikazioan izan ditzakeen ondorioena da. Ikerketa gehienetan mukiaren eragina arbuia garria dela onartzen da eta beraz, sasigorotzetan dagoen materia organiko guztia iragazia gertatu den materialtik eratorria dela ere. Lanaren helburua balantze energetikoaren neurketa denean, onarpen honek ez du inolako arazorik sortarazten, aldaratutako materia organikoa jatorri endogeno edo exogenokoa den bereiztea ez baita beharrezkoa, behintzat bi materia organiko desberdin horien arteko konposaketa biokimikoa pisu-unitateko edukin organiko zeharo desberdinak eragiteko beste ez den artean. Gastropodoetan burutu diren lanetan aurkitu denez, mukia batez ere karbohidratoz eta proteinez osatua dago eta beraz, haren edukin energetikoa materia organikorako estandartzat har daitezkeen balioen artekoa da, 20 J h^{-1} -koa gutxi gora-behera (Davies *et al.*, 1991; Kideys & Hartnoll, 1991). Bestalde, janeurrien osagai desberdinen prozesamendu preingestiboaren eta liseri-hodiaren mailan jasandako tratamenduaren azterketa egin nahi denean, mukia materia organiko osoarekin nahasteak nolabaiteko errakuntzara eramán gaitzake. Lan honetan, zeharka bada ere, neurtu dugu muki-ekoizpena, eta beraz, ekoizpen hori ez konputatzeak lituzkeen ondorioak auresateko aukera izan dugu. Mukiak hautespen-etekinean duen eragina Emaitzak atalean aurkeztu dugu, 1. Esperimentuan estimatutako α klorofilaren eta materia organiko osoaren arteko desberdintasunak eztabaidatzerakoan. 2. Esperimentuko janeurrien kasuan, non materia organikoa osagai fitoplantonikoaz eta osagai detritikoaz osatua zegoen, 1. Esperimentuan lortu zen muki-ekoizpenaren estimazioa erabili zen bi osagaien hautespenaren arteko desberdintasunak agerian uzteko. Fitoplanktonaren kasuan markatzaile espezifikoak geneukan, α klorofila hain zuzen ere, baina mukiaren ekoizpenaren estimaziorik izan ez bagenu, ez genukeen materia detritikoaren barruko aldaratuaren eta ingerituaeren proportziak kalkulatzetik izan.

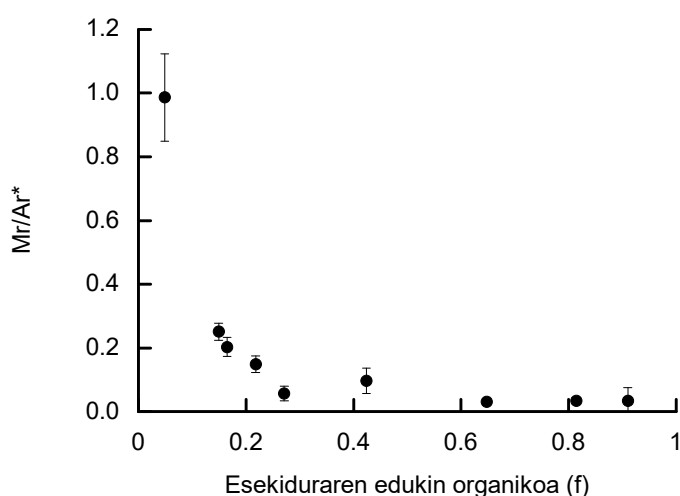
Bestalde, mukia aldaratutako materiaren osagai berezitzat hartzeak badu eragina benetako materia organikoaren ingestio-tasaren kalkuluan, eta bai, beraz, zurgapen-tasa eta zurgapen-efizientziarenean ere. Aldaratutako materia endogenoaren estimaziorik ez dagoen kasuan, iragazia eta aldaratua gertatu den materialtzat hartzen da mukia, eta beraz, ingeritutako materia organikoa, mukiari dagokion kantitate berdinean gutxiesten da. Hortaz, gutxietsitako kantitatea are garrantzitsuagoa da aldaratutako materia-kantitatea altuagoa denean. Fenomeno hau argitzeko, **5.17.A Irudian** mukiari dagokiona kendu gabe kalkulaturiko ingestio-tasak, benetako ingestio-tasaren balioen portzentaia modura adierazi dira: ikus daitekeenez gutxietsitako kantitatea are altuagoa da edukin organiko baxuko baldintzen kasuan, zeren eta, horietan iragazitako materiaren proportzio altuagoa aldaratzen denez, muki-ekoizpena ere altuagoa baita. Zurgapen-tasa, ingestio- eta egestio-tasen arteko diferentzia modura kalkulatu delarik, kantitate berean gutxiesten da, eta hortaz, proportzio are altuagoan (ikus **5.17.B Irudia**); ondorioz, zurgapen-etekina kantitate garrantzitsuan gutxiets daiteke, batez ere sasigorotzen ekoizpen altua eragiten duten janeurrien kasuan. 5.6.

eta 5.17. Irudietan argi ikus daiteke zurgapen-etekinak jasandako emendioa, zeina mukiari dagokion kantitatea kontutan hartzerakoan ingeritutako materiaren edukin organikoan gertaturiko emendioaren ondorioz azaldu baita. Zentzurik hertsienean, sasigorotzik ez dagoeneko baldintzekin erkatzeko, sasigorotzetako muki-kantitatearen kenketaren ondoren birkalkulatutako prozesatze-tasekin egin beharko litzateke.



5.17 Irudia. *A) Neurtutako ingestio-tasak mukiaren ekarpenerako zuzendutako benetako ingestio-tasaren barruan duen proportzioaren batzebesteko balioak. B) Gauza bera, zurgapen-tasarako kalkulatuta.*

Mukiak osatzen duen benetako zurgapen-tasaren portzentaiaren balioak **5.18. Irudian** adierazi dira: ikus daitekeenez, esekiduraren edukin organikoa txikiagoa den neurrian, mukiak zurgapen-tasaren proportzio garrantzitsuagoa osatzen du, eta benetako zurgapenaren % 98 izatera ere hel daiteke. Hala ere, BRab indizearen arabera (ikus 5.8.B Irudia), baldintza horietan ateratzen zaie hautespen-etekinei irabazi altuena, eta hortaz, inbertsioa konpentsatu egiten da.



5.18 Irudia. 1 Esperimentuan erabilitako baldintza bakoitzerako mukiari dagozkion (Mr : mg h^{-1}) benetako (Ar^* : mg h^{-1}) zurgapen-tasaren proportzioaren batezbesteko balioak

5.4.5 Janariaren zurgapena.

Orain arte kontutan hartu diren eta maila preingestiboan diharduten prozesuek, bibalbioen liseri-hodian sartuko den materiaren kantitatea eta konposaketa mugatzen dituzte. Erantzun-mota desberdinetatik eratorritako abantailak baloratzeko beharrezkoa da baina, liseri-prozesuak ezagutzea, prozesu horiek finkatuko baitute azkenean zurgapen-tasa eta beraz hazkundera ere zein den.

Zurgapen-tasa, hau da, denbora-unitateko gertatzen den energia-sarrera (elikagaiak), ingestio-tasaren eta zurgapen-etekinaren menpekota da; bi parametro horiek, bestalde, elkarrekiko menpekotasuna agertzen dute. Ingeritutako materia zurgatzen deneko etekina ingestio-tasen eta ingerituriko materiaren kalitatearen arabera dela egiaztaturik dago (Bricelj & Malouf, 1984; Bayne *et al.*, 1987; 1993; Cranford & Grant, 1990; Navarro *et al.*, 1991; Gouletquer *et al.*, 1989; Iglesias *et al.*, 1992; Cranford, 1995), eta beraz, zeharkako menpekotasuna du hautespen-prozesuen etekinarekin. Ingestio-tasaren eraenketak dakartzan abantailak Navarro *et al.*-ek (1994) azaldu zituzten, parametro honek zurgapen-etekinean duen eraginean oinarrituz. Ikerlan hau guztia osatu duten esperimentuetan ez da ingestio-tasaren eta zurgapen-etekinaren arteko erlaziorik aurkitu, seguru asko, maila preingestiboan eragindako kontrolaren ondorioz, ingestio-tasa horretan oso aldagarritasun-maila baxua gertatu baita.

Ingerituriko materiaren kalitatearekiko menpekotasuna aldiz, nabaria izan zen Kapitulu honetako bi esperimientuetan. Lehenengoan, osagai organiko bakarra *Tetraselmis suecica* zelulena zen, eta ingerituriko materiaren edukin organikoa emendatzean, zurgapen-etekina funtzio hiperboliko baten arabera emendatzen zela behatu zen. Mota honetako funtzioak hurrengo onarpenetatik eratorritako aurreikuspenei doituta daude: ingestio-tasa estuki eraenduta dagoenean, janariak liseri-hodian iraganiko denbora konstante mantenduko da gutxi gora-behera, eta beraz, ingeritutako materiaren edukin organikoarekiko beregain mantentzen da zurgapen-etekin gordina. Hortaz, janariaren edukin organikoa jaistean azaltzen den zurgapen-etekin garbian behatutako beherapena, gorotzetako galera endogenoei dagokie; hauek gorotzetan duten proportzioa hazkorra da janariaren edukin organikoa jaistean. Azken fenomeno hau azaltzeko, beharrezkoa da gorotzetako galera endogenoek ingestio-tasaren portzentaia konstantea osatzea. Onarpen hauek kontutan hartuz, zurgapen-etekin garbia, ingerituriko materiaren edukin organikoaren alderantzizkoaren funtzio lineala izango da, edo gauza bera dena, edukin organikoaren funtzio hiperbolikoa. Izan ere,

$$A_{En} = A_{Eb} - MFL/OIr \text{ izanik}$$

$$MFL = aIr \text{ denez}$$

$$\text{orduan } A_{En} = A_{Eb} - a/i, \text{ non } i = OIr/Ir \text{ den.}$$

2. Esperimientuan lortutako erlazioak ezin eskaini dezake azalpen zuzenerako aukerarik, zeren eta kasu honetako materia organikoaren mota bien agerpenak bi osagaien zurgapen diferentzialari buruzko ohar erlatiboak sartzea eskatzen baitu. Sedimentu naturalez osaturiko janeurrietan gertatzen den materia detritikoaren zurgapen-etekina, antzeko edukin organikoetarako, *Tetraselmis* zelulez osaturiko fitoplanktonarena baino baxuagoa dela eta, materia detritikoak liserigarritasun-maila baxuagoa duela ondorioztatu dugu. Emaita honek ez gaitu harritu behar, materia detritikoak errefraktarioa den zati bat ohi duelako. Ondorioz, janeurri mistoetan ingeritutako materiaren liserigarritasuna bi osagaien proportzioaren arabera da eta zurgapen-etekin garbia, beraz, faktore horren eta gorotzetako galera metabolikoen arabera; 5.15. Irudian ikus daitekeenez, emaitza esperimentalek hipotesi horren alde egin dute.

Edozein kasutan aipatzekoa da sedimentuko materia detritikoa nahiko etekin altuz zurgatzen dela; horrela da behintzat, maila preingestiboan gertatzen diren prozesuek ingeritzen den materiaren aberaste-maila, gorotzetako galera endogenoak zurgapen-tasa gordina baino altuagoa izan ez dadin bermatzeko beste den artean. Mota honetako materiak animalientzat energia-iturri garrantzitsua osa dezakeela adierazi digu emaitza honek, baldintza naturaletan materia organiko detritikoaren gertutasuna jatorri fitoplanktonikoarena baino altuagoa izatea probabilitate altuko gertakaria baita.

Hona helduta, egoki deritzogu osagaien hautespen-etekinen eta dagozkien zurgapen-etekinen arteko erlazioari eustea. Osagai bakoitzaren hautespen-etekinak menpekotasun estua du bere liserigarritasun-mailarekin, janeurriaren beste osagaiekin erkatzean. Horrela,

osagai detritikoa, zeina, janeurriaren osagai organiko bakarra denean etekin altuz (baina fitoplanktonarena baino baxuagoz) hautesten den, askoz etekin baxuagoz hautesten da janeurria mistoa denean eta beraz materia algala ere badagoenean. Horren esanahia hurrengoa da: lehentasunezko ingestioa fitoplanktonerantz lerratzen da, osagai hau etekin altuagoz zurgatzen baita. Beraz, animaliek estrategia optimizatzailean jotzen bide dute, aukerari ahalik eta abantaila handien ateratzen baitzaio: materia organikoaren bi moten aurrean, liseri-etekin altuena emango duen osagaia hautesten da lehentasunez, bestea etekin baxuz hautetuz. Bigarren osagai organiko hori janeurriko bakarra bada, bere hautespenerako prozesuek etekin altuagoz dihardute.

Azkenik, zurgapen-mailan egindako erkaketak, fitoplanktonez osatutako janeurrien artean bakarrik edo fitoplanktonez gain partikula ez-organikoak dituzten janeurrien artean, mota honetako partikula mineralen nolabaiteko agerpena abantailatsua gerta daitekeela ondoriozta daiteke, alga-zelulen liseriketa eta zurgapena errazten baita. Kjørboe *et al.*-ek (1980) ere sedimentu-partikulek materia algalaren zurgapenaren emendioa eragiten zutela behatu zuten; sedimentuak urdailean errotarri modura joka lezakeela proposatu zuten, ingeritutako karbonoaren zurgapena faboratua gertatzen baitzen. Aukera hori Murken-ek (1976) eztabaidatu zuen aldez aurretik.

5.4.6. Hautespen preingestiboaren ondorioak eta balorazio-orokorra

Zurgapen-etekinaren eta ingerituriko materiaren edukin organikoaren arteko erlazio hiperbolikoak, agerian utzi du ingeritzen den materiaren edukin organikoa emendatzeko aukera izatearen garrantzia; hori hala da batez ere janeurriaren edukin organikoa baxua denean, zeren tarte horretan edukin organikoaren aldaketa txikiek sekulako eragina izan baitezakete liseri-hodian materia organikoa zurgatzen deneko gaitasunean. Horrela, balio baxuen tartean edukin organikoaren aldaketa txikienak ere zurgapen-tasaren balioa zeharo aldatzea eragin dezake, eta positiboa ala negatiboa izango den ere finkatzen du. Laburtuz, hautespen-prozesu preingestiboetatik eratorritako abantailak areagotu egiten dira maila digestiboan: zurgapen-tasa, materia organikoaren ingestio-tasaren emendio ezagun bati legokiokeenean baino proportzio altuagoan emenda daiteke, BRab eta BRo indizeek adierazi dutenaren arabera.

Janariaren kontzentrazioa eta konposaketaren aldaketen aurrean *Cerastoderma edule* margolak duen elikadura-jokaera, liseri-hodiaren mailan gertatzen direnekin batera aztertu ondoren, animalia hauek aldagarriak diren elikadura-baldintzei aurre egiteko moldapen-gaitasun altua dutela ondoriozta daiteke. Gaitasuna, zurgapen-tasa ia konstante mantentzeko zor zaio: % 15etik % 90erako edukin organikoen tartean, eta positibo mantentzeko materia organikoa materia partikulatu osoaren % 5a baino baxuagoa izan arte. Materia finez osaturiko hondo bigunak betetzen dituen espezie infaunala dela kontutan izanik, egoera aldagarrien aurrean gaitasun hori erakustek garrantzi berezia du, zeren eta oso murriztaileak diren elikadura-baldintzetan ere energia-fluxu positiboak hazkunderantz edo ugalketarantz bideratzea ahalbidetzen baitu. Bibalbioen liseri-hodiak agertzen dituen muga

morfofuntzionalak kontutan izanik, moldapen-gaitasun hori, epe laburrean behintzat, erantzun preingestiboen malgutasunean oinarriturik dago. Izan ere, horrelako erantzunek ematen dute aukera gero ingerituriko materiak duen energia maximoa erabiltzeko.

6

Mikroalgen eta detritusen prozesatze diferentziala Cerastoderma edule bibalbioan

6.1. Sarrera

Aurreko kapituluetan aurkezturiko emaitzetan ikusi dugunez, bibalbioek iragazten duten ur-zutabeko materia organikoak, tratamendu diferentziala jasan dezake bere izaeraren arabera. Horrela, sedimentu naturaleko materia detritikoa materia ez-organikoarekin erkatuz lehentasunez ingeritzen bada ere, mota honetako materiaren hautespen-etekina fitoplanktonarena baino baxuagoa bide da.

Aurreko kapituluan detritus izaerakotzat hartu den sedimentu naturaleko materia organikoa, jatorri desberdinetako materia organikoz osatua dago seguru asko. Osagai horiek modu desberdinean prozesatzen badira, heterogeneitate-maila horrek lorturiko emaitzen ulermena zailtzea gerta daiteke. Hori guztia kontutan hartuz, jatorri ezaguneko eta konposaketa homogeeneko detritusak erabiliz elikadura-erantzuna aztertzea komeni litekeela pentsatu genuen eta *Spartina alterniflora* landare baskularra aukeratu genuen, animaliak bildu zireneko tokian oso ugari baitzen.

Materia detritikoak maila preingestiboan jasaten duen tratamendua aztertzeko, zenbait partikula-mota desberdinekin batera eman zitzaient animaliei; partikula ez-organikoak, mikroalgen zelulak eta *Spartina* eratorritako partikulak. Horrela, materia detritikoaren hautespen-maila materia ez-organikoarenarekin eta materia algalarenarekin erka daiteke; modu berean, osagai bakoitzak jasotako tratamendua, beste osagai batzuen agerpenaren arabera ote den finka daiteke.

6.2. Materiala eta metodoak

6.2.1. Animalien bilketa eta laborategi-baldintzen peko mantenimendua

Ikerketa honetan erabili diren animaliak Urdaibaiko itsasadarreko paduran bildu ziren 1993ko apirilean. Animaliak maskorraren altueraren arabera aukeratu ziren (25 ± 2 mm), aleen arteko tamaina-desberdintasunak ahalik eta gehien murrizteko asmoz. Ondoren, animaliak laborategira eraman ziren; han, ‰ 33ko gazitasuneko ur-bainuetan jarri ziren, banakako ontzietan, eta tenperatura sasoiari zegokion balioan, hau da, 15 °C-tan mantenduz.

Janeurriak, animaliak zeudeneko tanke esperimentaletara ponpa peristaltikoaren bidez dosifikatzen ziren, konposaketa egoki batean; stock kontzentratu modura prestaturiko esekiduratik ponpatzen zen, esekiduraren bolumen enpaketatu modura neurturiko partikula-kontzentrazioa $6.5 \text{ mm}^3 \text{ l}^{-1}$ -tan mantentzeko beste dosifikatuz. Baldintza bakoitzean ezarri ziren animaliak (10 - 15 tarteko ale-kopuruan), neurketak egiten hasi aurretik gutxienez 18 orduz mantendu ziren zegokien janeurria emanez; egokitze-aldi honek bi helburu zituen: neurketak egonkorrak zireneko baldintzetan burutzea, eta bildutako biodepositoak (gorotzak, batez ere) aztertu nahi zen materialari zegozkiola ziurtatzea.

6.2.2. Janeurriak

Janeurrien prestaketan hiru partikula-mota erabili ziren: sedimentu kaltzinatuko partikula ez-organikoak, *Tetraselmis suecica* mikroalga-zelulak eta *Spartina alterniflora* landare baskularretik eratorritako detritusak. Sedimentu kaltzinatua eta algak 5. Kapituluako Material eta Metodoak atalaren 5.2.2. azpiatalean adierazitako moduan prestatu ziren. *Spartinatik* eratorritako detritusak hurrengo prozeduraren arabera prestatu ziren: landarearen ale osoak hartu ziren animaliak bildu zireneko toki berean, eta garbitu eta lehortu ziren 120 °C-tan eta 8 egunetan zehar; behin ur guztia kendu zitzaielarik, zati txikietan moztu eta gero, birrindu egin ziren ehogailu batez. Horrela tratatutako materia, 45 µm-ko saretik zehar igaroarazi zen; janeurrien prestaketan tamaina horretara heltzen ez zirenak bakarrik erabili genituen.

Hemendik aurrera A, B eta C modura aipatutako ditugun hiru janeurri erabili ziren esperimentu honetan. A janeurria, sedimentu kaltzinatuz eta *Spartinaren* detritusez osatua zegoelarik, detritusak materia ez-organikoa baino etekin altuagoz hautesten ote diren finkatzeko erabili zen. B janeurria, osagai bi horiei osagai mikroalgala gehitu zitzaielarik, A janeurriaren antzeko edukin organikoa izan zezan prestatu zen; horrela, janeurrian beste osagai organiko bat agertzeak materia detritikoak maila preingestiboan jasandako tratamenduan eraginik ote duen finkatzeko aukera dago, eta bi osagaien erabilpenak erka daitezke gainera. C janeurriak, bi osagai organikoez osatu zelarik, margolek jatorri desberdinetako materia organikoak bereizteko gaitasunik ote duten finkatzeko aukera eskaini zigun.

6.2.3. Neurketak

6.2.3.1. Janeurrien ezaugarriak

Emandako janariaren konposaketa eta kontzentrazioa neurtzeko, animaliak zeudeneko tankeetatik ur-laginak hartzen ziren 2 orduko maiztasunaz gutxi gora-behera. Ur-lagin bakoitzetik hiru alikuota hartu ziren; lehena Lorenzen-en (1967) metodoaren bidezko klorofila-kontzentrazioaren neurketarako erabili zen; bigarrena, analisi grabimetrikorako: TPM materia partikulatu osoaren eta POM materia partikulatu organikoaren kontzentrazioa eta f edukin organikoa neurtzeko; hirugarrena, materia partikulatuaren konposaketa elementalaren (C eta N edukinen) neurketarako erabili zen. Prozedura esperimentalei buruzko zehaztasunak Material eta Metodoak kapituluko 2.2.2. atalean aurkeztu dira.

6.2.3.2. Janariaren prozesatze-tasen neurketa

Animalia bakoitzak ekoiztiko gorotz eta sasigorotz guztiak, banandurik bildu ziren. Ez genuen biodepositoen bilketarako eredu zehatzik finkatzerik izan, zeren eta biodepositoen ekoizpen-tasa janariaren araberakoa zenez, kantitate nahikoa lortzeko beharrezkoa zen denbora ere janariaren araberakoa baitzen. Animalia bakoitzaren kasuan egin ziren biodeposito-bilketak, erreplikatzat hartu ziren, ez lagintzat; biodeposizioari buruzko datuetarako erabilitako tratamendu estatistiko guztiak, beraz, animalia bakoitzaren batezbesteko balioak erabiliaz gauzatu dira.

Biodeposito-mota bakoitzaren pisu osoa eta organikoa neurtzeko, lehenago ur-laginetarako azaldu den prozedura bera erabili zen; modu horretan, materia osoa eta organikoaren egestio- eta aldaratze-tasak kalkulatu ziren, eta horietan oinarrituz, gainerako janariaren prozesatze-tasa guztiak (ikus 2.3.2. atala). Ekoiztiko sasigorotzen kantitateak ahalbidetzen zuenean, sasigorotzen klorofila-edukina neurtu eta hortaz, osagai fitoplanktonikoaren aldaratze-tasa ere kalkulatu zen. Kasu horietan, gainera, alga-partikulak hautesten zireneko etekina (SECl) ere kalkulatu zen, aurrerago azalduko den eran. Sasigorotzen laginetan materia-kantitate altuak zeudenean, hirugarren neurketa bat ere burutu zen: karbono eta nitrogenoaren edukinarena, hau da konposaketa elementalarena.

6.3. Emaizak

6.3.1. Janeurri esperimentalak

Erabilitako hiru janeurrien ezaugarriak **6.1.Taulan** adierazi dira. Hiru janeurrietarako komuna den osagaia *Spartina alterniflora*ren detritusez osatutakoa da. A janeurriak detritus hauen eta sedimentu kaltzinatuaren partikulez osatua dago. B janeurriak, A-k dituenak gehi

materia fitoplanktonikoaren proportzio bat du. C janeurriak, azkenik, partikula detritikoak gehi alga-zelulak ditu, eta beraz, materia ez-organikoa partikula organikoei lotutakoa da. Osagai algalak eta detritikoak, bakoitza bere aldetik analizatu zirenean, % 90eko eta % 55eko edukin organikoak erakutsi zituzten hurrenez hurren. Fitoplanktonaren edukin organikoa osagi honetarako ohikotzat hartzen den tartearen barruan zegoen. Materia detritikoarena ordea, baxuegia zenez, osagai hau garbiketa-prozesuak kendu ezin izan zuen materia ez-organikoz kutsatua zegoela ondorioztatu genuen. Janeurrien prestaketan erabilitako hiru partikula-motek oso dentsitate desberdinak zituzten, eta estandarizatu zen parametroa esekiduraren bolumen enpaketatua izan zenez, pisu-unitateetan neurtuko (TPM) partikula-kontzentrazioak, konposaketaren arabera aldagarritasun nabaria erakutsi du.

6.1. Taula . Janeurri esperimentalen ezaugarriak. TPM (mg l⁻¹): esekidurako materia partikulatuaren kontzentrazioa. POM (mg l⁻¹): esekidurako materia organiko partikulatuaren kontzentrazioa. f (POM/TPM): esekiduraren edukin organikoa; VOL (mm³ l⁻¹): esekidurako partikulen bolumen enpaketatua; C/N: karbono/nitrogeno indizea, pisu-unitateetan; TPM *Tetraselmis* (mg l⁻¹): *Tetraselmis suecica* algari dagokion materia partikulatuaren kontzentrazioa. TPM *Spartina* (mg l⁻¹): *Spartina alterniflora* landaretik eratorritako materiari dagokion partikula-kontzentrazioa. TPM Sedimentu kaltzinatua (mg l⁻¹): sedimentu kaltzinatuari dagokion materia ez-organikoaren kontzentrazioa. Aurkeztutako balioak, baldintza bakoitzerako (A, B, C eta D janeurrietarako) analizatutako lagin guztien batezbesteko balioak ± D.E. dira; analizatutako lagin-kopurua, janeurri bakoitzaren izenarekin batera adierazi da, parentesi artean.

