



IKER
GAZTE
NAZIOARTEKO
IKERKETA EUSKARAZ

V. IKERGAZTE

NAZIOARTEKO IKERKETA EUSKARAZ

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

ANTOLATZAILEA:
Udako Euskal Unibertsitatea (UEU)



Aitortu-PartekatuBerdin 3.0

ZIENTZIAK ETA NATURA ZIENTZIAK

**Handitzen handitzen: Ferra-
saguzarren garapena eta dietaren
aldaketa**

*Miren Aldasoro Lezea,
Joxerra Aihartza Azurtza,
Lander Olasagasti Hosteins
eta Nerea Vallejo Lopez*

15-20 or.

<https://dx.doi.org/10.26876/ikergazte.v.05.01>

ANTOLATZAILEA:

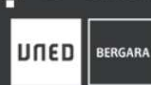


BABESLEAK:



LAGUNTZAILEAK:

emán ta zabal zazu



Handitzen handitzen: Ferra-saguzarren garapena eta dietaren aldaketa

Miren Aldasoro, Joxerra Aihartza, Lander Olasagasti, Nerea Vallejo
*Jokamoldearen Ekologia eta Eboluzioa Ikertaldea, Zoologia eta Animalia Zelulen Biologia
Saila, UPV/EHU*
miren.aldasoro@ehu.eus

Laburpena

Ugaztunek jaiotzetik aldaketa fisiologikoak pairatzen dituztenez, bizi-faseetan zehar dieta aldatzen doa. Lan honetan Euskal Herriko hiru ferra-saguzarren garapenak dietan duen eragina aztertu da, hiru helbururi erantzunez: (1) Espezie bakoitzaren garapen