	Janeurria		
	A (n = 6)	B (n = 11)	C (n = 9)
TPM (mg l ⁻¹)	9.3017 ± 0.4387	7.5312 ± 1.0489	5.5168 ± 0.5548
POM (mg l ⁻¹)	4.3116 ± 0.1823	3.4961 ± 0.4346	3.9654 ± 0.3904
f (POM/TPM)	0.4641 ± 0.0239	0.4668 ± 0.0442	0.7191 ± 0.0163
VOL (mm ³ l ⁻¹)	6.8303 ± 0.4185	7.1449 ± 0.9310	6.9889 ± 0.5768
C/N	16.8404 ± 0.2601	8.0044 ± 0.2884	7.1221 ± 0.3191
TPM <i>Tetraselmis</i> (mg l ⁻¹)	-----	2.1896 ± 0.269	2.6287 ± 0.2853
TPM <i>Spartina</i> (mg l ⁻¹)	7.8393 ± 0.3315	2.7736 ± 0.4513	2.8881 ± 0.4303
TPM Sedimentu kaltzinatua (mg l ⁻¹)	1.4624 ± 0.4697	2.5680 ± 0.7877	-----

A eta B janeurriek antzeko edukin organikoak dituzte (f = 0.46). Bigarrenaren kasuan, osagai fitoplanktonikoa ere badagoelarik, materia inorganikoaren proportzioa altuagoa da, osagai algalak eragindako edukin organikoaren emendioa konpentsatzeko. Hirugarren janeuriaren kasuan (C-n), osagai organiko biak B janeuriaren antzeko proportzioetan nahastu ziren eta, erraz uler daitekeenez, edukin organikoa altuagoa da (f = 0.72).

Tanke esperimentaletatik hartutako ur-laginen analisi elementaletatik hurrengo ondorioak atera genituen: a) C/N indizearen arabera, C/N = 16.8, materia detritikoak

nitrogeno urria dauka. Karbono-edukina ez da bereziki altua eta beraz, indize horren balio altuak *Spartina alterniflorak* nitrogeno-edukin baxua duela esan nahi du. b) Fitoplanktonak materia organiko osoaren proportzio garrantzitsua osatzen dueneko janeurriek (% 55 - 60), askoz C/N indize baxuagoak agertu dituzte, algen ohiko nitrogeno-edukin altuak konpentsatzen baitu osagai detritikoaren urritasuna. Horrela, B eta C janeurrien kasurako, C/N indizeak A-renaren erdira jaitsi dira. C/N indizea zertxobait baxuagoa da C janeurrian, bertan fitoplanktonaren proportzioa ere pixka bat altuagoa baita B-rekin erkatuz.

6.3.2. Janariaren prozesatze-tasak

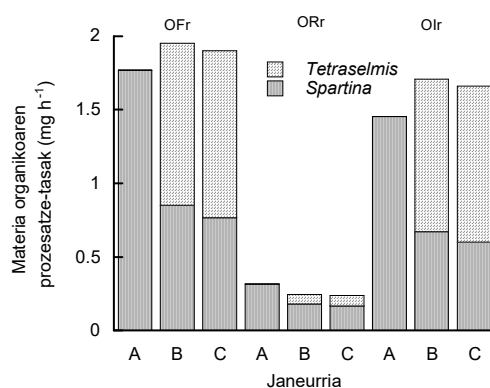
6.3.2.1. Iragazte- eta sasigorotzen-ekoizpen-tasak.

Janeurri bakoitzerako neurturiko iragazte-, aldaratze-, ingestio- eta egestio-tasak **6.2. Taulan** laburbildu dira. Lehenengo bi janeurriei dagozkien TPMaren balioak oso desberdinak badira ere, iragazte-tasak oso antzekoak dira, eta C janeurriari dagokiona baino askoz altuagoak. Hiru baldintzen arteko esekidurako materia partikulatuaren kontzentrazioaren arteko desberdintasunak ikusmiran izanik (ikus 6.1. Taula), iragazte-tasen arteko antzekotasunek aklaramendu-tasen arteko desberdintasunak daudela iradoki digute. Aklaramendu-tasa altuena B janeurriaren kasuan suertatu zen (0.558 l h^{-1}), ondoren C-rena ($\text{Cr} = 0.48 \text{ l h}^{-1}$) eta azkenik A-rena (0.41 l h^{-1}) gelditu zen. Behatutako erantzunaren arabera, materia organikoaren gertutasunaren jaitsieraren aurrean emandako erantzun konpentsatorioa dagoela dirudi, azkenean hiru baldintzetarako materia organikoaren iragazte-tasa antzekoak suertatu baitira

6.2 Taula : Materia organikoaren, materia ez-organikoaren eta materia osoaren prozesatze-tasak (mg h^{-1}). 6.1 Taulan aurkeztutako baldintza bakoitzari dagozkion osagai organiko, ez-organikoaren eta osaren iragazte-tasak (Fr: mg h^{-1}), aldaratze-tasak (Rr: mg h^{-1}) eta ingestio-tasak (Ir: mg h^{-1}) eta osagai organikoaren zurgapen-tasak (Ar: mg h^{-1}) adierazi dira. Datuak, batezbesteko balioak ($\pm \%95$ k.-t.) dira. Lagin-kopurua, janeurri bakoitzaren izenaren alboan dago, parentesi artean

	Janeurria		
	A (n = 12)	B (n = 12)	C (n = 15)
FR	3.8181 ± 0.5851	4.2033 ± 0.5435	2.6460 ± 0.3800
OFR	1.772 ± 0.2715	1.9512 ± 0.2523	1.9028 ± 0.2732
IFR	2.0461 ± 0.3135	2.2521 ± 0.2912	0.7432 ± 0.1067
RR	1.4181 ± 0.4104	1.3357 ± 0.2747	0.4335 ± 0.1893
ORR	0.4174 ± 0.1278	0.2363 ± 0.1037	0.2556 ± 0.1092
IRR	1.0007 ± 0.2845	1.0994 ± 0.2030	0.2079 ± 0.0815
IR	2.4000 ± 0.4482	2.8676 ± 0.2920	2.2125 ± 0.2420
OIR	1.3546 ± 0.2229	1.7149 ± 0.2060	1.6772 ± 0.1958
IIR	1.0454 ± 0.2446	1.1527 ± 0.996	0.5353 ± 0.0521
HR	1.7576 ± 0.3626	1.8476 ± 0.1741	1.2474 ± 0.1109
IIR	1.0454 ± 0.2446	1.1527 ± 0.0996	0.5353 ± 0.0521
OHR	0.7122 ± 0.1400	0.6950 ± 0.1026	0.7121 ± 0.0633
OAR	0.6424 ± 0.0996	1.0200 ± 0.1378	0.9652 ± 0.1624

Aldaratze-tasak iragazte-tasaren antzeko eredua agertu du, altuak eta elkarrekiko antzekoak diren balioetan mantendu baita eduki organiko ertainetako baldintzetan (A eta B), eta murriztua C janeurriaren kasuan. Iragazte- eta aldaratze-tasen jokaeraren ondorioz, janeurri desberdinen ingestio-tasetan behatutako desberdintasunak, iragazte-tasetan neurturikoak baino askoz baxuagoak dira, hau da, ingestioa partzialki eraenduta dago. Materia organikoaren ingestio-tasak kontutan hartzean, desberdintasunak minimizatu egiten dira (**6.1. Irudia**); B eta C baldintzetakoak oso antzekoak dira, eta A janeurriko baino pixka bat altuagoak. Irudian ikus daitekeen beste fenomeno bat, B eta C janeurrietako materia organikoaren bi osagaiek jasaten duten tratamendu diferentzialarena da: materia fitoplanktonikoa / materia organiko osoa erlazioa janarian baino nabariki baxuagoa da sasigorotzetan.

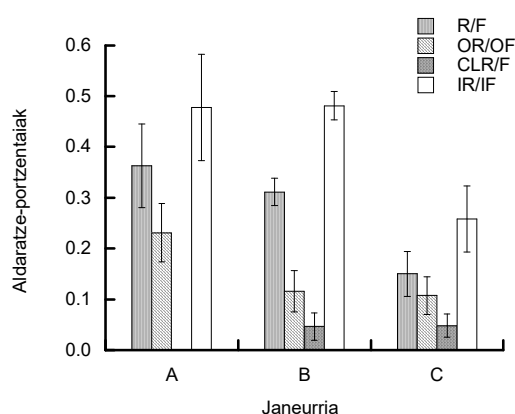


6.1. Irudia. Erabilitako hiru esekidurei dagozkien materia organiko partikulatuaren prozesatze-tasak. Bereizirik adierazi dira osagai detritikoa (*Spartina alterniflora* landaretik eratorritako partikulak) eta fitoplanktonikoa (*Tetraselmis suecica* algaren zelulak). Lehendabiziko hiru zutabeak, osagai horien iragazte-tasen (OFr) adierazle dira; erdian dauden hirurak, materia organikoaren aldaratze-tasarenak ditugu (ORr) eta azken hirurak materia organikoaren ingestio-tasarenak (OIr).

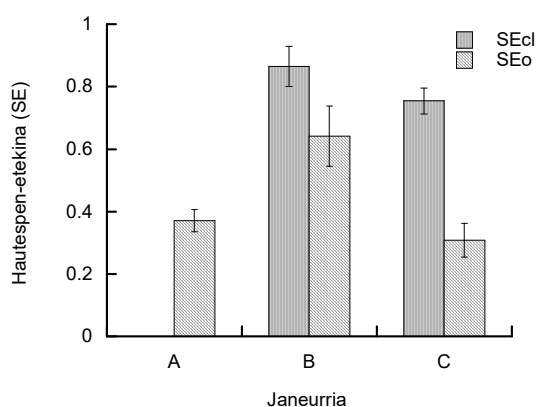
6.3.2.2. Hautespen preingestiboa

Baldintza bakoitzean neurtutako aldaratze/iragazte proportzioak, materia osorako, materia organikorako, klorofilarako eta materia ez-organikorako, **6.2. Irudian** bildu dira. Portzentaia horien erkaketan oinarrituta, hiru baldintzetan materia organikoaren lehentsunezko ingestioa gertatu dela ondoriozta daiteke: kasu guztietan baxuagoa da aldaratutako materia organikoaren proportzioa, osoarena baino. Materia fitoplanktonikoa agertzen denean, bestalde, aldaratutako klorofilaren proportzioa materia organikoarena baino nabariki baxuagoa da; hortaz, janeurri hauek osatzen dituzten materia organikoaren osagaien artean, fitoplanktonikoa ingeritzen da lehentasunez.

Materia organiko osoaren (SEo) eta klorofilaren (SEcl) hautespen-etekinak **6.3. Irudian** ikus daitezke, hiru baldintzetarako. Klorofilarako behatutako balioak aurreko kapituluetan antzeko edukin organikoetarako behatutakoen antzekoak dira. Materia organiko osoarenak berriz, aldeztu aurretik ikusitakoak baino nabariki baxuagoak dira. Esekiduraren edukin organiko berdinerako, gainera, B janeurriaren kasuan A janeurriarenean baino hautespen-etekin altuagoak behatu dira. Bien arteko desberdintasunak, maila preingestiboan materia detritikoak jasaten duen hautespen-etekin baxuagoan dautzala dirudi hortaz.



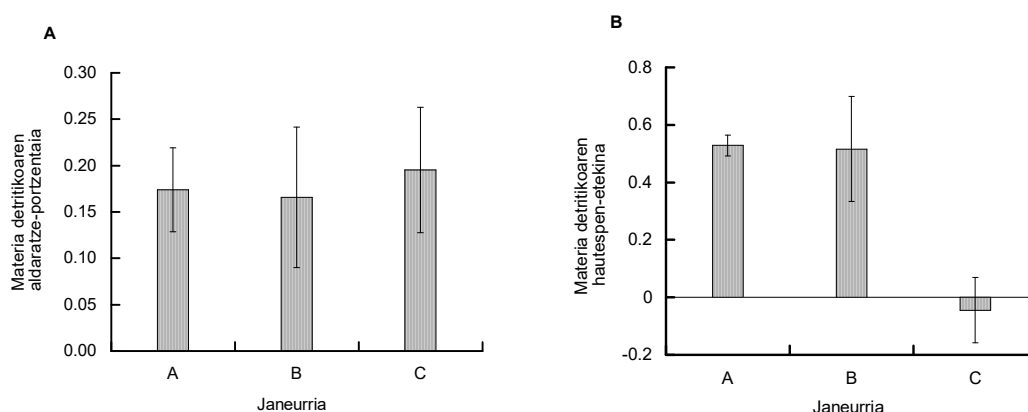
6.2. Irudia. Baldintza bakoitzerako (A, B eta C) neurtutako aldaratze-portzentaiak: materia partikulatu osoari (R/F), materia partikulatu organikoari (OR/OF), klorofilari (clr/clF) eta materia ez-organikoari (IR/IF) dagozkionak bildu dira. Adierazi diren balioak, batezbesteko balioak ($\pm$ % 95 K.T) dira.



6.3. Irudia. Materia organiko osoaren (SEo) eta klorofilaren (SEcl) hautespen-etekinak, erabilitako hiru baldintza desberdinetarako; adierazi diren balioak, batezbesteko balioak ($\pm$ % 95 K.T) dira.

Baldintza desberdinetan osagai detritikoa hautesten deneko etekin gordin benetakoa estimatu ahal izateko, sasigorotzetako mukiak eragin ditzakeen oztopoak minimizatzeari ekin genion. 5 Kapituluari aurkeztutako 5.1. Ekuazioa erabiliz, margolen ale bakoitzaren aldaratze-tasei zegozkien muki-ekoizpenak kalkulatu eta aldaratutako materia organikotik kendu ziren. Horrela, sasigorotzetan aldaratutako materia exogenoaren kantitatea estimatu zen. Behin parametro hau finkatuta, klorofila markatzaile modura erabiliz, sasigorotzetako materia algalaren proportzioa kalkulatu zen, eta azkenik, kenketaz, detritikoa. Era honetan

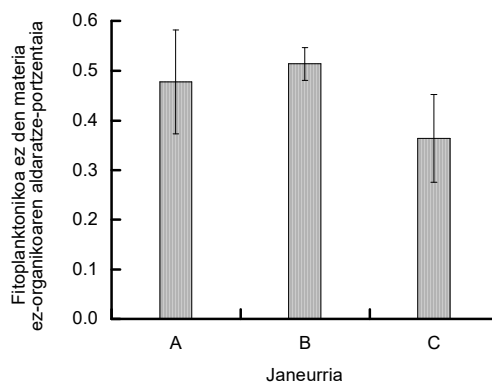
kalkulatoriko aldaratze-portzentaiak **6.4.A Irudian** irudikatu dira. Portzentaia horietatik eratorritako hautespen-etekinak, bestalde, **6.4.B Irudian** ikus daitezke; materia detritikoaren hautespen-etekin maximoa esekidurako materia osoaren portzentaia garrantzitsu bat materia ez-organikoz osatuta dagoenean lortzen da. Beraz, materia detritikoa osagai ez-organikoarekin batera doanean mekanismo preingestiboez modu efizientean dihardute, materia ingerituan osagai horrek duen kontzentrazioa emendatzeko. Janeurrian beste osagai organiko batzuk daudenean ordea, horiexek gerta daitezke lehentasunez ingerituak, kasu honetan, *Tetraselmis* zelulen kasuan gertatzen den bezala. Fenomeno hau, gainera, are nabariagoa da janeurriaren edukin organikoa altuagoa denean.



6.4. Irudia. *A) Janeurri esperimental bakoitzean Spartina alterniflora landaretik eratorritako materia detritikoa behatu den aldaratze-portzentaia. B) 6.4.A Irudian aurkeztutako aldaratze-portzentaiaetan oinarriturik kalkulaturako Spartinaren detritusen hautespen-etekinak.*

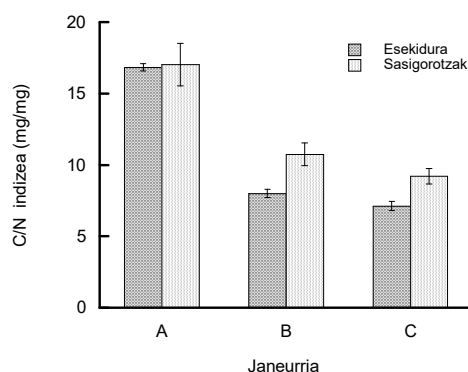
Hautespen-etekinek, indize modura kalkulatzen direnez, beren definizioak eragindako zenbait muga izan ditzakete. Izan ere, desabantaila horiek animalien elikadura-jokaerari buruzko informazio nahasia eman dezakete, batez ere janeurri batean bi osagai baino gehiago kontutan hartzen direnean. Arazo hori ekiditeko hobe da aldaratze-portzentaia (edo ingestio-portzentaia) zuzenean jotzea; aldaratutako portzentaiak kontutan hartzen baditugu, beharriko joera ez dago ados hautespen-etekin indizeek adierazten dutenarekin: klorofilaren aldaratze-portzentaiak, materia fitoplanktonikoak jasandako hautespen-tratamenduaren adierazle direlarik, osagai honen aldaratze-portzentaia oso baxua dela (% 4 - 5) eta hiru baldintzetan oso antzekoa dela ondorioztatu daiteke. Materia detritikoaren aldaratze-portzentaiak, bestalde, osagai hau fitoplanktona baino proportzio altuagoan aldaratzen dela adierazi digu, % 18.5 gutxi gora-behera. Deigarria da, beraz, materia detritikoaren aldaratze-portzentaia hori ia guztiz beregaina izanik, osagai horren hautespen-etekina baldintzen arabera horren desberdina izatea; hortaz, hautespen-etekin indizeen arteko desberdintasunak, ez dagozkio baldintza desberdinetan materia detritikoa jasandako tratamendu diferentzialari, janeurrien konposaketaren desberdintasunei eta osagai bakoitzak maila preingestiboan jasandako tratamenduari baizik.

Bestalde, materia ez-organikoa, beste edozein osagai organiko baino proportzio altuagoetan aldaratzen da. Aldaratutako materia inorganikoaren kalkulua egiterakoan, kontutan hartu behar da materia ez-organikoaren zati bat osagai fitoplanktonikoari eta detritikoari dagokiola; izan ere, materia ez-organikoaren parte txikia bat da. Zati hori, izatez, kendu egin beharko litzateke kalkulutik, ez baita bere alde organikoarekiko beregaina. Hori horrela da fitoplanktonaren kasuan, bere edukin ez-organikoa osagai zelularrek osatzen dutelako, eta horiek bereizi ahal izateko, zelulen apurketa gertatu beharko litzateke. Osagai detritikoaren kasuan ordea, C janeurirako lortutako emaitzek iradoki digutenaren arabera, sedimentu kaltzinaturik ez zegoelarik, berizketa posiblea dela dirudi: materia ez-organikoa, detritusen portzentaia nahiko altua delarik, lehentasunez aldaratzen da. Hortaz, iragazia gertatzen den materia ez-organikoaren aldaratze-portzentaia, osagai fitoplanktonikoari dagokiona kenduz kalkulatzeko iruditu zitzaigun irtenbide onena. **6.5. Irudian** ikus daitekeenez, portzentaia hori antzekoa da A eta B baldintzetan eta C janeurirako neurturikoa baino pixka bat altuagoa; beraz, sedimentu kaltzinatutik eratorritako materia inorganikoa, materia organikoa baino proportzio altuagoan aldaratzeaz gain, osagai detritikoaren alde ez-organikoaren aldaratze-portzentaia bera baino altuagoa bide da.



6.5. Irudia. *Fitoplanktonari lotuta ez dagoen materia ez-organikoaren aldaratze-portzentaia, erabilitako hiru baldintzen kasuan. Kalkulurako prozedura, testuan azaldu da.*

6.6. Irudian sasigorotzen eta janeurrien C/N indizeen batezbesteko balioak adierazi dira, hiru baldintzetarako. Erabili zen t testaren emaitzek (ikus **6.3. Taula**), janeurriak fitoplanktona dueneko kasu bietan sasigorotzek janariak baino C/N indize altuagoa dutela frogatu dute, eta beraz, baieztatu daiteke lehen iradoki dena: materia detritikoa algala baino proportzio altuagoetan aldaratzen da. A janeurriaren kasuan, sasigorotzen C/N indizeak ez du desberdintasun esangarririk erakutsi janariarenarekin erkatuz, kasu honetan ez baitago osagai organiko desberdinen arteko bereizketarako aukerarik. Izatez, sasigorotzek bi osagai organiko dituzte: materia detritikoa eta sasigorotzak enpaketatzeko ekoiztutako mukia. Mukiaren agerpenak C/N indizean aldaketa esangarririk eragin ez izanak bi irakurketa ditu: mukiaren eragina arbuigarria da maila horretan, edo bestela, bere C/N indizea ere altua da.



6.6. Irudia. Esekidurako laginetan eta animaliek ekoizitako sasigorotzen laginetan neurturiko C/N indizeen batezbesteko ($\pm$ D.E.) balioak.

6.3. Taula Elikadura-baldintza desberdinei dagozkien janariaren eta sasigorotzen C/N indizeetan oinarrituta gauzatutako Student t testaren emaitzak.

Janeurria	Materia partikulatua	Batezbesteko balioa	D.S.	a.-g.	t-ren balioa	p
A	Alimento	16.8404	0.2601	12	-0.3142	0.7588
	Pseudoheces	17.0353	1.4877			
B	Alimento	8.0044	0.2884	12	-8.5782	0.0001
	Pseudoheces	10.7406	0.7931			
C	Alimento	7.1221	0.3191	13	-7.9412	0.0001
	Pseudoheces	9.2068	0.5353			

6.3.2.3. Ingestio- eta zurgapen-tasak.

Lehenago aipatutako baldintzen arteko materia organikoaren ingestio-tasen desberdintasunak, handiagoak dira zurgapen-tasak kontutan hartzean (ikus 6.2. Taula). Emendio hori, jatorri detritikoko materia organikoaren kasuan (A janeurriaren kasuan osagai organiko bakarra da detritikoa), fitoplanktona duten janeurrietan (B-n eta C-n) baino zurgapen-etekin baxuagoa dagoelako gertatu da. Hiru baldintzetako zurgapen-etekinetan oinarrituta gauzatutako t testaren emaitzak **6.4. Taulan** daude. Testak, materia detritikoa osagai hori bakarrik dagoenean, fitoplanktonarekin batera doanean baino etekin baxuagoz zurgatzen dela baieztatu du. B ta C baldintzen arteko desberdintasun esangarrien ezak,

bestalde,ingeritutako materia organikoaren konposaketak zurgapen-etekinean eragin sakona duela adierazi du.

6.4 Taula. Baldintza bakoitzerako lortutako zurgapen-etekinetan oinarrituta gauzatutako Student-en t testaren emaitza.

Janeurria	Batezbesteko balioa	Desbiderazio estandarra	Errore estandarra	n
A	0.4800	0.0595	0.0172	12
B	0.5945	0.0476	0.0137	12
C	0.5667	0.069	0.0178	15

Erkaketa	t-ren balioa	p	a.-g.
A vs B	-5.2046	0.0001	22
A vs C	-3.4454	0.002	25
B vs C	1.1855	0.247	25

Zurgapen-tasaren mailan, lehenago aztertutako prozesuen emaitza, hauxe litzateke: animaliek irabazi energetiko hobe lortzen dute fitoplanktona eskuragarri dagoenean. Horrela, B eta C janeurrien kasuan, animaliek antzeko etekina (zurgapena) lortzen dute, bien arteko edukin organikoen desberdintasun nabaria bada ere. A janeurriaren kasuan, materia organikoaren gertutasuna altuagoa ba baina etekin energetikoa murriztua agertu da. Murrizpen hori eragin dutenak, materia organikoaren ingestio-tasa baxuagoak, eta batez ere beste bi baldintzekin erkatuz, mota honetako materiaren zurgapen-etekin baxuak dira.

Hala ere, A janeurriaren kasuan 200 mg-ko animalia batentzat kalkulaturako zurgapen-tasak, nahikoak lirateke balantze energetiko positiboa lortzeko, eta beraz, hazkundera eragiteko. Baldintza horien pean, hala ere, baliteke inguruneke nitrogeno-gertutasun baxuak hazkundera murriztea, landare baskularretatik eratorritako detritusek oso C/N indize altuak dituztelako.

6.4. Eztabaida

Esperimentu honen helburu nagusia, detritus izaerako materiak maila preingestiboan jasaten duen tratamendua ezagutzea izan da. Zurgapen-etekinaren neurketak ere egin genituenez, berriz, bibalbioek fitoplanktonikoa ez den materia organikoa erabiltzen duten erari buruzko ikuspuntu gehigarri bat ere izan dugu. Baldintza berezien pean eta urteko zenbait sasotan, energia ur-zutabeen esekiduran dauden partikuletatik lortzen duten animalien kasuan mota honetako materiak janari-iturri garrantzitsua osa dezakeela esan da zenbait kasutan (Haines & Montague, 1979; Hughes & Sherr, 1983; Peterson *et al.*, 1985, 1986). Horretan oinarrituz, bibalbio-espezie desberdinetan aztertu da zein puntutaraino izan

daitezkeen garrantzitsuak landare baskularretatik eratorritako detritusak animalia hauen janeurrian. Lorturiko emaitzak ia mota guztietakoak izan dira; horrela, *Spartina* landareetatik erautzitako materia lignozelulosikoak *Geukensia demissa* muskuiluaren karbono-eskaeraren % 15a bete dezakeela aurkitu da (Kreeger *et al.*, 1988); portzentaia hori % 20ra hel daiteke *Crassostrea virginica* ostraren kasuan (Newell & Langdon, 1986; Crosby *et al.*, 1989). Portzentaia hauen kalkulua, materia lignozelulosikoaren zurgapen-etekin gordina eta izaera detritikoko partikulen inguruneke gertutasunean oinarrituz burutu da. Emaitza horien baldintza naturaletarako estrapolazioak, baina, murrizpen nagusi bi ditu: a) ez da kontutan hartzen maila preingestiboan gerta litekeen materia honen prozesatze diferentziala, eta bestalde, b) landare baskularretatik eratorritako materia detritikoak, errefraktarioak ez diren osagaiak ere baditu, eta liseriketan jasaten duten prozesamendua, materia lignozelulosikoak duenaren oso desberdina izan daiteke.

Lan honetan egindako antolaketak, alderdi horiek aztertzeke aukera eman digu; izan ere, materia detritikoak tratamendu diferentziala jasan dezakeeneko bi mailak kontutan hartu ditugu alde batetik, eta bestetik, materia detritikoa bere osotasunean erabili dugu, alderik labilena baztertu gabe. Esan beharra dago, bestalde, ez dakigula ur-zutabeko zein proportzio egon daitekeen lan honetan erabilitako detritus-mota horietaz osatua; beraz, baliteke jatorri desberdinetako detritusek maila preingestiboan zein liseri-hodiaren mailan tratamendu diferentziala jasatea.

6.4.1 Janariaren prozesatze preingestiboa

Esperimentu honetan erabilitako hiru janeurrien aurreko erantzuna, aurreko kapituluetan lortutakoekin batera aztertuz, aklaramendu-tasak materia organikoaren gertutasunaren aldaketen arabera, zentzu konpentsatzailean erantzuten duela ikus daiteke; horrela, materia organikoaren iragazte-tasa minimo bat gertatuko dela ziurtatzen da. Lan honetan behatutako aklaramendu-tasaren balioak eta 5 kapituluaz azaldu diren sasoi eta tenperatura berean neurtutakoak, antzekoak dira, aurreko baldintzen kasuan materia organiko guztia *Tetraselmis* algaz soilik osatuta bazegoen ere. Datu hauek guztiak honako hau iradoki digute: animalia hauen ponpaketa-tasa nagusiki mugatzen dutenak, esekidurako materia organikoaren kantitatea eta, tenperaturaren eraginaren bitartez, urteko-sasoia direla. Ingestio-tasak, baldintzen artean nolabaiteko aldagarritasuna erakusten badu ere, iragazte-tasarekin erkatuz, partzialki eraendu dela esan daiteke. Eraenketa-maila, bestalde, janeurriaren konposaketaren menpekota da, iragazten den materia aldaratuaren proportzioa esekidura osatzen duten partikula-motaren eta horien proportzioaren arabera aldatzen baita. Aurreko kapituluetan behatutakoaren antzera, animaliek iragazte- eta aldaratze-tasa altuak mantentzen dituzte edukin organiko ertain edo baxuko janeurria ematen zaienean. Janeurriko materia organikoaren proportzioa altua denean, iragazte-tasa baxuak mantentzen dituzte, eta sasigorotzen ekoizpena marjinala gerta liteke.

6.4.2. Janeurriko osagaien tratamendu diferentziala

Gertaera ezaguna bazen ere, iragazitako materialak tratamendu diferentziala jasan dezakeela egiaztatu da lan honetan ere. Osagai fitoplanktonikoa proportzio baxuagoan aldaratzen da sistematikoki, eta partikula detritikoak, fitoplanktona baino portzentaia altuagoan baina materia ez-organikoa baino proportzioa murriztuz aldaratzen da bestalde. Maila preingestiboan gertatzen diren prozesatze-tasa diferentzial horiek, margolek, brankia edo/eta ezpain-palpoen mailan partikula-mota desberdinak bereizteko etekin altuko mekanismoak dituztela adierazi digute: hortaz, materia organikoa beti ingeritzen da lehentasunez materia ez-organikoarekin erkatuz. Materia organikoa bera ere, bestalde, bere izaeraren arabera etekin desberdinez hautua gerta daiteke. Liserigaitzagoa den eta animalia baten eskaera dietetikoak betetzeko egokia ez den C/N indizea duen materia detritikoa, lehentasunez aldaratzen da materia fitoplanktonikoarekin erkatuz; algak, elementu-konposaketa orekatuagoa dute eta errazago liseri daitezke. Lan honen emaitzek, hortaz, Newell & Jordan-ek (1983) behatu zuten joera baieztatu da: ikertzaile horiek, ostrek sasigorotzetan nitrogeno partikulatu urriko partikulak aldaratzen zituztela eta C/N indize baxuagoa zuen fitoplanktona lehentasunez ingeritzen zutela ikusi zuten. Era berean, Pastoureaud *et al.*-ek (1996) ere hurrengo behatu zuten, *C. gigas* ostraren kasuan: izaera detritikoaren seinale diren feopigmentuak dituen dela adierazten duen materia lehentasunez aldaratzen da eta fitoplanktona aldiz, lehentasunez ingeritzen dute bibalbio horiek.

Sasigorotzen konposaketa aldatzeko gaitasunak, bibalbioek partikula-mota desberdinak bereiz ditzaketela frogatu du. Bereizketa-ahalmen hori etekin altuenekoa izanik ere, baliteke sasigorotzen konposaketaren aldaketaren ondorioz lortutako etekin energetikoa urria izatea; hori ekiditeko, sasigorotz modura aldaratutako materia iragaziaren proportzioa nahiko altua behar da. Esperimentu honetan saiatu genituen baldintzetan, materia iragaziaren proportzio garrantzitsua aldaratzen denean (A eta Bren kasuan) lortzen da irabazi energetikoa aintzat hartzekoa izatea. A janeurriaren kasuan, materia ingerituaren edukin organikoa, iragazitakoa baino % 10.5ean altuagoa da. B janeurriaren kasuan, aldaratze-portzentaia oso antzekoa izanik, emendioa % 13.2koa da, hautespen-etekina altuagoa baita. C-ren kasuan aldiz, hobetzea % 3.7koa baino ez da; aberaste eskas horretan bi faktorek dute eragina: hautespen-etekin baxuak batetik, eta batez ere, materia aldaratuaren proportzio murrizak bestetik; berez, hautespen-etekina B baldintzaren antzeko balioetan mantendu izan balitz ere materia ingerituaren edukin organikoa ez zen esangarriki aldatuko, janeurri honetarako behatu diren aldaratze-tasak oso baxuak baitira.

Elementuen (C eta N-aren) konposaketari dagokionez, ingeritua gertatzen den materiaren konposaketa ez da era esangarriki aldentzen materia iragaziarenatik. Desberdintasun eza, aldaratze-portzentaia balio baxuetan datza, zeren eta, ikusi denez, sasigorotzen C/N indizeak sestonarekiko oso desberdinak izan baitaitezke. Osagaiak bereizteko ahalmena badago, beraz, baina gaitasun horren eta aldaratze-tasen arteko konbinaketak ez du C/N indizearen aldaeta esangarriki sortarazi.

6.4.3. Ingestio-tasak

Osagai organikoaren iturri bakarra materia detritikoa izan dugun kasuan, fitoplanktona dagoen kasuetan baino materia organikoaren ingestio-tasa baxuagoak behatu dira. Materia detritikoak eragindako ingestio-tasaren murrizpena aldeztu aurretik ere behatu da bibalbioetan, esekidurako janariaren konposaketa desberdinen aurreko erantzuna aztertu denean. *Placopecten magellanicus* beirak (Cranford & Grant, 1990), esaterako, *Laminaria longicrucis* delako landaretik eratorritako detritusak fitoplanktona baino askoz tasa baxuagoz ingeritu du. Ingestio-tasaren murrizpena, aklaramedu-tasaren jaitsierari dagokio batez ere, zeren eta janeurri honetan, antzeko edukin organikoa duen B janeurrian baino nabariki baxuagoa baita; neurri txikiago batean bada ere, materia organikoaren zati txiki bat sasigorotzetan aldaratzeak ere izan du eragina ingestio-tasa murriztean. Materia ez-organiko iragaziaren proportzio altua aldaratzen da ordea, eta horrela ingestio-tasa osoa mugatua gerta liteke eta ondorioz materia ingeritua hobetua. Ingeritzen den materia organikoa liserigaitza edo zurgagaitza izan daitekeenean, ingestio-tasa mugatzeak eragin onuragarria du: igarotze-denbora larregi jaitsi gabe mantentzeko eta beraz zurgapen-etekin garbia, baldintza bakoitzari dagokion balio maximotik hurbil, balio altuetan kokatuko da (ikus aurreragoko azalpena).

6.4.4. Zurgapena

Landare baskularretatik eratorritako detritusen prozesatzea, liseriketa-mailan aztertu duten ikertzaileek (Newell & Langdon, 1986; Kreeger *et al.*, 1988; Crosby *et al.*, 1989), oro har, lan honetan neurtu ditugunak baino baxuagoak diren zurgapen-etekinak aurkitu dituzte. Espeziearteko desberdintasunak baztertu gabe edo espezie bakoitza bizi deneko habitataren berezitasunek alde bakoitzeko baliabideak modu optimoan ustiatzeko sorteraiztako hornidura entzimatiakoaren moldapenek eragindako desberdintasunak ere ahaztu barik, baliteke aipaturiko datuen arteko aldea detritusen prestaketarako erabilitako prozeduran oinarritzea: kasu honetan, guk erabili genuen materia detritikoa bere horretan zegoen, baina aipaturiko ikertzaile horiek aldiz, osagai liserigarrienak deuseztatzen zituen tratamendua erabili zuten. Detritusen osagai liserigarrienak etekin altuz zurgatuko balira, materia organiko osoaren barruan zati txiki bat izanik ere, materia organiko osoaren zurgapen-etekina nabariki emendatzea eragingo luke. Guk behatutako zurgapen-etekinaren balioak, Stuart *et al.*-ek (1982) *Aulacomya ater* bibalbioan lortu zituztenen antzekoak dira, jaki modura animaliei makroalgen detritus zaharkituak eman zitzaizkienean; mota horretako detritusek, oro har, osagai errefraktarioen proportzio baxuagoa azaltzen dute.

Animaliak bildu genituen aldean *Spartina* landaretik eratorritako materia detritikoak izan dezakeen kontzentrazioari buruzko daturik ez dugu. Hala ere, osagai hori etekin altuz hauta eta zurga daitekeela frogatu dugularik, ohiko ingurunean margolen elikaduran eragin handia izan dezakeen osagaia dela atera dezakegu ondorio gisan; beharrezkoa izango da, kasu horretan, fitoplankton edo materia organikoaren beste iturri batzuekin konbinatuta agertzea, landare baskularretatik eratorritako detritusen nitrogeno-urritasuna

konpentsatzeko, hain zuzen ere. Materia organiko guztia detritikoa zuen A janeurriari atera zaion etekin energetikoa, zurgapen-tasa modura neurtu dena, hazkunde-tasa positiboak mantentzeko beste da, izatez; neurtutako zurgapen-tasak balantze energetiko positiboa eragiteko beste izateak hala ere, ez du halabeharrez esan nahi hazkundera gertatuko denik, zeren eta nitrogeno-gertutasun baxua bezalako beste elikagarri-urritasun batek, eragin baitezake hazkundera murriztea. Horixe izan zen, hain zuzen ere, detritusen liseriketa-gaitasun murriztarekin batera, itsasadarreko landare-detritusez soilik elikaturiko *Argopecten irradians* (Kirby-Smith, 1981) eta *Mytilus edulis* (Williams, 1981) bibalbioen hazkuntza eza azaltzeko ikertzaileek erabili zituzten arrazoiak.

Kapitulu honetan erdietsi diren emaitzak, aurreko kapituluetan hautespen-etekinen joera azaltzeko hipotesi gisan proposatu den fenomeno baten froga direla esan daiteke: materia organikoaren osagai desberdinek tratatmendu diferentziala pairatzea gerta daiteke. Hori materia organikoaren bi motatan bakarrik frogatu dugula egia bada ere, fitoplanktona eta *Spartina* landarearen detritusak materia organikoaren beste osagaietara zabal daitekeen prozesua dela pentsa dezakegu, lanean bertan elikadura-baldintzen aldaketan aurrean animaliek azaldu duten erantzun-motan malgutasun-maila altua behatu baita.

Azkenik, kapitulu honetan aurkeztutako hurbilketa-motak duen garrantzia azpimarra daiteke: ekosistemaren barruan bibalbioen funtzionamenduaren ereduak eraikitzerakoan, ezinbestekoa zaigu sestonaren osagai desberdinek duten garrantzi erlatiboa ezagutzea eta baloratzeko aukera izatea.

7

Sestonaren osagaien prozesatze-diferentziala *Mytilus edulis bibalbioan*

7.1 Sarrera

Aurreko kapituluetan lorturiko emaitzetan ikusi dugunez, sestoneko partikula-kontzentrazioa sasigorotzen ekoizpenerako atari-mailatik gorakoa denean, *Cerastoderma edule* espezieak partikula organiko eta ez-organikoak bereizteko gaitasun altua du, eta bai materia organiko biziaren eta detritikoaren arteko berizketarako ahalmen mugatua ere. Gaitasun hori beste zenbait bibalbio-espezietan ere aurkitu da (Kjørboe & Møhlenberg, 1981), horien artean *Mytilus edulis* dagoelarik (Kjørboe *et al.*, 1981; Bayne *et al.*, 1989; 1993; Hawkins *et al.*, 1996). Espezie horren inguruan makina bat ikerketa burutu badira ere, oraindik badago aztertu ez den fisiologiaren alderdi txiki bat: sasigorotzen ekoizpenak eragiten duen jatorri endogenoko mukizko materia organikoaren galera.

Foster-Smith-ek (1975b) prozesu preingestiboen ikerketari ekin zionean, *Mytilus edulis*, *Cerastoderma edule* eta *Venerupis pulestra* espezieen arteko erkaketaren bidez, muskuiluen eta margolen arteko desberdintasun sakonak zeudela ondorioztatu zuen eta zehatzago, ingestio-tasaren eraenketa-ereduetan desberdintasun interespezifiko sakonak beha zitezkeela azaldu zuen. Geroago egindako ikerlanetan, espezie horiek aurkeztutako erantzunen arteko desberdintasuna, zenbait faktorek eragin dezaketela aurkitu da; horien artean erantzun-denbora edo animaliek aldeztu aurretik jasandako elikadura-baldintzak, espeziearteko desberdintasunak baino garrantzitsuagoak izan daitezkeela frogatu da (Bayne, 1993; Navarro & Iglesias, 1993). Aldeztu aurretik janeurriaren kalitatearen aldaketen aurrean *Cerastoderma edule* espeziaren erantzun-mota ikertua genuenez, interesgarri iruditu zitzaigun antzeko baldintzetan *Mytilus*ek ematen duen erantzuna aztertzea, eta emaitzak erkatzea. *M. edulis*en kasuan, gainera, animalia hauek janari modura dituzten sestoneko partikulen konposaketa desberdinak dituzten eta kontzentrazioaren aldetik ere oso desberdinak diren bi mediotan bizi ziren bi populaziotako aleak erabiltzeko aukera izan

genuen eta beraz, inguruneko ohiko baldintzek elikadura-jokaeran desberdintasunak eragin ote ditzakeen aztertzeko beta izan genuen halaber (Kjørboe & Møhlenberg, 1981).

7.2. Materiala eta Metodoak

7.2.1. Animalien bilketa, laborategira eramatea eta bertako baldintzen peko mantenimendua

Sestonaren ezaugarriei dagokienez ingurune-baldintza desberdinak pairatzen dituzten muskuilu-populazio bi erabili ziren ikerketa honetan. Lehen, Plentziako errekaaren ahoan bizi da, hots, itsasadarreko ezaugarriak dituen aldean, non bigunak diren hondoko berreskidura-prozesuek sestonaren konposaketan eragin sakonak eragiten ohi dituzten. Bigarren aldiz, zentzu guztietan itsastarra den populazioa dugu: Meñakotz herriko hondartzatik hurbil, oso irekia den kostaldean eta arkaitzei itsatsia bizi dena; sestonaren ezaugarriak ere ozeanikoak bide dira alde horretan, substratua gogorra baita eta beraz ez baitago berreskidura-fenomenorik. Animaliak tamainaren arabera aukeratu ziren, aleen arteko aldagarritasuna ahalik eta gehien murrizteko; maskorraren altuera hartu zen erreferentzia modura. Bi aldiz joan ginen populazio bien animaliak hartzera; bilketa bien artean bi asteko aldea egon zen, epe hori behar baikenuen esperimendu-saio bakoitza burutzeko. Lehenengo saioak beraz, 1993ko ekainaren erdian bildutako animalietan egin ziren eta ondorengoak, uztailaren hasieran lortutakoetan.

Behin laborategira eramanda, muskuiluak lau taldetan banandu ziren, bakoitzean antzeko tamainako bederatzi ale ipiniz. Maskorretan itsatsia zuten epifauna kendu ondoren, %33ko gazitasuna eta 18°C-tako tenperatura zuen ur-bainuan sartu ziren animaliak, banakako ontzietan. Ondoren, janaria ematen hasi zitzairen, eta horrela mantendu ziren neurketak egiten hasi aurretik, gutxienez 15 ordutan zehar; horrela, neurketak egoera egonkorrean egingo zirela eta bildutako biodepositoak laborategian emandako janariari zegozkiola ziurtatu genuen.

7.2.2. Esperimentuen antolaketa

Bi esperimendu-saio prestatu ziren, eta bakoitzaren barruan lau janeurriren eragina aztertu zen. Bien arteko desberdintasun nagusia, janeurriak prestatzeko erabili ziren bi osagaietatik batean datza; lehenengoan janeurriak *Tetraselmis suecica* eta sedimentu kaltzinatua nahastuz osatu ziren eta bigarrenetan alga-espezie bereko zelulak sedimentu naturalarekin nahastu ziren janeurriak osatzeko. Konposaketa bakoitzetik prestatutako lau janeurriak, osagaiak proportzio desberdinetan nahastuz lortu ziren, edukin organikoaren hein zabal bat estaltzeko asmoz. Saio bakoitzean lau janeurriren eragina saiatu genuen; konposateka bakoitzeko bi erabiltzea erabaki genuen. Arrazoi praktikoetan oinarrituz, lehenengo hamabostaldian, konposaketa bakoitzeko edukin organiko baxuenak zituzten biak

saiatu genituen, horien artean lehenengoz sedimentu kaltzinatua zutenak eta gero sedimentu naturalez osatu zirenak. Konposaketa bietako edukin organiko altuenak zituzten bi janeurriak, bigarren hamabostaldian saiatu genituen.

Muntaia esperimentalak hurrengo osagaiak zituen: stock kontzentratu modura prestatutako janeurriak, ponpa peristaltiko baten bidez, animaliak zeuden bainura dosifikatzen ziren. Horrela, ponparen abiadura kontrolatuz, esekiduran zegoen materia partikulatuaren kontzentrazioa kontrola zitekeen. Partikulak (batez ere sedimentuarenak) esekiduran mantentzeko, ura aireztatzeko sistema eta irabiatze magnetikoa erabili ziren. Esekiduraren bolumen enpaketatua kontrolatzeko, tankeetatik sarritan hartutako laginak Coulter Multisizer granulometroan analizatzen ziren; horrela, erreferentziako baliotik ($6\text{mm}^3\text{ l}^{-1}$) gertatutako desbideraketak epe laburrean zuzen zitezkeen

7.2.3. Neurketak

7.2.3.1. Janariaren ezaugarriak

Animaliei emandako janariaren partikula-kontzentrazioa eta konposaketa aztertzeko asmoz, gutxi gora-behera bi ordutik bi ordura, ur-laginak hartu ziren tanke esperimentaleetatik. Lagin bakoitzetik bi azpilagin hartu ziren; lehena, Lorenzen-en (1967) metodoaren bidez klorofilaren kontzentrazioaren neurketarako ($\mu\text{g l}^{-1}$) erabili zen, eta bigarrena, partikula-kontzentrazio osoa (TPM: mg l^{-1}) eta organikoa (POM: mg l^{-1}) neurtzeko. Bolumen ezaguneko alikuotak, 25 mm-ko Whatman GF/C beirazko iragazkietatik zehar igaroarazi ziren.

7.2.3.2. Janariaren prozesatze-tasen neurketa

Animalia bakoitzak ekoiztutako gorotz eta sasigorotz guztiak, banandurik bildu ziren. Ez genuen biodepositoen bilketarako eredu zehatzik finkatzerik izan, zeren eta biodepositoen ekoizpen-tasa janariaren araberakoa zenez, kantitate nahikoa lortzeko beharrezkoa zen denbora ere janariaren araberakoa baitzen. Animalia bakoitzaren kasuan egin ziren biodeposito-bilketak, erreplikatzat hartu ziren, ez lagintzat; biodeposizioari buruzko datuetarako erabilitako tratamendu estatistiko guztiak, beraz, animalia bakoitzaren batezbesteko balioak erabiliaz gauzatu dira.

Biodeposito-mota bakoitzaren pisu osoa eta organikoa neurtzeko, lehenago ur-laginetarako azaldu den prozedura bera erabili zen; modu horretan, materia osoa eta organikoaren egestio- eta aldaratze-tasak kalkulatu ziren, eta horietan oinarrituz, gainerako janariaren prozesatze-tasa guztiak erdietsi ziren (ikus 2.3.2. atala). Ekoiztutako sasigorotzen kantitateak ahalbidetzen zuenean, sasigorotzen klorofila-edukina neurtu eta hortaz, osagai

fitoplanktonikoaren aldaratze-tasa ere kalkulatu zen. Kasu horietan, gainera, alga-partikulak hautesten zireneko etekina (SECl) ere kalkulatu zen, aurrerago azalduko den eran.

Material eta Metodoak kapituluko 2.3.2. atalean azaldutako prozedura erabiliz, azkenean zurgapen-tasak kalkulatu ziren (AR: mg h⁻¹).

7.3. Emaitzak

7.3.1. Populazio bietako animalien egoera-indizea

Esperimentu bakoitzean erabilitako talde bakoitza osatzen zuten animalien batezbesteko tamaina eta ehunen pisu lehorra, **7.1. Taulan** bildu dira. Ikus daitekeenez, batezbesteko luzerak taldeen arteko nolabaiteko aldaketa txikiak agertzen ditu bainatrataz gero bera jaso zuten jatorri desberdineko taldeetan, oso antzekoak dira. Deigarriak dira ordea, bi populazioen aleen ehunen pisu lehorren arteko desberdintasunak. Taulan bertan aurkeztu da pisua vs luzera direlako datuei doituriko erregresio-zuzena ere. Tamainen heina estua bazen ere, harreman garbia dago. Meñakotzeko populazioaren kasuan maldaren balioa baxua xamarra den artean, Plentziako animalien kasuan aurkitutakoa hurbil dago 3 balio teorikotik. Garrantzitsuagoa da populazio bakoitzean horren balioa desberdina izatea, maldaren balioa bera baino.

Paralelismo-test modura gauzatu zen zuzen bien kobariantza-analisiak, agerian utzi zituen bi populazioen egoera-indizeen arteko desberdintasunak. Luzera berdinerako, Plentziako muskuiluek biomasa altuagoa azaldu dute. Desberdintasunak areagotu egiten dira luzera handiagoetarako, tamaina baxuagoei dagozkien pisuak hurbiltzen diren artean.

Ikerketa honetan burututako esperimentazioaren barruan, gertaera horrek datuen estandarizazioaren ikuspuntutik soilik izango luke garrantzia, zeren eta pisu estandarra edo luzera estandarra erreferentzia modura hartuta, emaitza desberdinak lortuko bailirateke. Hortaz, estandarizazioa 350 mg-ko pisu estandarrerako eta 37 mm-ko luzera estandarrerako gauzatu genuen. Balio horiek, erabilitako aleen tamaina eta pisu lehor ertainei zegozkienak dira, gutxi gora-behera. Espezie honetan, aldez aurretik lortutako emaitzekiko erkaketa errazteko, aurkeztuko diren datuak 350 mg-ko pisurako estandarizatutako parametroei dagozkie.

7.1. Taula. Esperimentu bakoitzean (1 eta 2), A, B, C eta D lau janeurrien saioetan erabilitako muskuiluen taldeei dagozkien maskorraren luzeraren (L: mm) eta ehunen pisu lehorren (W: mg) batezbesteko balioak ($\pm$ D. E.). Talde bakoitza osatu zuen muskuilu-kopurua parentesi artean adierazi da, janeurri bakoitzaren alboan. M: Meñakotzeko aleak. P: Plentzian bildutako animaliak. Taularen bukaeran, populazio bakoitzerako lortutako pisu lehor vs luzera direlako erregresio-ekuazioak, horietan oinarrituz gauzatutako paralelismo-testaren emaitzekin batera aukeztu dira. Aldagaien logaritmoak erabili ziren erlazio lineala lortzeko helburuz.

		Janeurria							
		A (9)	A (9)	B (9)	B (9)	C (12)	C (9)	D (8)	D (9)
		Exp 1	Exp 2	Exp 1	Exp 2	Exp 1	Exp 2	Exp 1	Exp 2
L (mm)	M	34.47	34.64	35.76	35.57	38.90	42.11	36.76	40.54
		± 1.45	± 1.54	± 1.49	± 1.94	± 1.84	± 2.48	± 1.08	± 1.9
	P	34.84	35.06	34.29	34.18	38.02	39.33	37.80	39.20
		± 1.88	± 1.76	± 1.32	± 1.36	± 1.78	± 2.38	± 2.12	± 2.43
W (mg)	M	280.89	288.09	286.22	268.86	351.25	361.75	303.50	330.89
		± 58.45	± 44.93	± 48.30	± 37.13	± 78.62	± 51.91	± 47.51	± 61.56
	P	311.56	322.00	327.00	322.22	468.83	515.44	459.38	483.67
		± 68.70	± 61.07	± 42.59	± 44.94	± 82.65	± 109.2	± 82.15	± 43.33

Ehunen pisu lehorren eta maskorraren luzeraren arteko erregresio-ekuazioak.

Meñakotz: $LW = 0.0419 + 1.5548 (\pm 0.4499) LL$ $n = 73$ $r^2 = 0.4019$

Plentzia: $LW = -2.0335 + 2.959 (\pm 0.4745) LL$ $n = 74$ $r^2 = 0.6822$

Bi malden arteko desberdintasunen esangarritasun-maila neurtzeko erabilitako kobariantza analisiaren emaitzak (Zar, 1980):

$t = 4.2798$ a.-g. = 143 $t_{0.05}(2), 143 = 1.97$

Malden arteko berdintasuna adierazten duen hipotesi nulua, beraz, baztertu egingo dugu, $p < 0.001$ probabilitaterako.

7.3.2. 1. Esperimentua

7.3.2.1. Elikadura-baldintzak

1. Esperimentuan erabilitako (A-D) lau janeurrien ezaugarriak, **7.2. Taulan** adierazi dira. Kontutan hartutako lau janeurriak, edukin organikoen hein zabala estaltzen dute (0.12-0.77). Estandarizatu zen parametroa, bolumen enpaketatuaren unitateetan neurtutako partikula-kontzentrazioa izan zen, eta beraz, edukin organikoen arteko desberdintasunek pisu-unitateetan neurtutako esekidurako materia partikulatuaren kontzentrazioan ere desberdintasunak eragin zituzten. Izan ere, zenbat eta esekiduraren edukin organikoa

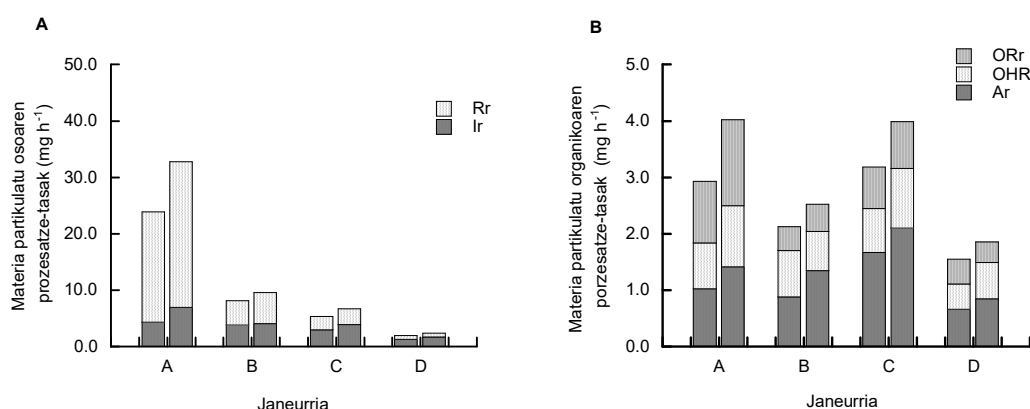
baxuagoa izan, hainbat eta altuagoa da materia ez-organikoaren proportzioa, eta beraz, esekiduraren dentsitatea ere altuagoa izango da; ondorioz, TPM emendatu egiten da.

7.2. Taula. Janeurri esperimentalen ezaugarriak. TPM: esekidurako materia partikulatuaren kontzentrazioa. POM: esekidurako materia organiko partikulatuaren kontzentrazioa. f: esekiduraren edukin organikoa; cl a: μg klorofilaren kontzentrazioa. VOL: esekidurako partikulen bolumen enpaketatua. Aurkeztutako balioak, baldintza bakoitzerako (A, B, C eta D janeurrietarako) analizatutako lagin guztien batezbesteko balioak $\pm$ D.E. dira; aztertutako lagin-kopurua, janeurri bakoitzaren izenarekin batera adierazi da, parentesi artean.

	Janeurria			
	A (7)	B (7)	C (6)	D (8)
TPM (mg l^{-1})	14.3633 $\pm$ 2.2666	10.6518 $\pm$ 1.1055	5.3635 $\pm$ 0.2882	4.1268 $\pm$ 0.4326
POM (mg l^{-1})	1.7386 $\pm$ 0.3884	2.7947 $\pm$ 0.3091	3.1925 $\pm$ 0.2779	3.2018 $\pm$ 0.4123
f	0.1207 $\pm$ 0.0131	0.2626 $\pm$ 0.0202	0.5955 $\pm$ 0.0445	0.7747 $\pm$ 0.0261
cl a ($\mu\text{g l}^{-1}$)	37.6961 $\pm$ 6.9459	79.0894 $\pm$ 10.1081	104.7975 $\pm$ 6.8238	107.8383 $\pm$ 12.2344
VOL($\text{mm}^3 \text{l}^{-1}$)	6.5797 $\pm$ 0.7924	6.3074 $\pm$ 0.3846	6.5305 $\pm$ 0.3037	6.2685 $\pm$ 0.6508

7.3.2.2. Janariaren prozesatze-tasak

1. Esperimentuan, mg h^{-1} -kotan eta materia partikulatu osorako (Fr, Rr, eta Ir) eta materia partikulatu organikorako (OFr, ORr eta OIr) neurtutako iragazte-, aldaratze- eta ingestio-tasak, eta zurgapen-tasa (Ar), **7.1.A** eta **7.1.B Irudietan** bildu dira. Iragazte-tasek janeurrien arteko desberdintasun nabariak agertzen dituzte; desberdintasun horiek kontzentrazio-desberdintasunak baino altuagoak direnez, janeurri-motaren arabera aklaramendu-tasa aldatu egiten dela ondoriozta daiteke. Animaliek joera bera azaldu dute bi populazioetako aleetan: iragazte-tasa emendatu egiten da janariaren edukin organikoa jaisten denean. Aldaratze-tasak iragazte-tasaren antzeko eredua azaltzen du eta beraz, ingestio-tasa nahiko estuki eraenduta dagoela esan dezakegu. Materia organikoaren kasuan, janeurrien arteko desberdintasunak ez dira horren nabariak: materia organikoaren iragazte-tasa antzekoa da lau janeurrietarako, eta aldaratzen den proportzioa baxua denez, ingestio-tasaren balioak ere antzekoak dira lau kasuetan



7.1. Irudia. A) Sedimentu kaltzinatuz eta *Tetraselmis suecica* algaren zelulez osatutako janeurriez elikaturiko animalietan behatutako materia partikulatu osoaren prozesatze-tasak, mg h⁻¹-tan. Irudian aldaratze-tasa (Rr) eta ingestio-tasa (Ir) adierazi dira bereizirik. Osagai bien baturaren bidez, zutabearen altuerari dagozkien iragazte-tasak (Fr) kalkula daitezke. Plentziako animaliei dagozkien datuak, bigarren tokian adierazi dira kasu guztietan. **B)** Materia partikulatu organikoaren prozesatze-tasak, mg h⁻¹-tan emanda. Irudian, aldaratze-tasak (ORr), egestio-tasak (OEr) eta zurgapen-tasa (Ar) adierazi dira. Materia organikoaren iragazte-tasa (OFr) osagai guzti hauen baturaren bidez, eta ingestio-tasa (OIr), Ar-aren eta OEr-aren baturaren bidez kalkula daitezke.

Populazio bietako animaliek joera bera azaldu badute ere, Plentziako aleetan prozesatze-tasak altuagoak direla ikus daiteke. Prozesatze-tasa desberdinetarako gauzatutako bariantza-analisiaren emaitzek (7.3. Taula) populazioen arteko desberdintasun esangarriak utzi zituen agerian. 7.3. Taulan dauden datuen emaitzetatik ondoriozta daitekeenez, animalien jatorriak eta janeurri-motak, biek dute eragin esangarria prozesatze-tasetan, azken hauek materia osoari dagokionez zein materia organikoaren unitateetan neurtzen direnean ere. Bi faktoreen arteko elkarrekintzak aldiz, ez du esangarritasun-maila gainditu, eta hortaz, janeurriak eta animalien jatorriak elkarrekiko beregainak diren ondorioak sorterazen dituztela ondoriozta daiteke.

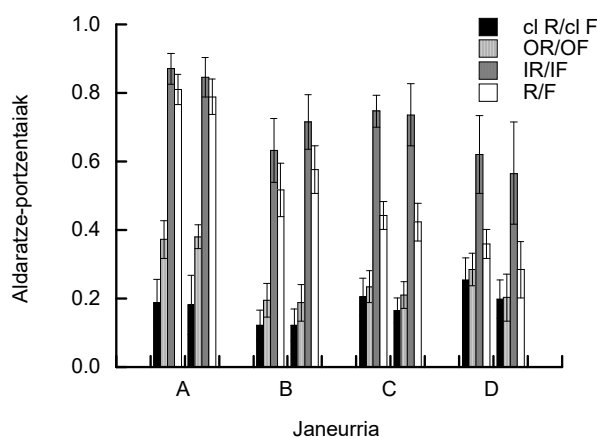
Ingestio- eta liseri-prozesuen azken emaitza diren zurgapen-tasek ere, desberdintasun esangarriak azaldu dituzte, bai janeurrien artean, eta bai populazioen artean ere. Plentziako muskuluek energia-kantitate handiagoa asimilatu dute denbora unitateko. Janeurriaren edukin organikoaren eragina, esangarritasun altukoa izan arren, ez da inola ere argia, zeren eta zurgapen-tasa altuenak % 12 eta % 57ko edukin organikoak dituzten A eta C janeurrien kasuan lortu baitira. Ikertutako populazio bien zurgapen-tasen arteko desberdintasunak, materia organikoaren ingestio-tasan behatutako desberdintasunek eragin bide dituzte, zurgapen-etekinean ez baita animalien jatorriarekin harremanetan dagoen desberdintasunik sumatu.

7.3. Taula. Animalien jatorriak (M edo P) eta janeurri-motak (A, B, C o D) janariaren prozesatze-tasetan (iragazte-, ingestio-, materia organikoaren ingestio- eta zurgapen-tasetan) eta zurgapen-etekinean (AE-n) duten eragina aztertzeko gauzatutako bariantzaren analisiaren emaitzak.

Aldagarritasun--iturria	a.-g.	Karratuen batura	Batezbesteko karratuak	F	p
Iragazte-tasa					
Populazioa	1	169.1969	169.1969	6.3513	0.0141
Janeurria	3	7018.0068	2339.3356	87.814	0.0001
Elkarekintza	3	200.7724	66.9241	2.5122	0.0659
Errorea	67	1784.8586	26.6397		
Ingestio-tasa					
Populazioa	1	19.7747	19.7747	7.2247	0.0091
Janeurria	3	142.7774	47.5925	17.388	0.0001
Elkarekintza	3	13.8552	4.6184	1.6873	0.1781
Errorea	67	183.3853	2.7371		
Materia organikoaren ingestio-tasa					
Populazioa	1	4.986	4.986	11.5831	0.0011
Janeurria	3	23.1597	7.7199	17.9343	0.0001
Elkarekintza	3	0.5244	0.1748	0.4061	0.7491
Errorea	67	28.8404	0.4305		
Zurgapen-tasa					
Populazioa	1	2.4664	2.4664	15.09	0.0002
Janeurria	3	13.6853	4.5618	27.9095	0.0001
Elkarekintza	3	0.208	0.0693	0.4242	0.7363
Errorea	67	10.951	0.1634		
Zurgapen-etekina					
Populazioa	1	0.0255	0.0255	1.434	0.2353
Janeurria	3	0.2026	0.0675	3.8015	0.014
Elkarekintza	3	0.0889	0.0296	1.6684	0.1821
Errorea	67	1.1903	0.0178		

7.3.2.3. Hautespen preingestiboa

Sasigorotzen ekoizpenean jokatzeko duten hautespen-prozesuen eragina, osagai desberdinen aldaratze-portzentaiak erkatzean gelditzen da agerian (ikus **7.2. Irudia**). Horrela, materia ez-organikoaren lehentasunezko aldaraketa dagoela beha daiteke, eta hortaz, materia organikoaren lehentasunezko ingestioa gertatzen da. Bi osagaiek jasotako tratamenduaren ondorioz, iragazia gertatzen den materia iragazi osoaren barruan aldaratutako proportzioa jaitsi egiten da esekiduraren edukin organikoa emendatzean.

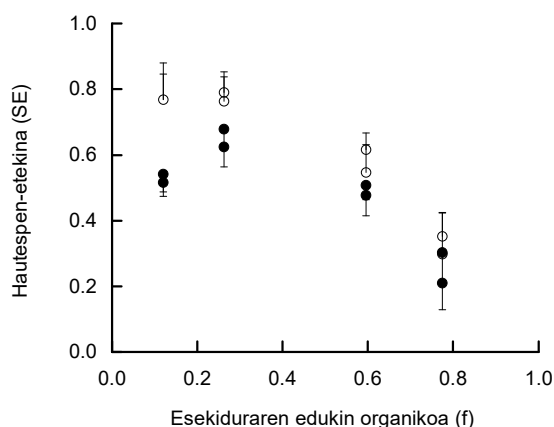


7.2. Irudia. Janeurriaren osagai desberdinen aldaratze-portzentaia: klorofilari (clR/clF), materia organikoari (OR/OF), materia ez-organikoari (IR/IF) eta materia osoari (R/F) dagozkionak adierazi dira. Baldintza bakoitzari dagozkion batezbesteko balioak ($\pm$ % 95 K.T.) isladatutira.

Azpimarratzekoa da, bestalde, fitoplanktonaren pigmentu nagusiaren aldaratze-portzentaia baxua: materia osoaren % 70 aldaratzen denean ere, klorofila iragaziaren % 20 baino gutxiago aldaratzen da.

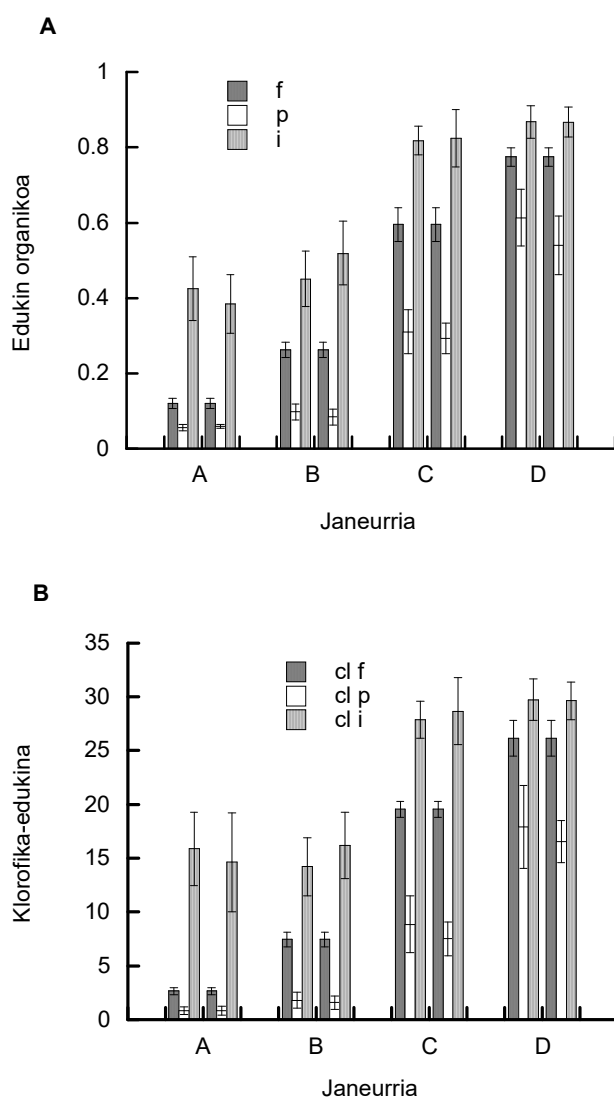
Materia fitoplanktonikoaren eta materia organiko osoaren aldaratze-portzentaia erkatzuz, aldaratua gertatu den materia fitoplanktonikoaz gain, sasigorotzetan klorofilarik ez duen materia organikoaren ekarpen bat dagoela ikus daiteke; ekarpen hori, sasigorotzak trinkotzeko ekoiztako mukiari dagokio, hain zuzen ere. Osagai bien proportzioen arteko desberdintasunak altuagoak dira edukin organiko baxua duten janeurrietarako (A eta B), eta beraz, mukiaren ekarpena edukin organiko baxua duten janeurri horietan altuagoa dela susma daiteke.

Hautespene-etekina adierazteko erabili diren indizeen balioak, **7.3. Irudian** aurkeztu dira. Ikus daitekeenez, klorofilaren hautespene-etekina, materia organikoarena baino altuagoa da, sasigorotzetako mukiaren edukinaren eraginez. Bi indizeetarako behatutako joerak, gainera, ez dira guztiz berdinak: janariaren edukin organikoak baxuak direnean, klorofilaren hautespene-etekina (SEcl) balio maximoetatik hurbil dago baina materia organikoaren hautespene-etekina zeharo murriztua azaldu zaigu janariaren kalitatea jaistean. Beraz, datu guztiek adierazi dute mukiaren agerpenaren eragina edukin organiko baxuko janeurrietarako proportzionalki garrantzitsuagoa dela.



7.3. Irudia. Klorofilarako (zirkulu zuriak) eta materia organiko osorako (zirkulu beltzak) neurtutako hautespen-etekinen batezbesteko ($\pm$ % 95 K.T.) balioak, *f* edukin organikoaren funtzio modura.

Sasigorotzen ekoizpen-prozesuak, materia ingerituaren edukin organikoaren emendatzea eragin du erabilitako lau elikadura-baldintzen kasuan. Gertaera hau, **7.4.A Irudian** beha daiteke, janeurriaren, sasigorotzen eta materia ingerituaren edukin organikoak erkatuz. Edukin organiko horien arteko desberdintasunak esangarri suertatu dira kasu guztietan (ikus *t* testaren emaitza, irudiaren beheko aldean). Fenomeno bera topa daiteke erreferentzia modura materia fitoplanktonikoa hartzen denean (**7.4.B Irudia**), eta desberdintasunak are nabariagoak dira kasu horretan.



7.4. Irudia. *A)* 1 Esperimentuan erabilitako baldintzetan neurturiko esekiduraren (f), sasigorotzen (p) eta materia ingerituaren (i) edukin organikoak. Datuak, batezbesteko balioak ($\pm$ % 95 D.E.) dira. *B)* 1 Esperimentuan erabilitako baldintzetan neurturiko esekiduraren (cl f), sasigorotzen (cl p) eta materia ingerituaren (cl i) klorofila-edukinak. Datuak, batezbesteko balioak ($\pm$ % 95 D.E.) dira.

Aztertutako bi populazioen artean ez da desberdintasun esangarririk azaldu hautespen-etekinei dagokienez.

7.3.2.4. Mukiaren ekarpena

Materia iragaziaren proportzio bat sasigorotz-modura aldaratzeak, materia hori trinkotzeko beharrezkoa den mukiaren ekoizpenerako nolabaiteko inbertsio energetikoa eskatzen du. Esperimentu honetan saiatu ditugun baldintzek, sasigorotzetan muki modura galtzen den materia organikoa estimatzeko aukera eskaini digute, zeren eta materia organikoa eta klorofila, bi markatzaile direnez, bi osagaien tratamendua erkatzea ahalbidetzen baitute. Animaliei eskaini zitzairen janeurrian materia organiko guztiak klorofila zuenez, horrelako substantziarik ez zuen sasigorotzetako materia organikoak, animaliak berak jariatutako muktik eratorria behar du izan. Sasigorotzetako edukin organikoen eta klorofila-edukinen erkaketa, hortaz, sasigorotzek zuten muki-kantitatea estimatzeko erabili zen. Kalkulurako prozedura, 5 Kapituluaz azaldu da.

Muki-ekoizpenak aldaratze-tasa osoarekiko menpekotasun nabaria agertu zuen. *M. edulis* eta *C. edule* bi espezieen arteko erkaketan oinarrituz, janeurriaren edukin organikoak ere nolabaiteko eragina izan ote zezakeen aztertu zen. Muki-ekoizpena, aldaratze-tasa osoaren eta esekiduraren edukin organikoaren funtzio modura saiatu genuenean, erregresio anizkoitzeko analisiak, muki-ekoizpena soilik lehen aldagaiaren menpekota zela frogatu zuen; menpekotasuna, hurrengo adierazpenaren arabera da:

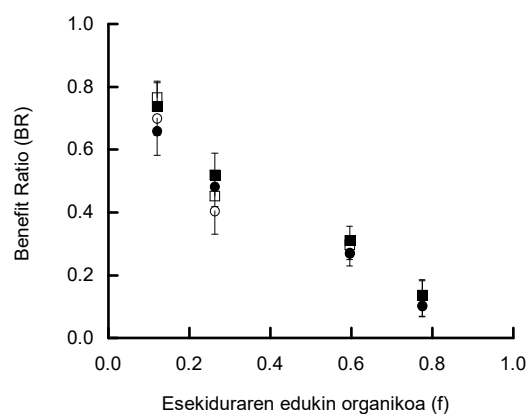
$$Mr = 0.0556 Rr^{0.7688 \pm 0.0501} \quad r^2 = 0.7786 \quad a.-g. = 69 \quad (7.1 \text{ Ek.})$$

non Mr (mg h^{-1}) eta Rr (mg h^{-1}) hurrenez hurren mukiaren ekoizpen-tasa eta aldaratze-tasa diren.

Doiketa onena, beraz, funtzio potentzial bati dagokio; berreduraren balioa 1 baino txikiagoa denez, sasigorotzekin batera ekoiztatuko mukiaren kantitatea ez da aldaratutako materiarekiko proportzionala, zeren eta aldaratutako materia iragaziaren kantitatea emendatzean muki horren proportzioa jaisten baita. Horrela, 1 mg h^{-1} -ko aldaratze-tasarako, ekoiztatuko mukia (0.056 mg h^{-1}) % 5.6 izango litzateke, baina sasigorotzen ekoizpena 30 mg h^{-1} -ra heltzean, jariatutako mukia (0.072 mg h^{-1}) % 2.5 baino ez litzateke; hau da, aldaratze-tasaren barruan mukiak duen proportzioa, erdira baino gehiago jaisten da.

Sasigorotzetako materia organikorako mukiak duen ekarpenak, edukin organiko baxuetarako materia organikoaren eta klorofilaren arteko joera dibergentea azalduko luke. Baldintza horietan, materia iragaziaren portzentaia altua aldaratuko denez, sasigorotzekin batera aldaratzen den muki-kantitateak esangarriki eragingo du horien edukin organikoan. Mukiak aldaratutako materiaren klorofila-edukinean eraginik ez duenez aldiz, klorofilaren hautespen-etekina materia organiko exogenoak jasan duen tratamenduaren adierazle izango da. Laburtuz, hautespen-etekin gordinak esekidurako edukin organikoarekiko menpekotasun negatiboa agertzen duen artean, hautespen garbiak menpekotasun parabolikoa agertzen du eta bere balio maximoak % 50ean daude, gutxi gora-behera. Mukiaren ekoizpenak, beraz, nolabaiteko murrizpenak jartzen dizkie maila preingestiboan gerta daitezkeen bereizte-prozesuei. Hortik dator hain zuzen ere hautespen-prozesuetatik eratorritako irabazia, BR

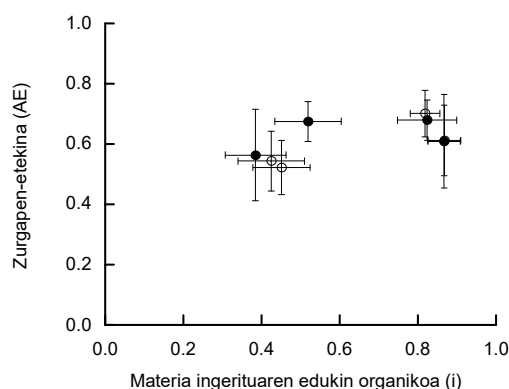
indizearen bidez neurtu dena, materia fitoplanktonikoaren unitateetan materia organiko osoaren unitateetan baino altuagoa izatea (**7.5. Irudia**). Irudi horretatik hurrengo atera daiteke era berean: muki modura egindako materia organikoaren inbertsioa altuena deneko edukin organiko baxuagoenetan lortzen da etekin energetiko altuena, hautespen-fenomeno preingestiboen ondorioz.



7.5. Irudia. Klorofilarako (BR_{chl}: laukiak) eta materia organiko osorako (BR_o: zirkuluak) kalkulaturiko Benefit ratioak, esekiduraren edukin organikoaren arabera. Plentziako aleei dagozkien balioak, ikur zurien bidez adierazi dira, eta Meñakotzekoak ikur beltzen bidez.

7.3.2.5. Zurgapen-etekina

Erabilitako lau elikadura-baldintzei dagozkien zurgapen-etekinak **7.6. Irudian** adierazi dira. Materia ingerituaren edukin organikoaren heina horren estua izan arren, sestonaren kalitateekin erkatuz, zurgapen-etekinaren emendio txiki bat suma daiteke materia ingerituaren edukin organikoa emendatzean. Joera hori, are argiagoa da batezbesteko balioak kontutan hartu beharrean, datu bakanak hartzen direnean, bi ardatzetako aldagarritasun-maila emendarazten baitute.



7.6. Irudia. Zurgapen-etekin garbia (AE), materia ingerituaren (i) edukin organikoaren funtzio modura. Puntuak, baldintza bakoitzean populazio bakoitzeko aleetan neurtutako balioen batezbestekoa adierazteko erabili dira. Zirkulu zuriak: Meñakotz; zirkulu beltzak: Plentzia.

Materia organikoaren osagai bakarra fitoplanktonikoa delarik, espero liteke zurgapen-etekinean behatutako janeurrien arteko desberdintasunak gorotzetako galera metabolikoek eraginda egotea; zenbat eta materia ingerituaren edukin organikoa baxuagoa izan, hainbat eta proportzio altuagoa izango dute galera horiek. Hemengo janeurrietan, 5 Kapituluaren erabilitako konposaketa berberak ezarri ditugu, eta han egindako gogoetetatik abiatuz datuak funtzio hiperboliko bati doitzea erabaki zen, eta hurrengo adierazpena lortu genuen:

$$AE = 0.7972 - 0.1024 (\pm 0.0205) 1/i \quad r^2 = 0.2545 \quad n = 75 \quad p = 0.0001 \quad (7.2. \text{ Ek.})$$

Ekuazio honek, zurgapen-etekin gordinerako % 80ko balioa aurratsen du, eta zurgapen-etekin garbirako, % 70koa; zurgapen-etekin garbia nulua gertatuko litzatekeeneko edukin organikoaren balio kritikoa, bestalde, materia ingerituaren edukin organikoa = % 13 denean lortuko litzateke.

7.3.3. 2. Esperimentua

7.3.3.1. Janeurri esperimentalak

Esperimentu honetan erabili diren lau janeurriak, sedimentu naturala eta fitoplanktona nahastuz prestatu ziren; edukin organikoaren arteko desberdintasunak, hortaz, osagai bakoitzaren kasuan izandako proportzioan datza. Esperimentu honetan eta 1. Esperimentuan erabilitako janeurrien arteko alde nagusia, materia organikoaren jatorrian datza, 2. Esperimentu honetan materia fitoplanktonikoa eta detritikoaren nahasketa izan baita. Erabilitako lau janeurrien ezaugarriak **7.4 Taulan** isladatu dira

7.4.Taula. 2. Esperimentuan erabilitako janeurri esperimentalen ezaugarriak. TPM: esekidurako materia partikulatuaren kontzentrazioa. POM: esekidurako materia organiko partikulatuaren kontzentrazioa. f: esekiduraren edukin organikoa; cl a: a klorofilaren kontzentrazioa. VOL: esekidurako partikulen bolumen enpaketatua. POMTetra: *Tetraselmis suecica* algaren materia organikoaren kontzentrazioa POMsed: sedimentu naturaleko partikulen materia organikoaren kontzentrazioa. Aurkeztutako balioak, baldintza bakoitzerako (A, B, C eta D janeurrietarako) aztertutako lagin guztien batezbesteko balioak $\pm$ D.E. dira; aztertutako laginen kopurua, janeurri bakoitzaren izenarekin batera adierazi da, parentesi artean.

	Janeurria			
	A (7)	B (10)	C (4)	D (5)
TPM (mg l ⁻¹)	20.3271 $\pm$ 3.3608	11.8861 $\pm$ 3.8498	5.5183 $\pm$ 1.4747	5.0158 $\pm$ 0.8914
POM (mg l ⁻¹)	2.8353 $\pm$ 0.413	3.0556 $\pm$ 0.6353	2.3973 $\pm$ 0.5643	2.8108 $\pm$ 0.6364
f	0.1400 $\pm$ 0.0082	0.2691 $\pm$ 0.0482	0.4391 $\pm$ 0.0300	0.5578 $\pm$ 0.0457
cl a (μ g l ⁻¹)	33.5021 $\pm$ 3.2973	77.0428 $\pm$ 15.3687	64.0815 $\pm$ 15.8705	78.294 $\pm$ 18.3303
VOL(mm ³ l ⁻¹)	6.2886 $\pm$ 0.3696	6.0900 $\pm$ 1.0033	5.6052 $\pm$ 1.6529	5.9675 $\pm$ 1.2244
POMTetra: (mg l ⁻¹)	1.0222 $\pm$ 0.1006	2.3507 $\pm$ 0.4689	2.0352 $\pm$ 0.504	2.4866 $\pm$ 0.5822
POMsed (mg l ⁻¹)	1.8131 $\pm$ 0.4179	0.7049 $\pm$ 0.3515	0.3621 $\pm$ 0.0789	0.3242 $\pm$ 0.1014

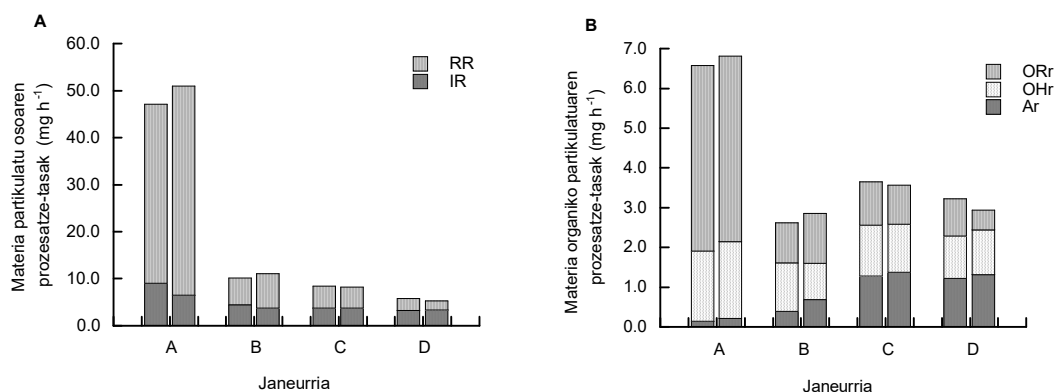
7.3.3.2. Janariaren prozesaketa.

Saiaturiko lau janeurriei dagozkien materia osoaren eta materia organikoaren prozesatze-tasak, **7.7.A** eta **7.7.B Irudietan** adierazi dira aztertutako populazio bietarako. 7.7.A Irudian ikus daitekeenez, iragazte-tasa emendatu egiten da esekidurako edukin organikoa emendatzean. Emendio hori edukin organikoaren beherapenari dagokion materia partikulatuaren emendioa baino altuagoa denez, aklaramendu-tasa janeurri txiroagoetan altuagoa dela ondorioztatu daiteke.

Aldaratze-tasak iragazte-tasaren antzeko joera erakutsi du, eta ingestio-tasa, hortaz, eraenduta agertu da. Janeurriarekiko menpekotasuna, beraz, askoz baxuagoa da ingestio-tasaren kasuan iragazte- edo aldaratze-tasenean baino.

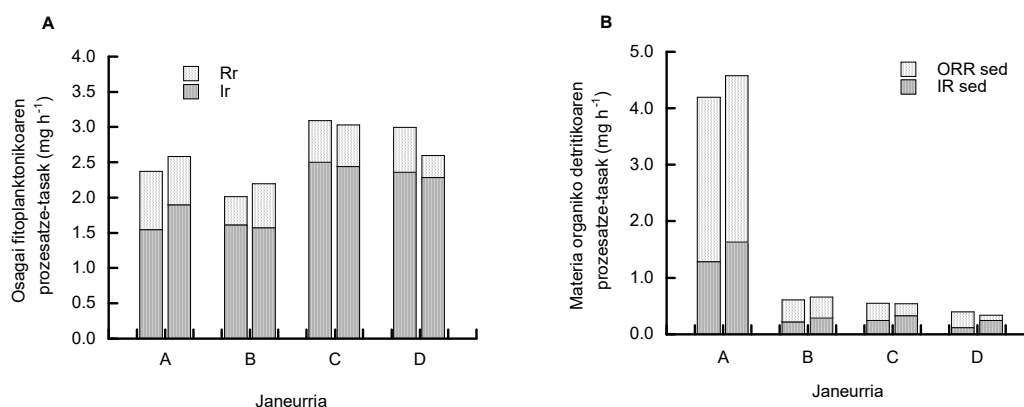
Prozesatze-tasen arteko desberdintasunak ez dira horren nabariak materia organikoa kontutan hartzen denean (erka 7.7.A eta 7.7.B), batez ere ingestio-tasari dagokionean. Alabaina, kasu honetan ingeritutako materia organikoa izaera desberdinekoa izan daiteke janeurriaren konposaketaren arabera, eta bai materia organiko biziak eta detritikoak maila

preingestiboan hautesten direneko etekinaren arabera ere. Horrela, materia organikoa bere bi osagaietan bereizi, eta bakoitzaren prozesatze-tasak behatzen baditugu (**7.8. Irudia**), materia fitoplanktonikoaren iragazte-, aldaratze- eta ingestio-tasen arteko aldagarritasuna oso motela da baina materia detritikoaren erabilerak gora-behera nabarmenak jasaten ditu (7.8.B), osagai horren sestoneko gertutasunaren arabera. Gainera, materia fitoplanktoniko gehiena ingeritua gertatzen da baina jatorri sedimentarioko materia organikoa, aldagarria bada ere, oro har altuagoa den proportzioan aldaratzen da.



7.7. Irudia. A) Sedimentu naturalez eta *Tetraselmis suecica* algaren zelulez osatutako janeurriei elikaturiko animalietan behatutako materia partikulatu osoaren prozesatze-tasak, mg h⁻¹-tan. Irudian aldaratze-tasa (Rr) eta ingestio-tasa (Ir) adierazi dira bereizirik. Osagai bien baturaren bidez, zutabearen altuerari dagozkien iragazte-tasak (Fr) kalkula daitezke. Plentziako animaliei dagozkien datuak, bigarren tokian adierazi dira kasu guztietan. **B)** Materia partikulatu organikoaren prozesatze-tasak mg h⁻¹-tan emanda. Irudian, aldaratze-tasak (ORr), egestio-tasak (OEr) eta zurgapen-tasa (Ar) adierazi dira. Materia organikoaren iragazte-tasa (OIr) osagai guzti hauen baturaren bidez, eta ingestio-tasa (OIr), Ar-aren eta OEr-aren baturaren bidez kalkula daitezke.

Aztertutako populazio bietako aleetan behatutako prozesatze-tasen erkaketari dagokionez, bi faktoreen bariantza-analisira jo genuen kontu hau argitzeko: animalien jatorria, janeurri-mota eta bi faktoreen arteko elkarrekintza-terminoa saiatu genituen aldagarritasun-iturri modura (ikus **7.5. Taula**). Analisiaren emaitza, hurrengoa izan zen: iragazte- eta aldaratze-tasetan ez dago populazioen arteko desberdintasun esangarririk; ingestio-tasan berriz, desberdintasun esangarriak aurkitu ziren ($p = 0.05$), edukin organiko baxuenetarako Meñakotzeko populazioko aleen kasuan aldaratze portzentaia baxuagoa baita. Aztertutako elikatze-prozesu guztien gaineko janeurri-motaren eraginak, bestalde, esangarritasun-maila altua erakutsi du kasu guztietan.



7.8. Irudia. **A)** Osagai fitoplanktonikoari dagozkion prozesatze-tasak. Aldaratze-tasa (Rr: mg h⁻¹) eta ingestio-tasa (Ir: mg h⁻¹) aurkeztu dira, eta beraz, bien baturaren bidez, osagai algalaren iragazte-tasa (Fr) kalkula daiteke; balio hori zutabearen altuerari dagokio kasu bakoitzean. **B)** Sedimentu naturaleko materia organiko detritikoaren prozesatze-tasak. Aldaratze-tasa (Rr: mg h⁻¹) eta ingestio-tasa (Ir: mg h⁻¹) aurkeztu dira, eta beraz, bien baturaren bidez, osagai ez-fitoplanktonikoaren iragazte-tasa (Fr) kalkula daiteke; balio hori zutabearen altuerari dagokio kasu bakoitzean.

Materia organikoan, ez da desberdintasun esangarririk antzeman, zurgapen-tasaren kasuan izan ezik, maila horretan bi populazioen arteko alde nabarmena baitago. Beraz, Plentzian bildutako muskuiluek, energia gehiago zurgatzen dute denbora-unitateko, batez ere materia detritikoaren proportzio altuagoa duten janeurrien kasuan. Materia organikoaren ingestio-tasan desberdintasunik behatu ez zelarik, zurgapen-tasen arteko aldea, zurgapen-etekinak eraginda dator halabeharrez. Izan ere, kalitate altueneko bi janeurrien kasuan zurgapen-etekinak oso antzekoak dira baina nabariki baxuagoak edukin organiko murriztagoko beste bi janeurrietan.

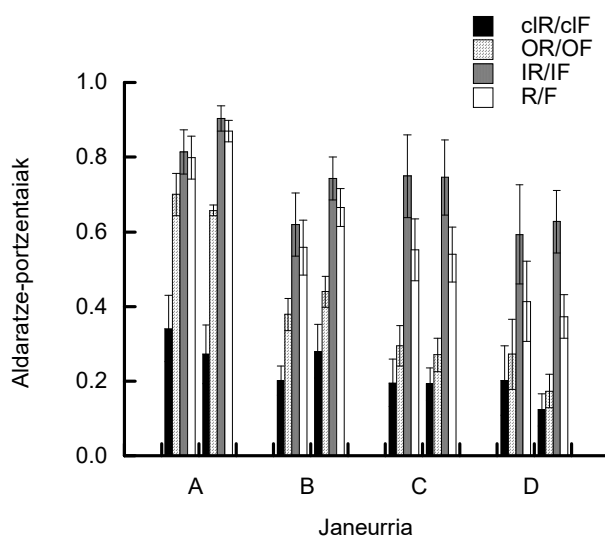
7.5. Taula. Animalien jatorriak (M edo P) eta janeurri-motak (A, B, C o D) 2. Esperimentuko janariaren prozesatze-tasetan (iragazte-, ingestio-, materia organikoaren ingestio- eta zurgapen-tasetan) eta zurgapen-etekinean (AEn) duten eragina aztertzeko gauzatutako bariantzaren analisiaren emaitzak.

Aldagarritasun-- iturria	a.-g.	Karratuen batura	Batezbesteko karratuak	F	p
Iragazte-tasa					
Populazioa	1	19.6804	19.6804	0.6886	0.4098
Janeurria	3	22751.9016	7583.9672	265.3471	0.0001
Elkarekintza	3	52.7042	17.5681	0.6147	0.608
Errorea	63	1800.6221	28.5813		
Ingestio-tasa					
Populazioa	1	10.8005	10.8005	4.0995	0.0472
Janeurria	3	224.3805	74.7935	28.3887	0.0001
Elkarekintza	3	19.0681	6.356	2.4125	0.0752
Errorea	62	163.3464	2.6346		
Materia organikoaren ingestio-tasa					
Populazioa	1	.5321	.5321	1.5763	0.214
Janeurria	3	9.0558	3.0186	8.9421	0.0001
Elkarekintza	3	0.842	0.2807	0.8314	0.4817
Errorea	62	20.9295	0.3376		
Zurgapen-tasa					
Populazioa	1	0.8005	0.8005	7.251	0.0091
Janeurria	3	13.3587	4.4529	40.3341	0.0001
Elkarekintza	3	0.2575	0.0858	0.7776	0.5109
Errorea	62	6.8448	0.1104		
Zurgapen-etekina					
Populazioa	1	0.1566	0.1566	9.2697	0.0034
Janeurria	3	1.7941	0.598	35.3912	0.0001
Elkarekintza	3	0.0723	0.0241	1.4269	0.2434
Errorea	62	1.0477	0.0169		

7.3.4. Hautespen-etekina

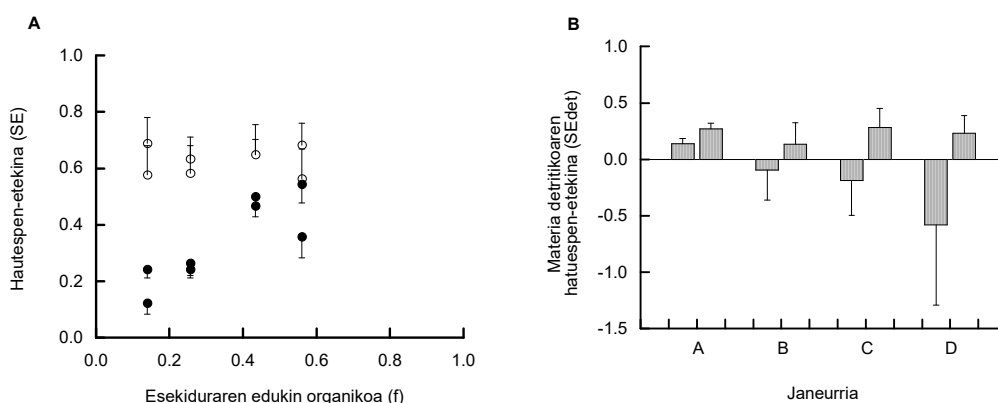
7.9. Irudian ageri dira materia organikorako, materia ez-organikorako eta klorofilarako aldaratze-portzentaiak, materia ez-organikoa lehentasunez aldaratua gertatu dela eta bestalde, klorofila duen osagai organikoa algez eta detritusez osaturiko materia organiko osoaren aldean lehentasunez ingeritu dela ondoriozta daiteke. Hemen, berriz gogoratu behar dugu sasigorotzek, aldaratua gertatu den materia iragaziarekin batera osagai endogeno bat dutela: mukia. Osagai endogeno hori kontutan hartzen da biodeposito hauen edukin organikoa kalkulatzeko. Lehenago ere esan denez, gertaera honek materia organiko detritikoaren aldaratze- eta ingestio-portzentaiak estimatzea eragozten du, eta beraz, 1. Esperimentuan erdietsitako ekuazioa izan genuen ikusmiran esperimendu honetako baldintza

bakoitzari dagokion muki-ekoizpena kalkulatzeko; horrela, sasigorotzek zuten benetako materia detritikoaren edukina estimatzeko aukera izan genuen, eta hortaz, osagai organiko bizigabe horren hautespen-etekina ere lortu genuen.



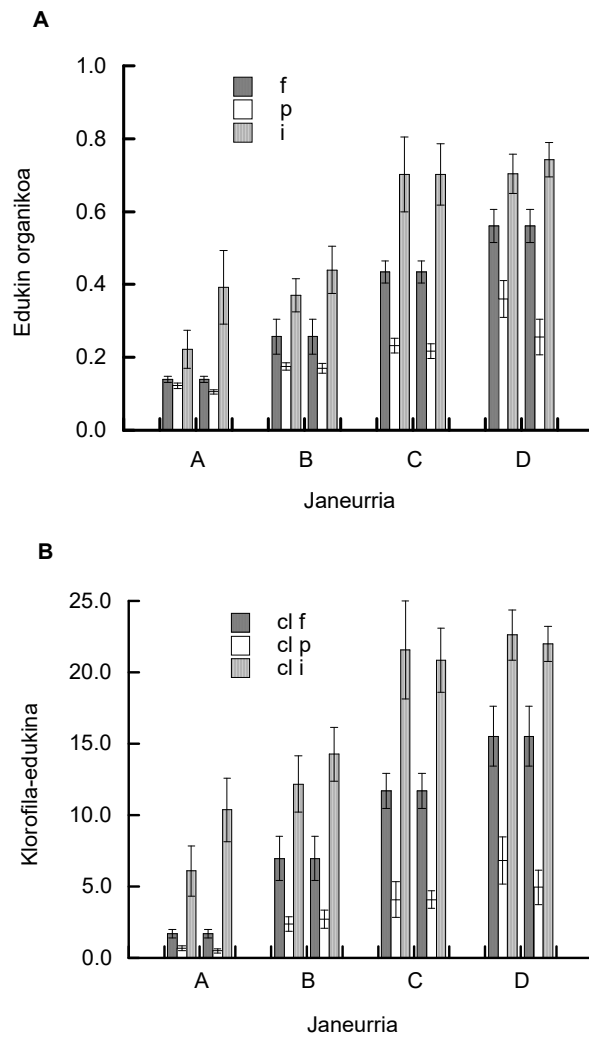
7.9. Irudia. 2 Esperimentuko janeurrien osagai desberdinen aldaratze-portzentaiak: klorofilari (clR/clF), materia organikoari (OR/OF), materia ez-organikoari (IR/IF) eta materia osoari (R/F) dagozkionak adierazi dira. Baldintza bakoitzari dagozkion batezbesteko balioak ($\pm$ % 95 k.t.) adierazi dira.

Materia organiko osorako, eta materia fitoplanktoniko bizirako, eta osagai detritikorako estimaturiko hautespen-etekinak, **7.10.A** eta **7.10.B Irudietan** aurkeztu dira hurrenez hurren. Materia detritikoaren hautespen-etekina, materia organiko osoaren barruan proportzio altua osatzen duenean (A janeurria), balio ertainetan eta nahiko konstanteetan mantentzen dela esan daiteke. Sedimentuaren ekarpena jaisten den neurrian aldiz, parametro horren aldagarritasuna nabariki emendatzen da. Joera hori populazio bietako aleetan beha badaiteke ere, are deigarriagoa da Meñakotzekoetan: haien etekinak jaitsiz doaz, eta negatibo ere gertatu bide dira batzuetan. Plentziako populazioko animaliek aldiz, janeurriaren konposaketarekiko ia beregainak diren eta oro har kostalde irekikoena baino altuagoak diren hautespen-etekinak azaldu dituzte materia sedimentariorako.

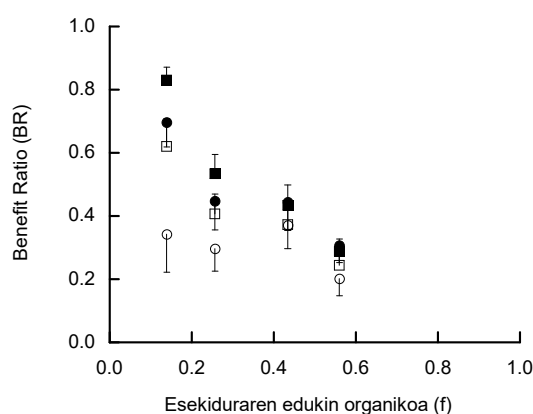


7.10. Irudia. *A)* Klorofilarako (zirkulu zuriak) eta materia organiko osorako (zirkulu beltzak) neurtutako hautespen-etekinen batezbesteko ($\pm$ % 95 K.T.) balioak, *f* edukin organikoaren funtzio modura. *B)* Sedimentuko materia organiko detritikoaren hautespen-etekinen batezbesteko ($\pm$ % 95 K.T.) balioak, erabilitako lau baldintzetarako (A-D) eta erkatutako muskuilu-populazio bietarako. Meñakotz: lehendabiziko zutabea; Plentzia: bigarren zutabea.

Hautespen-prozesuen ondorioa, **7.11. Irudiko** informaziotik ondoriozta daiteke, sasigorotzen eta materia ingerituaren edukin organikoak (7.11.A) edo klorofila-edukinak (7.11.B) dagozkien janeurriko edukinekin erkatuz. Hautespen-prozesuen ihardueraren ondorioz suertaturiko materia ingerituaren edukin organikoaren emendioa, BR indizearen bidez kuantifikatu da, balioak **7.12. Irudian** bilduz. Bistakoa denez, hautespen-preingestibotik eratorritako irabaziak, edukin organiko baxuenetako janeurrietan du garrantzirik handiena. Janeurri horien kasuan, mukiaren eraginaren ondorioz, hautespen-etekina baxua da baina materia iragaziaren proportzio altuagoa aldaratzen da eta beraz, neurri handiagoan aberasten da materia ingeritua.



7.11. Irudia. *A)* 2 Esperimentuan erabilitako baldintzetan neurturiko esekiduraren (f), sasigorotzen (p) eta materia ingerituaren (i) edukin organikoak. Datuak, batezbesteko balioak ($\pm$ % 95 k.t.) dira. *B)* 2 Esperimentuan erabilitako baldintzetan neurturiko esekiduraren (cl f), sasigorotzen (cl p) eta materia ingerituaren (cl i) klorofila-edukinak. Datuak, batezbesteko balioak ($\pm$ % 95 k.t.) dira.

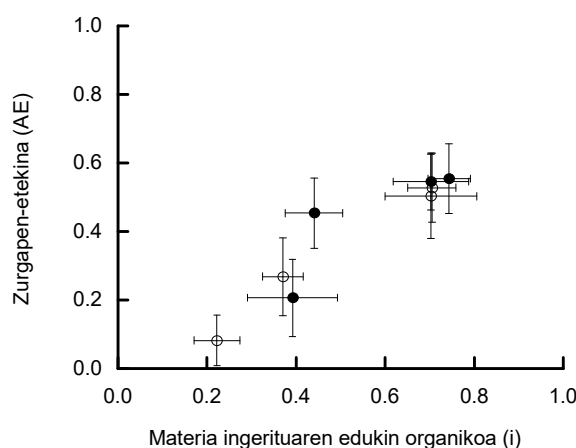


7.12 Irudia. Klorofilarako (BRcl: laukiak) eta materia organiko osorako (BRo: zirkuluak) kalkulaturiko Benefit ratioak, esekiduraren edukin organikoaren arabera. Plentziako aleei dagozkien balioak, ikur zurien bidez adierazi dira, eta Meñakotzekoak ikur beltzen bidez.

7.3.5. Zurgapen-etekina

Janariaren prozesatze-tasak aztertzeke gauzatu dugun atalean, zurgapen-tasa mugatzen duen faktore gisara jotzen duen zurgapen-etekina aipatu da. Atal berean, elikadura-baldintza bera jaso duten populazio bien arteko desberdintasunak ere iruzkindu dira. Hala eta guztiz kontutan izan behar da, alde batetik, animaliek sasigorotzak ekoizten dituzteneko baldintzen pean, materia ingerituaren kalitatea materia iragaziarena baino nabariki altuagoa gerta daitekeela, 7.11.A Irudian frogatu denez; bestetik, materia ingerituaren kalitateak bibalbioen materia organikoaren zurgapen-etekinean duen eragina argi eta garbi ikusi da. **7.13. Irudian** azter daitezke baldintza bakoitzerako kalkulaturiko materia ingerituaren edukin organikoei dagozkien zurgapen-etekinaren balioak. Datuek iradoki duten joera nabaria da: ingeritutako materiaren kalitateak eragin positiboa du zurgapen-etekinean.

Janariaren kalitatearen eragina argitzeaz gain, 7.13. Irudiko datuak hurrengoaren adierazle ere badira: sedimentuko materia organiko detritikoa, materia algala baino etekin baxuagoz zurgatzen da; izan ere, 1 Esperimentuko erlazioarekin erkatuz, materia ingerituaren edukin organiko baxuetarako zurgapen-etekinaren balio murriztuak agertzen dira esperimentu honetan. Edukin organikoaren tarteak berdin-berdinak ez direla egia bada ere, datuen estrapolazioak, edukin organiko ezagun baterako zurgapen-etekinen arteko aldearen eta materia organiko bizigabeaz osaturiko materia organiko ingerituaren proportzioaren arteko korrelazio estua dago, eta beraz, materia-mota hori liserigaitzagoa dute animaliek.



7.13. Irudia. Zurgapen-etekin garbia (AE), materia ingerituaren (i) edukin organikoaren funtzio modura. Puntuak, baldintza bakoitzean populazio bakoitzeko aleetan neurtutako balioen batezbestekoa adierazteko erabili dira. Zirkulu zuriak: Meñakotz; zirkulu beltzak: Plentzia.

7.4. Eztabaida

7.4.1. Materia partikulatuaren prozesatze-tasak.

Janariaren kontzentrazioan eta konposaketan aldi berean gerta daitezkeen bapateko aldaketen pean animaliei ikusi diegun erantzuna, aklaramendu-tasari eta iragazte-tasari dagokienez, beste ikertzaile batzuk lortutako emaitzekin ados dago (Hawkins & Bayne, 1992; Bayne, 1993; Bayne *et al.*, 1993; Newell & Shumway, 1993). Oro har, edukin organiko altuko partikula-kontzentrazio baxua duten janeurrien aurrean, muskuiluek prozesatze-tasa baxuak agertzen bide dituzte, brankietan iragazitako materia ia guztia ingeritzen baitute. Edukin organikoaren berreskidura bezalako diluzio-baldintza naturaletan, hau da, sestonaren kalitatea murriztua gertatzen denean materia sedimentarioa ur-zutabera pasatzearen ondorioz, *Mytilus edulis* muskuiluak iragazte-tasa altuak agertzen ditu, aklaramendu-tasa mantenduz edo emendatuz. Baldintza horien pean, brankietan prozesaturiko materiaren proportzio garrantzitsu bat aldaratua gertatzen da ezpain-palpoetan, eta hortaz, ez da ingeritzen. Mota honetako erantzunak, janari modura seston naturala (Hawkins, 1996) edo bestelako konposaketa berezia izateagatik nolabait baldintza naturalak simulatzen dituzten janeurrien kasuetan behatu dira (Kiørboe *et al.*, 1980; Prins & Smaal, 1989; Bayne *et al.*, 1993); aurkikuntza honek, bibalbioek partikula-kontzentrazioen emendioen aurrean ponpatze-tasa murriztuz (Winter, 1973; Foster-Smith, 1975b; Riisgard & Randlov, 1981; Prins *et al.*, 1991) erantzuten dutelako uste hedatuaren alderantzizkoa adierazi du, hain zuzen ere. Hortaz, muskuiluetan, berberetxoetan bezala, janari-motak,

beste faktore batzuen artean, eragin sakona izan dezake elikadura-jokaeran. Emaiza honetatik, baldintza naturaletan ikertzeko beharra ondoriozta daiteke (Hawkins *et al.*, 1996), laborategian lortutako zenbait emaitzaren estrapolazioak berezko ingurunean jokatzen duten prozesuen adierazle ez-egokiak diren estimazioetara eraman baikaitzake (Doering & Oviatt, 1986).

Edozein kasutan, saiaturiko baldintzen arabera, esekidurako partikula-kontzentrazioa sasigorotzen ekoizpena eragiteko atari-maila gainditzeko beste denean, animalien erantzun-mota beste maila batean ulertu behar da. Beraz, ingestio-tasa eraentzeko gaitasunak ezaugarri gehigarri bat du: iragazitako materiaren parte bat aldaratzeko aukera. Aldaratzeko prozesuak, muturretako baldintzetatik kanpo, hautespenerako aukera egokia eskaintzen du eta materia ingerituaren aberaste organikoa eragingo du; horren bidez, berresekidura-gertaerek eragindako diluzioa konpentsatua gerta daiteke, neurri handiago edo txikiagoan. Sasigorotzen ekoizpenak, hortaz, funtzio bikoitza du: alde batetik brankietan atxikitako materiaren ingestio-tasa mugatzen du; bestetik, zenbait osagairen lehentasunezko aldaratzea gertatzen denez, prozesaturiko materiaren aldaketa abantailatsua ahalbidetzen du. Azken hau bide da, hain zuzen ere, mekanismo honen funtzio nagusia, sestonaren zama txikiak dituzten aldeetan bizi diren espezieen kasuan, bertan ez baita ohikoa sasigorotzen ekoizpena eragiten duen elikadura-baldintzarik gertatzea (MacDonald & Ward, 1994).

7.4.2. Hautespen preingestiboa

Lan honetan, agerian jarri denez *Mytilus edulis* muskuiluak materia organiko eta ez-organikoaren arteko bereizketa era efizientean egiten du eta hori batez ere materia organikoa jatorri fitoplanktonikokoa denean gertatzen da. Materia detritikoa ere hautatua gerta daiteke, baina materia organiko bizia baino etekin baxuagoz, eta dirudienez, bi osagaien proportzioen arabera. Horrela, osagai detritikoak alde organiko nagusia osatzen duenean, etekin maximoz hautesten da, eta etekin hori murriztuz doa materia organiko osoaren barruan osagai detritikoaren garrantzia jaitsiz doanean.

Mota honetako erantzunari esangura funtzionala antzemango diogu, muskuiluek janariaren osagai desberdinetatik etekin energetikoa lortzeko duten gaitasuna kontutan hartuz gero. Algak etekin altuz liseri eta zurga daitezkeelarik, osagai horren proportzioa txikia denean, horien lehentasunezko ingestioak abantaila energetiko nabariak ditu. Fitoplanktonaren kontzentrazioa altua denean, aldiz, aklaramendu-tasa murriztea da abantailatsua. Materia detritikoa horren etekin altuz zurgatzen ez denez, berriz, fitoplanktonaren ekarpena txikia deneko kasuetan ingeritzen da lehentasunez. Ez da ahaztu behar, edozein kasutan, seston naturalean ohikoak diren materia fitoplanktonikoaren kontzentrazioak ikerketa hauetan erabilitakoak baino askoz baxuagoak izaten direla. Baldintza horietan atera dakioke bereizketa-gaitasunari etekin maximoa.

Lehendabiziz Newell & Jordan-ek (1983) eta Bricelj & Malouf-ek (1984) adierazi zutenenez, eta gero MacDonald & Ward-ek (1994) ere esan dutenez, azpimarratzekoa da

hautespen-etekinetatik eratorritako irabaziak ez direla bakarrik partikula batzuk beste batzuk baino lehentasun altuago aldaratzeko gaitasunaren menpekoak. Gako den beste faktorea, sasigorotzen ekoizpenaren neurria da. Bereizketa-gaitasun jakin baterako, prozesu horietatik eratorritako materia ingerituaren kalitatearen emendioa hainbat eta altuagoa izango da, ingeritua gertatzen den materia iragaziaren proportzioa jaitsiz doan neurrian. Ikerketa hauetan lorturiko emaitzek, *M. edulis* muskuiluak etekin energetiko maximoa kalitate baxuko janeurrietan lortzen duela adierazi dute; izatez, janeurri horien kasuetan aldaratu da materia iragaziaren proportzio altuena, hautespen-etekinak balio altuetan mantenduz.

7.4.3. Mukiaren zeregina sasigorotzen ekoizpenean

Kontutan hartu behar da sestonaren edukin baxuetan gerta daitekeen janaria hobetzeko gaitasunak izan ditzakeen mugak, sasigorotzen ekoizpenak eragiten duen muki-ekoizpenak sortarazten duen gastu energetikoak eraginda gertatuko direla. Materia organiko endogenoaren galerak, zenbait baldintzaren pean, hautespenaren eragin onuragarria nulu egitera edo gainditzera heltzea ere gerta liteke, eta orduan prozesu preingestiboaren etekina negatiboa litzateke (Prins & Smaal, 1989). Baldintza naturaletan, materia organiko gehiena detritikoa delarik, gerta liteke berresekidura-fenomeno gogorrek hautespen-etekin garbi negatiboak eragitea. Baina, kasu horietan ere, erantzunak moldapen-balioa izan lezake; izan ere, mukia tartean dagoen artean hautespen-etekin negatiboak azaltzeak ez du halabeharrez esan nahi materia ingerituaren edukin organikoa materia iragaziarena baino baxuagoa denik. Materia ingerituaren emendio txikiak ere, zurgapen-etekinean horren eragin sakona izan dezakeenez, gerta liteke materia asimilatuaren mailan neurtuta muki-ekoizpenean inbertitutako energia justifikaturik egotea; baliteke, hortaz, erantzun-mota horrek inolako aldaraketarik gertatuko ez litzatekeen kasuan baino energia-galera garbi txikiagoa eragitea. Edozein kasutan, materia gehiago aldaratzen den neurrian mukiak aldaratutako materia osoaren barruan duen proportzioa txikiagoa izatea (ikus 7.1. Ekuazioa), berez, sestonaren kontzentrazioak balio altuak lor ditzakeeneko inguruneke bizitzarako moldapena litzateke.

7.4.4. Prozesamendu preingestiboan behatutako populazioen arteko desberdintasunak

Populazioen arteko desberdintasunei dagokienez, Plentziako animaliek zurgapen-tasa altuagoak azaltzen dituzte, eta beraz, neurtu ez ziren tasa metabolikoak ere oso desberdinak gerta ezean, populazio horretako aleek Meñakotzekoek baino hazkunderako eta bizirauteko aukera gehiago izango dute. Oso azpimarragarria da ordea, kontutan hartutako bi esperimenduetan Plentziako muskuiluek zurgapen-tasa altuagoak azaltzearen arrazoiak desberdinak zirela. Lehenengokoan ez zen desberdintasunik sumatu materia algalaren zurgapen-etekinean, eta beraz, zurgapen-tasan suertaturiko aldea, fitoplanktonaren prozesatze-tasen desberdintasunei zor zaie. Baliteke emaitza hau tamaina bereko animalietarako Plentziako aleek liseri-hodiaren kapazitate altuagoa dutelako adierazle izatea, zeren eta prozesatze-tasaren emendioak ez baitzuen zurgapen-etekinaren murrizpenik

eragin. Bigarren esperimentuan, populazio bien arteko desberdintasun nagusia, materia ingerituaren kalitatea materia iragaziaren aldean hobetua lortzeko gaitasunean zetzan, materia detritikoaren ekarpena garrantzitsuagoa zeneko baldintzetan behintzat. Plentziako eta Meñakotzeko aleek, beraz, materia organiko detritikoa hautesteko gaitasunean azaltzen bide dute desberdintasun nabariena, materia fitoplanktonikoarena oso antzekoa baita. Plentziako muskuiluek materia-mota hori energia-iturri modura erabiltzeko hobe doituak daudela dirudi, beraz. Meñakotzeko aleek bere ohiko ingurunean horrelako materia detritikoa izatea, bestalde, ez da probabilitate altuko gertaera, sedimentuaren berresekidurarik ezin gerta daitekeen substratu gogorraren gainean bizi baitira. Ez da horren harrigarria, hortaz, populazio horretako muskuiluek mota horretako materia organikoa lehentasunez ingeritzeko gaitasunik ez izatea, edo Plentziako aleen aldean gaitasun murriztagoa agertzea. Plentziako animalien kasuan aldiz, materia organiko sedimentarioa ohiko janari-iturria izan liteke, bere garrantzi zehatza ezaguna ez badugu ere.

Materia fitoplanktonikorako hautespen-etekinean desberdintasunik aurkitu ez izana, aldiz, ez dago ados Kiørboe & Møhlenberg-ek (1981) lortutako emaitzekin; ikertzaile horiek behatu zutenez, ohiko partikula-kontzentrazio altuak dituen Wadden Sea itsasoko muskuiluek, seston-zama baxuagoko Oresund aldeko aleek baino etekin altuagoz hautesten zuten fitoplanktona. Baliteke gure lan honetan ohiko seston-kontzentrazioan, aukeratutako bi populazioen desberdintasun funtzional behagarriak eragiteko bezainbesteko alderik ez izatea, edo aldiz, Wadden Sea horretan bertan Essink *et al.*-ek (1989) aztertutako populazioan gertatu zen era berean, alde bakoitzari dagokion hain aldagarritasun handiak eraginda, batezbesteko balioen arteko desberdintasun esangarririk ez erakustea.

7.4.5. Zurgapen-etekina

Janariaren kalitateak zurgapen-etekin garbian duen eragina bibalbio-espezie askotan frogatu da: *Mytilus edulis*: (Bayne *et al.*, 1987; Navarro *et al.*, 1991; Hawkins *et al.*, 1996), *Cerastoderma edule*: (Navarro *et al.*, 1992), *Mercenaria mercenaria*: (Bricelj & Malouf, 1984), *Placopecten magellanicus*: (Cranford & Grant, 1990; Cranford, 1995), *Ruditapes phillipinarum*: (Goulletquer *et al.*, 1989); gure ikerlan honetan lortutako emaitzek ere eragin bera adierazi dute, eta beraz, agerian gelditu da materia ingerituaren edukin organikoa, nolabaiteko balio kritiko baten gainetik mantentzearen garrantzia: bestela probetxu gutxi aterako litzaioke ingeritua gertazen den materia organikoari.

Zurgapen-etekinean ere, ez zen desberdintasun esangarririk behatu, materia ingerituaren edukin organikorako estandarizatu eta gero. Materia detritikoaren proportzio altuagoa duten kalitate baxuagoko janeurrietan behatutako alde ustezkoa, hautespen-etekinaren eta aldaratutako proportzioaren desberdintasun txiki batzuen ondorio zen (Plentziako animalienak ziren altuagoak); bi faktoreen eragin sinergikoak azkenean, materia ingerituaren kalitateak desberdintasun esangarriak azaltzea eragin zuen, materia organikoa liseritzeko eta zurgatzeko gaitasunean modu diferentzialean jokatzuz.

Materia detritikoaren zurgapen-etekina ez zen zuzenenan neurtu lan honetan. Hala ere, populazio bakoitzak mota honetako materia erabiltzeko duen gaitasuna, hurrengo hurbilketaren bidez estimatu zen: 1. Esperimentuan lortutako fitoplanktonaren zurgapen-etekinetan oinarrituz, 2. Esperimentuko janeurri bakoitzaren edukin organikoari, materia organiko guztia fitoplanktonikoa litzatekeeneko kasuan legokioken zurgapen-etekina estimatu zen. Etekin horiek neurtutakoekin erkatzean, benetako balioak baxuagoak zirela aurkitu genuen, eta beraz, osagai organiko detritikoaren zurgapen-etekinak baxuagoa izan behar zuela ondorioztatu zen. Horrekin batera, honako hau ere behatu zen: estimaturiko eta neurtutako balioen arteko aldea altuagoa zen materia ingerituan jatorri detritikoko osagaiaren portzentaia ere altuagoa zenean. Orduan, algekin batera osagai hori zurgatzerakoan neurtutako balioak zein etekinek eman zitzakeen kalkulatu zen. Kalkulus-ekuentzia honetan, gorotzetako galera endogenoetarako balio bat onartzea beharrezkoa zen, eta Hawkins *et al.*-en (1990) balioa hartu genuen erreferentzia modura: masa ingerituaren % 10. B, C eta D janeurrietarako kalkulaturako balioak oso aldagarri suertatu ziren, baldintza horietan jatorri detritikotik eratorritako materia organiko ingeritua minimoa baitzen. A janeurriaren kasuan, fitoplanktonaren lehentasunezko ingestioa gertatu arren, detritus-motako partikulen proportzioa nahiko altua zen (% 40, gutxi gora-behera), eta materia sedimentarioa % 20koa ($t_{95\%} = 0.14$) zela estimatu zen. Balio hori, beste bibalbio-espezie baterako, *Mercenaria mercenaria* muxila, hain zuzen ere, Bricelj & Malouf-ek (1984) lortu zutenaren oso antzekoa da; markatze isotopiko bikoitzaren teknika erabiliz, materia organiko sedimentarioaren % 22ko zurgapen-etekinak neurtu zituzten. *Mytilus edulis* muskuiluaren kasurako, Kiørboe *et al.*-ek (1981), algen zurgapenerako % 90ko etekina onartuz, materia asimilatua % 20-30 materia organiko sedimentariotik eratorri zela estimatu zuten. Beraz, animalia hauen energia-iturri nagusia fitoplanktona izan daitekeelarik, materia detritikoa animalia hauen eskaera metabolikoen alde garrantzitsua betetzeko baliagarria izan daiteke, batez ere materia fitoplanktoniko biziaren gertutasuna urria deneko kasuan (Bricelj & Malouf, 1984).

7.4.6. Azken gogoetak

Muskuiluek, Bricelj & Malouf-ek (1984) azaldu zutenaren zentzuan, uhertasun-maila altuko ingurunetatik etekin maximoa erdiesteko egokia den elikadura-jokaera agertu dutela esan daiteke oro har, zeren eta esekidurako materia partikulatuarekin batera gertatzen diren edukin organikoaren murrizpenei aurre egiteko beharrezkoak diren mekanismoak azaltzen baitituzte. Horrela da, gainera, aztertutako populazio bien kasuan, nahiz eta Meñakotzeko populazioak bere ohiko ingurunean seston-kontzentrazio baxuagoak izango dituela susmatzekoa izan. Alabaina, MacDonald & Ward-ek (1994) frogatu zutenek, kontzentrazio baxuko ($< 5 \text{ mg l}^{-1}$) aldeetan bizi diren *Placoepecten magellanicus* bezalako espezieek ere, fitoplanktona hautesteko etekin altua erakus dezakete, eta beraz, ingeritzen den materiaren kalitatea, materia iragaziarena baino altuagoa izatea lor dezakete.

Janariaren kantitatearen eta kalitatearen aldaketen aurrean *Mytilus* espeziearen elikadura-jokaeran behatutako erantzunek, agerian utzi dute animalia hauek partikula ez-organikoek eragindako materia organikoaren diluzio-maila altuak konpentsatzeko gai direla. Horretarako, diluzioaren aurrean sasigorotzen ekoizpena emendatu egiten dute, eta ondorioz, ingestio-tasa mugatzeaz gain, materia ingeritua osagai organikoan aberastea lor dezakete, batez ere fitoplanktonaren proportzioan. Materia ingerituaren edukin organikoaren emendioak, bestalde, zurgapen-etekina balio positiboetan mantentzea ahalbidetzen du. Erantzun-mota honek abantaila nabariak ditu hautazko aklaramendu-tasaren jaitsierarekin erkatuz, azken kasu honetan materia organikoaren ingestioa larriki murriztua gertatuko bailitzateke; murrizpen horrek, gainera, eragin kaltegarria izango luke zurgapen-etekinean, ez bailitzateke emendatuko materia ingerituaren edukina. Baldintza horien pean, zurgapen-tasak zerorantz joko luke edo balio negatiboetara heltzea ere gerta liteke, eta animaliek ez lukete hazteko inolako aukerarik izango. Marennese-Oleron badia edo Holandako Oosterschelde-a bezalako uraren uhertasun-maila altuak erakusten dituzten aldeak, bibalbioak hazteko tokiak izan dira aspalditik eta beraz, seston-zama altuak eta hazkundera elkarrekiko baztertzaila ez direla esan dezakegu; areago, animaliek lehen aipatutako mekanismo egokiak badituzte, sestonaren kontzentrazio altuek hazkunde-tasa faboratzea ere gerta daiteke neurri batzuen barruan (Winter 1976; Ali, 1981; Kiørboe *et al.*, 1981, Møhlenberg & Kiørboe, 1981).



Laburpena eta ondorioak

8.1. Elikadura-jokaera

Esekidurako materiaren ezaugarrien aldaketen aurrean, *Cerastoderma edule* berberetxoak janariaren prozesatze-tasak aldatuz erantzuten du. Esekidurako partikulen kontzentrazioaren emendioak eragindako erantzun-mota, esekiduraren edukin organikoaren araberakoa da. Aberastasun organikoaren baldintzen pean, aklaramendu-tasa murriztu egiten da, eta horrela, iragazitako materiaren kantitateak egonkortzera joko du. Jokaera eraentzailea izango genuke kasu horretan, beraz. Baldintza horietan, sasigorotzen ekoizpena minimoa litzateke eta ondorioz, iragazitako materia gehiena ingeritua gertatuko da. Esekiduraren edukin organikoa jaitsiz doan neurrian ordea, partikulen kontzentrazioaren emendioak eragiten duen aklaramendu-tasaren murrizpena, gero etaintentsitate baxuagokoa da. Izan ere, edukin organiko oso baxuetarako (% 10 gutxi gora-behera), aklaramendu-tasa emendatzea ere gerta daiteke sestonaren kontzentrazioa emendatzean. Baldintza horien pean, sasigorotzetan kanporatzen den materia iragaziaren proportzioak gora egiten du, eta horrelaxe mugatzen da ingestio-tasa. Beraz, ingestio-tasaren eraenketarako beste mekanismo bat dugu hemen.

Ondorio hauek, laborategi-baldintzetan lortutako emaitzetatik atera ditugu, eta beraz, janariaren gertutasunari dagokionez guztiz artifizialak diren baldintzetan aritu gara kasu honetan. Hala ere, baldintza naturaletan burututako esperimientuetatik ere, funtsean berdinak diren emaitzak erdietsi ditugu.

Aipatutako elikadura-jokaera horiek ulertu eta baloratzeko, kontutan hartu behar dugu bibalbio-espezie honen iragazten den janariaren hautespenerako gaitasuna.

8.2. Hautespen preingestiboa.

Cerastoderma edule berberetxoak, beste bibalbio-espezie batzuek bezala, edukin organiko baxuko partikula iragaziak lehentasunez aldaratzeko gaitasun handia du. Partikula-kontzentrazioak nolabaiteko eragina izan dezakeen arren, gaitasun hori mugatzen duen faktore nagusia, esekiduraren edukin organikoa bide da. Materia organikoaren hautespen-etekin maximoa, edukin organiko ertainetan lortzen da, eta balio altuago eta baxuagoetarako nabariki jaisten da. Partikula organikoen proportzioa altuagoa den neurrian, hautespenerako aukerak gero eta murrizagoak dira, zeren eta nahiko homogeneoak diren esekidurak izango baitira eta baldintza horietan edukin organiko baxuko partikulak aldaratzeko gaitasuna oso murriztua baitago.

Edukin organiko baxuetan gertatzen den hautespen-etekinaren beherapena aldiz, beste gertaera batean oinarrituta dago. Izan ere, kalitate baxuko edo nuluko partikulen kontzentrazioa altua izanik, hautespenerako aukerak ugari dago. Baldintza horien pean hortaz, edukin organiko baxuko materia iragaziaren proportzio altua aldaratuko da, eta beraz, materia ingerituaren kalitatea esangarriki hobe daiteke. Lan honetan, klorofila markatzaile modura erabiliz, baieztatu egin dugu orain arte esandako hori guztia, zeren eta esekiduraren edukin organikoa jaisten den neurrian, materia fitoplanktonikoaren hautespen-etekina emendatuz doala frogatu baitugu. Beraz, edukin organiko baxuetan suertatzen den partikulen hautespen-etekinaren jaitsiera, itxurazkoa besterik ez da, eta ondoren berrikusiko dugunez, sasigorotzetako mukiaren ekarpenak eraginda dago.

8.3. Mukiaren zeregina

Materia organiko osoaren eta materia fitoplanktonikoaren aldaratze-tasen erkaketak, sasigorotzen ekoizpenean halabezarrez gertatzen den muki-ekoizpenaren ekarpena neurtzeko aukera eman digu. Mota honetako materia endogenoaren galera-tasa, aldaratze-tasa osoaren funtzio ia lineala dela aurkitu dugu. Horrelako menpekotasunak azal dezake, hain zuzen ere, esekiduraren edukin organiko baxuetarako behaturiko hautespen-etekinaren jaitsiera. Ekoiztako muki-kantitatea, aldaratutako materia osoaren proportzio ia konstantea da eta beraz, aldaratutako materia organikoarekiko ekarpen erlatiboa emendatu egiten da sasigorotzen edukin organikoa jaistean. Horrexegatik beheratzen da hautespen-etekina janeurriaren edukin organiko baxuetarako, hautespen-etekin hori janariaren eta sasigorotzen edukin organikoetan oinarrituz kalkulatzan denean.

Janariaren edukin organikoak muki-ekoizpenean duen eragin positiboak, partzialki konpentsatzen du oraintxe aipatutako aldaratze-tasaren eragina, baina ez da haren efektua arintzeko beste. Bi aldagaien arteko menpekotasun-mota alometrikoa izatea sortarazten duen eragin positibo hori, mukiaren jokaeran datza; partikulen azalerarekin substantzia honek azaltzen duen menpekotasuna, partikulen masarekin azaltzen duena baino handiagoa da; partikula organikoek partikula ez-organikoek baino dentsitatea baxuagoa dutenez, azalera

handiagoa dute proportzionalki, eta beraz, animaliek haiek aldaratzeko muki-kantitate altuagoa behar dute.

8.4. Janeurriko osagaien hautespena

Cerastoderma edule margolak liseri-hodira iritsiko den materia partikulatua hautatzeko duen ahalmena, nolabaiteko kimioharrera-prozesuetan oinarritutako mekanismoetan bide datza. Ondorio hori, izaera organikoko materiaren osagai desberdinak etekin gordin desberdinez hautatuak gerta daitezkeelako behaketetatik lortu da. Kontu hori aztertzeke, bi hurbilketa-motata jo dugu ikerlan honetan. Alde batetik, sedimentu naturalaren materia detritikoaren hautespen-etekina aztertu da, eta bestetik, mikroalgak eta landare baskularretatik eratorritako detritusak hautesteko gaitasuna izan dugu iergai. Hurbilketa-mota bien ondoren, materia fitoplanktoniko bizia materia detritikoa baino etekin altuagoz hautesten dela finkatu dugu. Gainera, materia detritikoa hautesten deneko etekina, osagai horrek materia osoaren barruan duen proportzioaren arabera dela ikusi dugu. Hortaz, osagai detritikoaren proportzioa baxua denean, oso etekin baxuz edo negatiboz hautatzen da materia detritikoa. Fitoplanktonaren materia organiko osorako ekarpena jaitsiz eta ondorioz, partikula detritikoak nagusitzen doazen neurrian, hautespen-etekinak gora egiten du; hala eta guztiz, ez da inoiz lortzen fitoplanktonarenak bezalako balio alturik lortzen.

Bestalde, sestonaren osagai organiko desberdinen hautespen diferentzialerako gaitasun honek ere badu eragina janariaren edukin organikoaren jaitsieraren aurrean gertatzen den hautespen-etekinaren berehapenean.

8.5. Materia ingerituaren hobekuntza, eta hobetzeak elikadura-jokaeran duen eragina.

Materia iragaziaren osagai batzuk selektiboki aldaratzeko ahalmenaren ondorioz, esekiduraren materiarekin erkatuz, ingeritzen den materia hobetua gertatzen da, hots, aberastua. Sasigorotzak ekoiztea, beraz, ingestio-tasa eraentzeko etekin altuko mekanismoa ezezik, materia ingeritua aberasteko prozesua ere bada. Hobetzearen neurri erlatiboa, logikoa denez, hautespen-etekinarekiko menpekota da, baina batez ere, aldaratzen den materiaren proportzioaren arabera da. Aldaratutako portzentaia zenbat eta baxuagoa izan, hainbat eta aldaketa txikiagoa jasango du materia ingerituaren kalitateak; sasigorotzen ekoizpen-tasa altuek aldiz, liseri-hodira sartuko den materiaren konposaketa erabat aldatua gertatzea eragin dezakete.

Aurrekoaren ondorioz, janeurriak elikadura-balio baxuko partikula-proportzioa urria duenean, lor daitekeen hobetze-maila murriztua dago: hautespen-etekina baxua da eta sasigorotzen ekoizpena ezin da larregi emendatu, edukin organiko altuko partikula asko ere aldaratuko bailirateke kasu horretan. Janeurriko edukin organiko baxuko partikulen

proportzioa altua denean ordea, aldaratze-tasa altuak mantzentzeak abantailak ekar diezazkioke animalari, ingestioaren aurretiko hautespen-mekanismoek balio urriko partikula gehienak aldaratzea eragingo baitute. Horrela, hobetze-maila altuak erdiets daitezke.

Berez, materia iragaziarekin erkatuz materia ingerituak jasan dezakeen aberaste erlatiboa da elikadura-jokaera muga dezakeen funtsezko faktorea. Hobetze-maila altua kalitate baxuko janeurrietan soilik gerta daitekeenez, horietan bertan antzeman daiteke sasigorotzen ekoizpenak abantaila energetiko garrantzitsuak eragin ditzakeela. Horregatik gertatzen dira hain zuzen ere aldaratze-tasa altuenak edukin organiko baxuetarako; horrek, bestalde, iragazte-tasak ere altuak izatea eskatzen du. Gertu dagoen janaria, kalitate altukoa denean ordea, hautespen mekanismoek eskainiko lituzketen abantaila eskasak edo nuluak aldaratze-tasak ere baxuak lekarke. Baldintza horien pean beraz, ingestio-tasaren eraenketa, aklaramendu-tasa murriztearen bidetik lortzen da, eta iragazte-tasa ere eraendu egiten da hortaz.

8.6. Zurgapen-etekina

Zurgapen-etekin garbia, etekin gordinaren menpekota da, hots, liseri-sistemak janaria edo janariaren osagaiak liseritzeko eta zurgatzeko duen ahalmenaren menpekota. Ahalmen horretan badute eragina ikerlan honetan neurtu ez diren beste faktore endogeno batzuek, hala nola hornidura entzimatikoa, janariaren igarotze-denbora, liseri-hodiaren kapazitatea eta abar; janariaren izaerak berak ere badu zeregina auzi honetan. Zehatzago esateko, janariaren liserigarritasun-mailak, liseri-prozesuen ihardueraren ondorengo zurgapen gordinaren etekina muga dezake. Gertaera hori, hautespen preingestiboaren kasuan erabilitakoaren antzeko hurbilketa-motaren bidez, izaera desberdineko materia organikoen erabilera diferentziala aztertzerakoan jarri da agerian. Gure ustez, fitoplanktona etekin altuagoz zurgatua izateak, beste materia organiko batzuk baino lehentasun handiagoz ingeritua izatea azal dezake.

Materia ingerituaren zurgapen-etekin garbiak, bestalde, ingeritzen den janariaren kalitatearekiko menpekotasun handia azaltzen du. Lan honetako esperimendu desberdinetan lorturiko zurgapen-etekinaren eta materia ingerituaren edukin organikoaren arteko erlazioa, kurbilineala izan da kasu guztietan (esponentziala edo hiperbolikoa, doiketarako aukeratutako funtzio-motaren arabera), eta asintotikoa. Edozein kasutan, horiek guztiek hurrengo fenomenoaren adierazle dira: kurben balio asintotikoak, lehenago aipatu dugun zurgapen-etekin gordinaren adierazle dira. Edukin organikoa jaistean zurgapen-etekinak pairatzen duen murrizpena, baldintza horien pean gero eta garrantzi handiagoa duten gorotzetako galera endogenoek eragiten dute. Galera endogeno horiek, izan ere, gorotzetan kanporatzen den materia organiko osoaren proportzio esangarria izan dezakete ingeritzen den materiaren edukin organikoa berez baxua denean.

Zurgapen-etekin garbiaren eta ingerituriko janariaren edukin organikoaren arteko menpekotasunak, ingestioaren aurretiko hautespen-mekanismoen garrantzia ageriagoan utzi du. Izan ere, mekanismo horiek, berez garrantzi handikoa den materia ingeritua hobetzeko aukera eskaintzeaz gain, horren bitartez ingeritzen den materia organikoa, inolako hobetzerik gertatu izan ez balitz baino are modu efizienteagoan zurgatzea eragiten du.

8.8. Muskuiluen elikadura-jokaeraren balorazioa

Lan honetan aztertutako *Mytilus edulis* muskuiluen aleek azaldutako elikadura-jokaerak, funtsean ez du *Cerastoderma edule* berberetxoak azaldutakoarekin desberdintasun nabaririk erakutsi. Esekidurako janariaren ezaugarrien aldaketen aurrean erantzuteko moduak, margolen eredu bera du, zeren eta ingestio-tasa murrizteko, janariaren edukin organikoaren arabera mekanismo bi baitauzkate aukeran muskuiluek ere. Batetik, hautespen-prozesuen ezaugarriak eta bestetik zurgapen-etekinak janariaren edukin organikoaren arabera dituzten eboluzioak ere, ia bereiztezinak dira bi espezieen artean. Antzekotasun-maila hau harrigarria gerta liteke, muskuilak animalia epifaunalak direla gogoratuz gero. Kontutan izan behar da, hala ere, *M. edulis* espezieak tipikoki infaunal diren espezieen nitxoak kolonizatzeko ahalmen izugarria duela; hori dela medio, askotan itsasadar batzuen hondoa estaltzen duten tamaina handiko populazioak osatuz ager daiteke. Baliteke, beraz, habitat-mota berean bizi ahal izatea berberetxoekin erkatzerakoan aurkitu dugun elikadura-jokaeraren antzekotasun horri zor izatea.

Aipatu behar da, dena dela, ikertutako animalia hauen fisiologian desberdintasun nabari bat aurkitu dugula: fitoplanktonikoa ez den materia organikoa zurgatzeko gaitasunari dagokiona, hain zuzen ere. Berberetxoek materia detritikoaren zurgapen-etekin altuagoak dituzte; baliteke ezaugarri hori, mota horretako baliabide trofikoak erabiltzeko *C. edule* espeziearen espezializazio-maila altuagoaren adierazle izatea. Desberdintasuna, bi espezieen hornidura entzimatikoa izaera espezifikoaren arteko desberdintasunetan oinarrituta egotea. Espezie infaunalek, oro har, hondoetan jaillkitzen diren eta erraz berresekiz daitezkeen osagai detritikoak erabiltzeko aukera gehiago dute.

Desberdintasunez ari garela, aintzat hartzekoa da halaber, kostalde irekiko eta itsasadarreko muskuilu-populazioen artean behatu dugun desberdintasuna. Itsasadarreko muskuiluek materia detritikoa lehentasun handiagoz ingeritzeko azaldu duten gaitasuna ere, aurrekoarekin ados dago eta espezie honen elikadura-jokaeraren zenbait ezaugarri baliabideen gertutasunaren arabera alda daitezkeela adierazi digu. Bukatzeko, itsasadarreko muskuiluen elikadura-fisiologiak, antzekotasun handiagoa du berberetxoekin, kostalde irekiko muskuiluenarekin baino .

8.8. Azken gogoetak

Ikerlan honetan lorturiko emaitzetan oinarrituz, *Cerastoderma edule* berberetxoaren eta *Mytilus edulis* muskuiluaren elikaduraren eta liseriketaren fisiologian jotzen duten osagaien ezaugarriak finkatzeko aukera izan dugu; *Mytilus edulis* muskuiluaren kasuan ordea, hurbilketa ez da horren sakona izan. Elikadura-jokaerari dagokionez ingurune elikadura-baldintzetan gerta daitezkeen aldaketei aurre egiteko gaitasuna ematen dien malgutasun-maila altua erakutsi dute espezie biek. Janaria lortzen duteneko ur-zutabeen esekita dauden partikulen kontzentrazioaren eta edukin organikoaren aldaketen aurrean, ingestioaren aurretiko eta liseriketa-mailako janariaren prozesatze-tasak aldatuz erantzuten dute. Erantzunak, zentzu konpentsatzailekoak dira, eta inolako erantzun fisiologikorik erakutsi ez luketen kasuan gerta litezkeen eragin negatiboak arintzeko dituzte animaliek. Beraz, behatutako erantzun fisiologikoak moldapen-balio altukoak direla esan dezakegu.

9

Bibliografia

- Albentosa, M., A. Pérez Camacho & R. Beiras, 1996. The effect of food concentration on the scope for growth and growth performance of *Ruditapes decussatus* seed reared in an open-flow system. *Aquaculture Nutrition*, 2: 213-220.
- Ali, R. M., 1970. The influence of suspension density and temperature on filtration rate of *Hiatella arctica*. *Mar. Biol.*, 6: 291-303.
- Barillé, L., M. Héral & A.-L. Barillé-Boyer., 1997. Modélisation de lécophysiologie de l'huître *Crassostrea gigas* dans un environnement estuarien. *Aquat. Living Resour.*, 10: 31-48.
- Barille, L., J. Prou, M. Héral & S. Bourgrier, 1993. No influence of food quality, but ration-dependent retention efficiencies in the Japanese oyster *Crassostrea gigas*. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 171: 91-106.
- Bayne, B. L., 1993. Feeding physiology of bivalves: time dependence and compensation for changes in food availability. In: "Bivalve filter feeders in estuarine and coastal ecosystem processes". (R. F. Dame, ed). Nato ASI series, Vol G 33. Springer-Verlag, Heidelberg, pp.: 1-24.
- Bayne, B. L., & A. J. S. Hawkins, 1990. Filter feeding in bivalve molluscs: Controls on energy balance. In "Animal nutrition and transport processes. N° 1. Nutrition in wild and domestic animals" (J. Mellinger, J. P. Truchot, and B. Lahlou, eds). Karger, Basel, pp.: 70-83.
- Bayne, B. L. & C. M. Worrall, 1980. Growth and production of mussels *Mytilus edulis* from two populations. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 3: 317-328.
- Bayne, B. L., C. J. Bayne, T. C. Carefoot & R. J. Thompson, 1976. The physiological ecology of *Mytilus californianus* Conrad. *Oecologia* (Berl.), 22: 211-228.
- Bayne, B. L., A. J. S. Hawkins & E. Navarro, 1987. Feeding and digestion by the mussel *Mytilus edulis* L. (Bivalvia: Mollusca) in mixtures of silt and algal cells at low concentration. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 111: 1-22.
- Bayne, B. L., A. J. S. Hawkins, E. Navarro & J. I. P. Iglesias, 1989. Effects of seston concentration on feeding, digestion and growth in the mussel *Mytilus edulis*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 55: 47-55.
- Bayne, B. L., J. I. P. Iglesias, A. J. S. Hawkins, E. Navarro, M. Héral & J. M. Deslous-Paoli, 1993. Feeding behaviour of the mussel *Mytilus edulis* : Responses to variations in quantity and organic content of the seston. *J. mar. biol. Ass. U.K.*, 73: 813-829.
- Bayne, B. L., Klumpp, D. W. & Clarke, K. R., 1984. Aspects of feeding, including estimates of gut passage time, in three mytilid species (Bivalvia: Mollusca) at two contrasting sites in the Cape Peninsula, South Africa. *Oecologia*, 64: 26-33.
- Bayne, B. L. & R. C. Newell, 1983. Physiological energetics of marine molluscs. In: "The Mollusca, Vol. 4, Physiology, Part 1" (A. S. M. Saleudin & K. M. Wilbur, eds). Academic Press, New York, pp. 407-515.
- Beninger, P. G. & M. LePennec, 1993. Histochemistry of the bucco-oesophageal glands of *Mytilus edulis*: the importance of mucus in ingestion. *J. mar. biol. Ass. U. K.*, 73: 237-240.

- Beninger, P. G., M. Le Pennec & A. Donval, 1991. Mode of particle ingestion in five species of suspension-feeding bivalve molluscs. *Mar. Biol.*, 108: 255-261.
- Beninger, P. G., S. St-Jeans, Y. Poussart & J. E. Ward, 1993. Gill function and mucocyte distribution in *Placopecten magellanicus* (Mollusca: Bivalvia): the role of mucus in particle transport. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 98: 275-282.
- Beninger, P. G., Ward, J. E., B. A. MacDonald & R. J. Thompson, 1992. Gill function and particle transport in *Placopecten magellanicus* (Mollusca: Bivalvia) as revealed using video endoscopy. *Mar. Biol.*, 114: 281-288.
- Berg, J. A. & R. I. E. Newell, 1986. Temporal and spatial variations in the composition of seston available to the suspension feeder *Crassostrea virginica*. *Est. Coast. Shelf Sci.*, 23: 375-386.
- Bernard, F. R., 1974. Particle sorting and labial palp function in the pacific oyster *Crassostrea gigas* (Thunberg, 1975). *Biol. Bull.*, 146: 1-10.
- Birkbeck, T. H. & Mc Henery, J. G., 1982. Degradation of bacteria by *Mytilus edulis*. *Mar. Biol.*, 72: 7-15.
- Bodoy, A. & M. R. Plante-Cuny, 1984. Relations entre l' évolution saisonniere des populations de palourdes (*Ruditapes decussatus*) et celle des microphytes benthiques et planctoniques (Golfe de Fos, France). *Haliotis*, 14: 71-78.
- Bricelj, V. M. & R. E. Malouf, 1984. Influence of algal and suspended sediment concentrations on the feeding physiology of the hard clam *Mercenaria mercenaria*. *Mar. Biol.*, 84: 155-165.
- Brock, V. & Kenedy, V. S., 1992. Quantitative analysis of crystalline style carbohydrases in five suspension and deposit feeding bivalves. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 159: 51-58.
- Cadee, G.C. & J. Hegeman, 1974. Primary production of the benthic microflora living on tidal flats in the Dutch Wadden Sea. *Neth. J. Sea Res.*, 8: 260-291.
- Carlson D.J., D.W. Townsend, A.L. Hilyard & J.F. Eaton, 1984. Effect of an intertidal mudflat on plankton of the overlying water column. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 41: 1523-1528.
- Cloern, J.E., 1982. Does the benthos control phytoplankton biomass in South San Francisco Bay? *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 9: 191-202.
- Cock, M. J. W., 1978. The assessment of preference. *J. Anim. Ecol.*, 47: 805-816.
- Conover, R. J., 1966. Assimilation of organic matter by zooplankton. *Limnol. Oceanogr.*, 11: 338-358.
- Cranford, P. J., 1995. Relationship between food quantity and quality and absorption efficiency in sea scallops *Placopecten magellanicus* (Gmelin). *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 189: 123-142.
- Cranford, P. J. & J. R. Gordon, 1992. The influence of dilute clay suspensions on sea scallop (*Placopecten magellanicus*) feeding activity and tissue growth. *Neth. J. Sea Res.*, 30: 107-120.
- Cranford, P. J. & J. Grant, 1990. Particle clearance and absorption of phytoplankton and detritus by the sea scallop *Placopecten magellanicus* (Gmelin). *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 137: 105-121.
- Cranford, P. J. & Hargrave, B. T., 1994. In situ time-series measurements of ingestion and absorption rates of suspension-feeding bivalves: *Placopecten magellanicus*. *Limnol. Oceanogr.*, 39: 730-738.
- Crosby, M.P., C.J., Langdon & R.I.E. Newell, 1989. Importance of refractory plant material to the carbon budget of the oyster *Crassostrea virginica*. *Mar. Biol.*, 100: 343-352.
- Chesson, J., 1978. Measuring preference in selective predation. *Ecology*, 59: 211-215.
- Chiba, K. & Y. Ohshima, 1957. Effect of suspended particles on the pumping and feeding of marine bivalves, specially of Japanese neck-clam. *Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish.*, 23: 348-353.
- Dame, R. F., 1993. The role of bivalve filter feeder material fluxes in estuarine ecosystems. In: "Bivalve filter feeders in estuarine and coastal ecosystem processes" (R. F. Dame, ed.). Nato ASI Series, Vol G 33. Springer-Verlag, Heidelberg, pp. 245-270.
- Dame R. F., R. Zingmark, H. Stevenson & D. Nelson, 1980. Filter feeder coupling between the estuarine water column and benthic subsystems. In: "Estuarine perspectives" (Kennedy V. S, ed.) . Academic Press, New York, pp 521-526.
- Davies, M. S., S. J. Hawkins & H. D. Jones, 1990. Mucus production and physiological energetics in *Patella vulgata* L. *J. Moll. Stud.*, 56: 499-503.

- Davies, M. S., H. D. Jones & S. J. Hawkins, 1990. Seasonal variation in the composition of pedal mucus from *Patella vulgata* L. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 144: 101-112.
- De Jonge, V. N. & J. E. E. Van Beusekom, 1992. Contribution of resuspended microphytobenthos to total phytoplankton in the Ems estuary and its possible role for grazers. *Neth. J. Sea Res.*, 30: 91-105.
- De Villiers, C. J. & A. N. Hodgson, 1993. The filtration and feeding physiology of the infaunal estuarine bivalve *Solen cylindraceus* Hanley 1843. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 167: 127-142.
- Denny, M., 1979. The role of mucus in the locomotion and adhesion of the pulmonate slug, *Ariolimax columbianus*. Ph. D. Thesis, University of British Columbia, Vancouver.
- Doering, P. H. & C. A. Oviatt, 1986. Application of filtration rate models to field populations of bivalves: an assessment using experimental mesocosms. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 31: 265-275.
- Dral, A. D. G., 1967. The movements of the laterofrontal cilia and the mechanisms of particle retention in the mussel (*Mytilus edulis* L.). *Neth. J. Sea Res.*, 3: 391-422.
- Essink, K., P. Tydeman, F. De Koning, & H. L. Kleef, 1989. On the adaptation of the mussel *Mytilus edulis* L. to different environmental suspended matter concentrations. In: "Proc. 21st. Europ. Mar. Biol. Symp.", Polish Acad. Sci., Inst. Oceanol., pp. 41-51.
- Fegley, S. T., B. A. MacDonald & T. R. Jacobsen, 1992. Short-term variation in the quantity and quality of seston available to benthic suspension feeders. *Est. Coast. Shelf Sci.*, 34: 393-412.
- Figueras, A., 1956. Moluscos de las playas de la ría de Vigo. I. Ecología y distribución. *Inv. Pesq.*, 5: 51-88.
- Figueras, A., 1967 a. Ecología y crecimiento de *Cardium edule* L. en el estuario del río Miño (N.W. de España). *Inv. Pesq.*, 30: 577-588.
- Figueras, A., 1967 b. Edad y crecimiento de *Cardium edule* en la ría de Vigo. *Inv. Pesq.*, 31: 361-382.
- Foster-Smith, R. L., 1975 a. The role of mucus in the mechanism of feeding in three filter-feeding bivalves. *Proc. malac. Soc. London*, 41:571-588.
- Foster-Smith, R. L., 1975 b. The effect of concentration of suspension on the filtration rates and pseudofeces production for *Mytilus edulis* (L.), *Cerastoderma edule* (L.), and *Venerupis pullastra* (Montagu). *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 17: 1-22.
- Foster-Smith, R. L., 1975 c. The effect of concentration of suspension and inert material on the assimilation of algae by three bivalves. *J. mar. biol. Ass. U.K.*, 55: 411-418.
- Foster-Smith, R. L., 1976. Some mechanism for the control of pumping activity in bivalves. *Mar. Behav. Physiol.*, 4: 41-60.
- Foster-Smith, R. L., 1978. The function of the pallial organs of bivalves in controlling ingestion. *J. Moll. Stud.*, 44: 83-99.
- Frechette, M. & J. Grant, 1991. An in situ estimation of the effect of wind-driven resuspension on the growth of the mussel *Mytilus edulis* L. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 148: 201-213.
- Galtsoff, P. S., 1964. The American oyster, *Crassostrea virginica* (Gmelin). *U.S. Fish. Wildl. Serv., Fish. Bull.*, 64: 1-480.
- Goulletquer, P., M. Heral, J. M. Deslous-Paoli, J. Prou, J. Garnier, D. Razet & W. Boromthananarat, 1989. Ecophysiologie et bilan énergétique de la palourde japonaise d'élevage *Ruditapes philippinarum*. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 132, 85-108.
- Graham, A., 1949. The molluscan stomach. *Trans. R. Soc. Edimburgh*, 61: 737-788.
- Grant, J., 1996. The relationship of energetics and the environment to the field growth of cultured bivalves. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 200: 239-256.
- Grant, J. & B. Thorpe, 1991. Effects of suspended sediment on growth, respiration and excretion of the soft-shell clam (*Mya arenaria*). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 48, 1285-1292.
- Grant, J. & P. J. Cranford, 1991. Carbon and nitrogen scope for growth as a function of diet in the sea scallop *Placopecten magellanicus*. *J. mar. biol. Ass. U. K.*, 71: 437-450.
- Grant, J., C. T. Enright & A. Griswold, 1990. Resuspension and growth of *Ostrea edulis*: a field experiment. *Mar. Biol.*, 104: 51-59.

- Grant, J., F. Volckaert & D.L. Roberts-Regan, 1987. Resuspendable organic matter in Nova Scotian shelf and slope sediments. *Contin. Shelf. Res.*, 7: 1123-1138.
- Grant, J., U. V. Bathman & E. L. Mills, 1986. The interaction between benthic diatom films and sediment transport. *Est. Coast. Shelf. Sci.*, 23: 225-238.
- Grenon, J.-F. & G. Walker, 1980. Biochemical and rheological properties of the pedal mucus of the limpet, *Patella vulgata* L.. *Comp. Biochem. Physiol.*, 66B: 451-458.
- Griffiths, R. J., 1980 a. Natural food availability and assimilation in the bivalve *Choromytilus meridionalis*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 3: 151-156.
- Griffiths, R. J., 1980 b. Filtration, respiration and assimilation in the black mussel *Choromytilus meridionalis*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 3: 63-70.
- Grizzle, R.E. & P. J., Morin, 1989. Effect of tidal currents, seston and bottom sediments on growth of *Mercenaria mercenaria*: results of a field experiment. *Mar. Biol.*, 102: 85-93.
- Haven, D. S. & R. Morales-Alamo, 1966. Aspects of biodeposition by oysters and other invertebrate filter feeders. *Limnol. Oceanogr.*, 11: 487-498.
- Haven, D. S. & R. Morales-Alamo, 1972. Biodeposition as a factor in sedimentation of fine suspended solids in estuaries. *Geol. Soc. Am. Mem.*, 133: 121-130.
- Hawkins, A. J. S. & B. L. Bayne, 1984. Seasonal variations in the balance between physiological mechanisms of feeding and digestion in *Mytilus edulis* (Bivalvia: Mollusca). *Mar. Biol.*, 82: 233-240.
- Hawkins, A. J. S. & B. L. Bayne, 1985. Seasonal variation in the relative utilization of carbon and nitrogen by the mussel *Mytilus edulis*: Budgets, conversion efficiencies and maintenance requirements. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 25: 181-188.
- Hawkins, A. J. S. & B. L. Bayne, 1991. Nutrition of marine mussels: factors influencing the relative utilizations of protein and energy. *Aquaculture*, 94: 177-196.
- Hawkins, A. J. S. & Bayne, B. L., 1992. Physiological interrelations and the regulation of production. In: "The mussel *Mytilus*: ecology, physiology, genetics and culture". (E. Gosling ed). Elsevier, Amsterdam, pp.: 171-222.
- Hawkins, A. J. S., B. L. Bayne & A. J. Day, 1986. Protein turnover, physiological energetics and heterozygosity in the blue mussel, *Mytilus edulis*: the basis of variable age-specific growth. *Proc. R. Soc. Lond. B*, 229: 161-176.
- Hawkins, A. J. S., B. L. Bayne, R. F. C. Mantoura, C. A. Llewellyn & E. Navarro, 1986. Chlorophyll degradation and absorption throughout the digestive system of the blue mussel *Mytilus edulis* L. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 96: 213-223.
- Hawkins, A. J. S., E. Navarro & J. I. P. Iglesias, 1990. Comparative allometries of gut content, gut passage time and metabolic faecal loss in *Mytilus edulis* and *Cerastoderma edule*. *Mar. Biol.*, 105: 197-204.
- Hawkins, A. J. S., R. F. M. Smith, B. L. Bayne & M. Heral, 1996. Novel observations underlying the fast growth of suspension-feeding shellfish in turbid environments: *Mytilus edulis*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 131: 179-190.
- Hawkins, A. J. S., R. F. M. Smith, S. Bougrier, B. L. Bayne & M. Héral, 1997. Manipulation of dietary conditions for maximal growth in mussels, *Mytilus edulis*, from the Marennes-Oléron Bay, France. *Aquat. Living Resour.*, 10: 13-22.
- Hildreth, D. I. & A. Mallet, 1980. The effect of suspension density on the retention of 5 μ m diatoms by the *Mytilus edulis* gill. *Biol. Bull.*, 158: 316-323.
- Hily, C., 1991. Is the activity of benthic suspension feeders a factor controlling water quality in the Bay of Brest? *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 69: 179-188.
- Ibarrola, I., 1996. Adaptaciones digestivas en el berberecho *Cerastoderma edule* sometido a variaciones en la cantidad y el contenido orgánico de la dieta: implicaciones energéticas. Tesis Doctoral. Universidad del País Vasco.

- Iglesias, J. I. P., E. Navarro, P. Alvarez Jorna & I. Armentia, 1992. Feeding, particle selection and absorption in cockles *Cerastoderma edule* exposed to variable conditions of food concentration and quality. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 162: 177-198.
- Ivell, R., 1981. A quantitative study of a *Cerastoderma-Nephtys* community in the Limfjord, Denmark, with special reference to production of *Cerastoderma edule* (Lamellibranchiata). *J. Moll. Stud.*, 45: 383-400.
- Ivlev, V. S., 1961. Experimental ecology of the feeding of fishes. Yale University Press. New Haven, Connecticut.
- Jacobs, J., 1974. Quantitative measurement of food selection. *Oecologia* (Berl), 14: 413-417.
- Jonge, V.N. & J. Bergs, 1987. Experiments on the resuspension of estuarine sediments containing benthic diatoms. *Est. Coast. Shelf. Sci.*, 24: 725-740.
- Jordan, T. E. & I. Valiela, 1982. A nitrogen budget of the ribbed mussel, *Geukensia demissa* and its significance in nitrogen flow in a New England salt marsh. *Limnol. Oceanogr.*, 27: 75-90.
- Jørgensen, C. B., 1990. "Bivalve filter feeding: Hydrodynamics, Bioenergetics, Physiology and Ecology". Olsen & Olsen, Fredensborg.
- Jørgensen, C. B., 1996. Bivalve filter feeding revisited. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 142: 287-302.
- Kautsky, N., 1981. On the trophic role of the blue mussel (*Mytilus edulis*) in a Baltic coastal ecosystem and the fate of the organic matter produced by the mussels. *Kieler Meeresforsch.*, 5: 454-461.
- Kautsky, N., 1982. Growth and size structure in a Baltic *Mytilus edulis* population. *Mar. Biol.*, 68: 117-133.
- Kellogg, J. L., 1915. Ciliary mechanisms of lamellibranchs with description of anatomy. *J. Morphol.*, 26: 625-701.
- Kideys, A. E. & R. G. Hartnoll, 1991. Energetics of mucus production in the common whelk *Buccinum undatum* L.. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 150: 91-105.
- Kjørboe, T. & F. Møhlenberg, 1981. Particle selection in suspension-feeding bivalves. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 5: 291-296.
- Kjørboe, T., F. Møhlenberg & O. Nøhr, 1980. Feeding, particle selection and carbon absorption in *Mytilus edulis* in different mixtures of algae and resuspended bottom material. *Ophelia*, 19: 193-205.
- Kjørboe, T., F. Møhlenberg & O. Nøhr, 1981. Effect of suspended bottom material on growth and energetics in *Mytilus edulis*. *Mar. Biol.*, 61: 283-288.
- Kreeger, D. A., C. J. Langdon & R. I. E. Newell, 1988. Utilisation of refractory cellulosic carbon derived from *Spartina alterniflora* by the ribbed mussel *Geukensia demissa*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 42: 171-179.
- Kreger, D., 1940. On the ecology of *Cardium edule* L. *Arch. Néerl. Zool.*, 4: 157-200.
- Langdon, C. J. & R. I. E. Newell, 1990. Utilization of detritus and bacteria as food sources by two bivalve suspension-feeders, the oyster *Crassostrea virginica* and the mussel *Geukensia demissa*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 58: 299-310.
- Larretxea, X., 1995. Estudios de crecimiento en *Cerastoderma edule* L. (Bivalvia, Cardiidae): bases fisiológicas de la producción individual. Tesis Doctoral. Universidad del País Vasco.
- Lechowicz, M. J., 1982. The sampling characteristics of electivity indices. *Oecologia* (Berl), 52: 22-30.
- Lehman, J. T., 1976. The filter feeder as an optimal forager, and the predicted shapes of feeding curves. *Limnol. Oceanogr.*, 21: 501-516.
- Litt, M., D. P. Wolf & M. A. Khan, 1977. Functional aspects of mucus rheology. In: "Mucus in Health Disease: Advances in Experimental Medicine and Biology, Vol 89" (M. Elstein & D. V. Parke, eds). Plenum Press, New York, pp: 191-201.
- Lorenzen, C. J., 1967. Determination of chlorophyll and pheophytin: spectrophotometric equations. *Limnol. Oceanogr.*, 30, 693-698.
- Loosanoff, V. L., 1949. On the food selectivity of oysters. *Science*, 110: 122.

- Lucas, M. I. & R. C. Newell, 1984. Utilisation of saltmarsh grass detritus by two estuarine bivalves: Carbohydrase activity of crystalline style enzymes of the oyster *Crassostrea virginica* (Gmelin) and the mussel *Geukensia demissa* (Dillwyn). *Mar. Biol. Lett.*, 5: 275-290.
- Lucas, M. I. & R. C. Newell, 1984. Utilisation of saltmarsh grass detritus by two estuarine bivalves: carbohydrase activity of crystalline style enzymes of the oyster *Crassostrea virginica* (Gmelin) and the mussel *Mytilus edulis*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 36: 215-224.
- MacDonald, B. A. & J. E. Ward, 1994. Variation in food quality and particle selectivity in the sea scallop *Placopecten magellanicus* (Mollusca: Bivalvia). *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 108: 251-264.
- MacGinitie, G.E., 1941. On the method of feeding of four pelecypods. *Biol. Bull.*, 80: 18-25.
- Mathers, N. F., 1973. A comparative histochemical survey of enzymes associated with the processes of digestion in *Ostrea edulis* and *Crassostrea angulata*. (Mollusca: Bivalvia). *J. Zool. Lond.*, 169: 169-179.
- Matthews, S., M. I. Lucas, J. M. E. Stenton-Dozey & A. C. Brown, 1989. Clearance and yield of bacterioplankton and particulates for two suspension feeding infaunal bivalves, *Donax serra* Roding and *Macra lilacea* Lam. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 125: 219-234.
- McLusky, D. S. & M. Elliot, 1981. The feeding and survival strategies of estuarine molluscs. In "Feeding and Survival Strategies of Estuarine Organisms" (N. V. Jones & W. J. Wolff, eds). Plenum Press, New York. pp: 109-121.
- McHenry, J. G., & T. H. Birkbeck, 1985. Uptake and processing of cultured microorganisms by bivalves. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 90: 145-163.
- Meyer, F. A. & A. Silberberg, 1980. The rheology and molecular organization of epithelial mucus. *Biorheology*, 17: 163-168.
- Miller, D. C. & R. W. Sternberg, 1988. Field measurements of the fluid and sediment dynamic environment of a benthic deposit feeder. *J. Mar. Res.*, 46: 771-796.
- Möhlenberg, F. & T. Kjørboe, 1981. Growth and energetics in *Spisula subtruncata* (Da Costa) and the effect of suspended bottom material. *Ophelia*, 20: 79-90.
- Möhlenberg, F. & H. U. Riisgard, 1978. Efficiency of particle retention in 13 species of suspension feeding bivalves. *Ophelia*, 17: 239-246.
- Morton, B. S., 1983. Feeding and Digestion in Bivalvia. In: "The Mollusca. Vol.5 Physiology, Part 2" (A. S. M. Saleuddin & K. M. Wilbur, eds). Academic Press, New York, pp.: 65-147.
- Murken, J., 1976. Feeding experiments with *Mytilus edulis* L. at small laboratory scale. III Feeding of waste organic products from the fish industry of Bremerhaven as a means of recycling biodegradable wastes. In: "10th Eur. Mar. Biol. Symp. (G. Persoone & E. Jaspers, eds). Universa Press, Wetteren, pp. 273-284.
- Navarro, E., & J. I. P. Iglesias, 1993. Infaunal filter-feeding bivalves and the physiological response to short-term fluctuations in food availability and composition. In: "Bivalve Filter Feeders in Estuaries and Coastal Ecosystem Processes" (R. F. Dame, ed.). Nato Asi Series, Vol G 33, Springer-Verlag, Heidelberg, pp. 25-26.
- Navarro, E., J. I. P. Iglesias & M. M. Ortega, 1992. Natural sediment as a food source for the cockle *Cerastoderma edule* (L.): Effect of variable particle concentration on feeding, digestion and the scope for growth *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 156: 69-87.
- Navarro, E., J. I. P. Iglesias, M. Ortega & X. Larretxea, 1994. The basis for a functional response to variable food quantity and quality in cockles *Cerastoderma edule* (Bivalvia, Cardiidae). *Physiol. Zool.*, 67 (2): 468-496.
- Navarro, E., J. I. P. Iglesias, A. Pérez Camacho, U. Labarta & R. Beiras, 1991. The physiological energetics of mussels (*Mytilus galloprovincialis* Lmk.) from different cultivation rafts in the Ría de Arosa (Galicia, N.W. Spain). *Aquaculture*, 94: 197-212.
- Navarro, E., J. I. P. Iglesias, M. B. Urrutia & J. Parra., 1997. Simulating physiological responses of cockles (*Cerastoderma edule*) to variable conditions within estuarine media. *Aquat. Living Resour.*, 10: 59-66.
- Navarro, J. M. & R. J. Thompson, 1994. Comparison and evaluation of different techniques for measuring absorption efficiency in suspension feeders. *Limnol. Oceanogr.*, 39: 159-164.

- Navarro, J. M. & J. E. Winter, 1982. Ingestion rate, assimilation efficiency and energy balance in *Mytilus chilensis* in relation to body size and different algal concentrations. *Mar. Biol.*, 67: 255-266.
- Newcombe, C. L., 1935. A study of the community relationships of the sea mussel *Mytilus edulis* L.. *Ecology*, 16: 234-243.
- Newell, C. R. & S. E. Shumway, 1993. Grazing of natural particulates by bivalve molluscs: a spatial and temporal perspective. In: "Bivalve Filter Feeders in Estuarine and Coastal Ecosystems Processes" (R. F. Dame ed.), Nato Asi Series, Vol G 33, Springer-Verlag, Heidelberg, pp. 85-148.
- Newell, C. R., S. E. Shumway, T. L. Cucci & R. Selvin, 1989. The effects of natural seston particle size and type on feeding rates, feeding selectivity and food resource availability for the mussel *Mytilus edulis* Linnaeus, 1758 at bottom culture sites in Maine. *J. Shellfish Res.*, 8: 187-196.
- Newell, R. C., 1963. The role of detritus in the nutrition of two marine deposit feeders, the prosobranch *Hydrobia ulvae* and the bivalve *Macoma balthica*. *Proc. Zool. Soc. London*, 40: 115-124.
- Newell, R. I. E. & B. L., Bayne, 1980. Seasonal changes in the physiology, reproductive condition and carbohydrate content of the cockle *Cardium* (= *Cerastoderma*) *edule* (Bivalvia: Cardiidae). *Mar. Biol.*, 56: 11-19.
- Newell, R. I. E. & S. J. Jordan, 1983. Preferential ingestion of organic material by the american oyster *Crassostrea virginica*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 13: 47-53.
- Newell, R. I. E. & C. J. Langdon, 1986. Digestion and absorption of refractory carbon from the plant *Spartina alterniflora* by the oyster *Crassostrea virginica*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 34: 105-115.
- Nichols F. H., 1985. Increased benthic grazing: an alternative explanation for low phytoplankton biomass in Northern San Francisco Bay during the 1976-1977 drought. *Est. Coast. Shelf Sci.*, 21: 379-388.
- Owen, G., 1974. Feeding and Digestion in the Bivalvia. *Adv. Comp. Physiol. Biochem.*, 5: 1-35.
- Paine, R. T., 1976. Biological observations on a subtidal *Mytilus californianus* bed. *Veliger*, 19: 125-130.
- Palmer, R. E. & L. G. Williams, 1980. Effect of particle concentration on filtration efficiency of the bay scallop *Argopecten irradians concentricus* and the oyster *Crassostrea virginica*. *Ophelia*, 19: 163-174.
- Palmer, R. E., 1979. A histological and histochemical study of digestion in the bivalve *Arctica islandica* L. *Biol. Bull.*, 156: 115-129.
- Pastoureaud, A., M. Heral, J. Prou, D. Razet & P. Russu, 1996. Particle selection in the oyster *Crassostrea gigas* (Thunberg) studied by pigment HPLC analysis under natural food conditions. *Oceanol. Acta*, 19: 79-88.
- Payne, D. W., Thorpe, N. A., Donaldson, E. M., 1972. Cellulolytic activity and a study of the bacterial population in the digestive tract of *Scrobicularia plana* (Da Costa). *Proc. Malac. Soc. Lond.*, 40: 147-160.
- Peck, L. S., E. Prothero-Thomas & N. Hough, 1993. Pedal mucus production by the Antarctic limpet *Nacella concinna* (Strebel, 1908). *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 174: 177-192.
- Pérez, A. & R. González, 1984. La filtración del mejillón (*Mytilus edulis*) en laboratorio. *Cuadernos del Area de Ciencias Mariñas, Seminario de Estudios Galegos*, 1: 427-437.
- Peterson, B., R. W. Howarth & R. Garritt, 1985. Multiple stable isotopes used to track the flow of organic matter in estuarine food webs. *Science*, 227: 1361-1363.
- Peterson, B., R. W. Howarth & R. Garritt, 1986. Sulfur and carbon isotopes as tracers of salt-marsh organic matter flow. *Ecology*, 67: 865-874.
- Prezant, R. S., 1985: Molluscan mucins: a unifying thread. *Am. malac. Bull.*, Special edition, 1: 35-50.
- Prins, T. C. & A. C. Smaal, 1989. Carbon and nitrogen budgets of the mussel *Mytilus edulis* L. and the cockle *Cerastoderma edule* (L) in relation to food quality. In: "Topics in marine biology" (Ross, J., ed.). *Scient. Mar.*, 53: 477-482.

- Prins, T. C., A. C. Smaal & A. J. Pouwer, 1991. Selective ingestion of phytoplankton by the bivalves *Mytilus edulis* L. and *Cerastoderma edule* (L.). *Hydrobiol. Bull.*, 25: 93-100.
- Purchon, R. D., 1977. Digestion. In: "The biology of the mollusca. (2. ed.)". (R. D. Purchon, ed.), Pergamon Press, Oxford, pp.: 207-268.
- Raillard, O., L. Deslous-Paoli, M. Héral & D. Razet, 1993. Modélisation du comportement nutritionnel et de la croissance de l'huître japonaise *Crassostrea gigas*. *Oceanol. Acta*, 16: 1-10.
- Raillard, O. & A. Menesguen, 1994. An ecosystem box model for estimating the carrying capacity of a macrotidal shellfish system. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 115: 117-130.
- Razet, D., M. Héral, J. Prou, J. Legrand & J. M. Sornin, 1990. Variations des productions de biodepôts (feces et pseudofeces) de l'huître *Crassostrea gigas* dans un estuaire macrotidal: Baie de Marennes-Oléron. *Haliotis*, 10: 143-161.
- Redfield, A. C., 1958. The biological control of chemical factors in the environment. *Am. Scientist*, 46: 205-221.
- Reid, R. G. B. & A. Reid, 1969. Feeding processes of members of the genus *Macoma* (Mollusca: Bivalvia). *Can. J. Zool.*, 47: 649-657.
- Riisgard, H. U. & A. Randløv, 1981. Energy budgets, growth and filtration rates in *Mytilus edulis* L. at different algal concentrations. *Mar. Biol.*, 61: 227-234.
- Ross, A. H. & R. M. Nisbet, 1990. Dynamic models of growth and reproduction of the mussel *Mytilus edulis* L. *Funct. Ecol.*, 4: 777-787.
- Seirederer, L. J., C. L. Davis, F. T. Robb & R. C. Newell, 1984. Utilisation of bacteria as nitrogen resource by kelp-bed mussel *Choromytilus meridionalis*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 15: 109-116.
- Seiderer, L. J., R. C. Newell & P. A. Cook, 1982. Quantitative significance of style enzymes from two marine mussels (*Choromytilus meridionalis* Krauss and *Perna perna* Linnaeus) in relation to diet. *Mar. Biol. Lett.*, 3: 257-271.
- Shimeta, J. & P. A. Jumars, 1991. Physical mechanisms and rates of particle capture by suspension-feeders. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.*, 29: 191-259.
- Shumway, S. E., T. L. Cucci, R. C. Newell & C. M. Yentsch, 1985. Particle selection, ingestion and absorption in filter-feeding bivalves. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 91: 77-92.
- Silberberg, A., 1982. Rheology of mucus, mucociliary interactions, and ciliary activity. In: "Mechanisms and Control of Ciliary Movement". (Brokaw C. J. & P. Verdugo, eds.), Alan R. Liss, New York, pp. 25-28.
- Smaal A. C. & T. C. Prins, 1993. The uptake of organic matter and the release of inorganic nutrients by bivalve suspension feeder beds. In: "Bivalve filter feeders in estuarine and coastal ecosystem processes" (R. F. Dame, ed) Nato Asi Series, Vol G 33. Springer-Verlag, Heidelberg, pp.: 271-298.
- Smaal, A. C., J. H. G. Verhagen, J. Coosen & H. A. Haas, 1986. Interaction between seston quantity and quality and benthic suspension feeders in the oosterschelde, The Netherlands. *Ophelia*, 26: 385-399.
- Soletchnik, P., P. Goulletquer, M. Héral, D. Razet & P. Geairon, 1996. Evaluation du bilan énergétique de l'huître creuse, *Crassostrea gigas*, en baie de Marennes-Oléron (France). *Aquat. Living Resour.*, 9: 65-73.
- Stenton-Dozey, J. M. E. & A. C. Brown, 1992. Clearance and retention efficiency of natural suspended particles by the rock-pool bivalve *Venerupis corrugatus* in relation to tidal availability. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 82: 175-186.
- Stenton-Dozey, J. M. E. & A. C. Brown, 1994. Short-term changes in the energy balance of *Venerupis corrugatus* (Bivalvia) in relation to tidal availability of natural suspended particles. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 103: 57-64.
- Stuart, V., 1982. Absorbed ration, respiratory costs and resultant scope for growth in the mussel *Aulacomya ater* (Molina) fed on a diet of kelp detritus of different ages. *Mar. Biol. Lett.*, 3: 289-306.

- Stuart, V. & W. Klumpp, 1984. Evidence for food-resource partitioning by kelp-bed filter feeders. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 16: 27-37.
- Stuart, V., J. G. Field & R. C. Newell, 1982. Evidence for absorption of kelp detritus by the ribbed mussel *Aulacomya ater* using a new ^{51}Cr -labelled microsphere technique. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 9: 263-271.
- Taghon, G. L., 1982. Optimal foraging by deposit-feeding invertebrates: roles of particle size and organic coating. *Oecologia*, 52: 295-304.
- Tenore, K. R. & W. M. Dunstan, 1973. Comparison of feeding and biodeposition of three bivalves at different food levels. *Mar. Biol.*, 21: 190-195.
- Theisen, B. F., 1982. Variation in size of gills, labial palps and adductor muscle in *Mytilus edulis* L. (Bivalvia) from Danish waters. *Ophelia*, 16: 49-63.
- Turner, E. J. & D. C. Miller, 1991. Behaviour and growth of *Mercenaria mercenaria* during simulated storm events. *Mar. Biol.*, 111: 55-64.
- Tursi, A., A. Matarrese., L. S. Liaci, E. Cecere, C. Montanaro & M. Chieppa, 1985. Struttura della popolazione di *Mytilus galloprovincialis* Lamarck presente nei branchi naturali del Mar Piccolo di Taranto. *Quad. Ist. Ric. Pesca Marit.*, 4: 183-203.
- Urban, E. R. & D. L. Kirchman, 1992. Effect of kaolinite clay on the feeding activity of the eastern oyster *Crassostrea virginica* (Gmelin). *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 160: 47-60.
- Vahl, O., 1973. Porosity of the gill, oxygen consumption and pumping rate in *Cardium edule* (L.). *Ophelia*, 10: 109-118.
- Vanderploeg, H. A., & D. Scavia, 1979 a. Two electivity indices for feeding with special reference to zooplankton grazing. *J. Fish. Res. Bd. Can.*, 36: 362-365.
- Vanderploeg, H. A., & D. Scavia, 1979 b. Calculation and use of selectivity coefficients of feeding: zooplankton grazing. *Ecol. Modelling*, 7: 135-149.
- Varela, M., 1984. Producción primaria comparada del sedimento y columna de agua en una zona intermareal. Contribución del microbentos a la producción de la columna. *Cuadernos da Area de Ciencias Mariñas. Seminario de Estudos Galegos*, 1: 189-192.
- Varela, M. & E. Penas, 1985. Primary production of benthic microalgae in a intertidal sandflat of the Ría de Arosa, N.W. Spain. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 25: 111-119.
- Verwey, J., 1952. On the ecology and distribution of the cockle and mussel in the Dutch Waddensea. Their role in sedimentation and source of the supply. *Arch. Néerl. Zool.*, 10: 171-239.
- Wainright, S.C., 1990. Sediment-to-water fluxes of particulate material and microbes by resuspension and their contribution to the planktonic food web. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 62: 271-281.
- Ward, J. E., 1996. Biodynamics of suspension-feeding in adult bivalve molluscs: particle capture, processing, and fate. *Invertebrate Biology*, 115: 218-231.
- Ward, J. E., P. G. Beninger, B. A. MacDonald & R. J. Thompson, 1991. Direct observations of feeding structures and mechanism in bivalve molluscs using endoscopic examination and video image analysis. *Mar. Biol.*, 111: 287-291.
- Ward, J. E., B. A. MacDonald & J. Thompson, 1993. Mechanisms of suspension feeding in bivalves: Resolution of current controversies by means of endoscopy. *Amer. Soc. Limn. Ocean.*, 38: 265-272.
- Ward, J. E., R. I. E. Newell, R. J. Thompson & B. A. MacDonald, 1994. In vivo studies of suspension-feeding processes in the eastern oyster, *Crassostrea virginica* (Gmelin). *Biol. Bull.*, 186: 221-240.
- Widdows, J., P. Field & C. M. Worral, 1979. Relationship between seston, available food and feeding activity in the common mussel *Mytilus edulis*. *Mar. Biol.*, 50: 195-207.
- Wilson, J. H., 1983. Retention efficiency and pumping rate of *Ostrea edulis* in suspension of *Isochrysis galbana*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 12: 51-58.
- Willows, R. I., 1992. Optimal digestive investment: a model for filter-feeders experiencing variable diets. *Limnol. Oceanogr.*, 37: 829-847.

- Winter, J. E., 1973. The filtration rate of *Mytilus edulis* and its dependence on algal concentration, measured by a continuous automatic recording apparatus. *Mar. Biol.*, 22: 317-328.
- Winter, J. E., 1976. Feeding experiments with *Mytilus edulis*. II: The influence of suspended silt in addition to algal suspension on growth. In: "Proc. 10th. Eur. Mar. Biol. Symp., Vol 1, pp. 583-600.
- Winter, J. E., 1978. A review on the knowledge of suspension-feeding in lamellibranchiate bivalves, with special reference to artificial aquaculture systems. *Aquaculture* , 13: 1-33.
- Yonge, C. M., 1926. Structure and physiology of the organs of feeding and digestion in *Ostrea edulis*. *J. mar. biol. Ass. U. K.*, 14: 295-386.
- Yonge, C. M., 1935. On some aspects of digestion in ciliary feeding animals. *J. mar. Biol. Assoc., U. K.*, 20: 341-346.
- Zar, J.H., 1984. "Biostatistical analysis", N. J. Cliffs. Prentice Hall, Englewood.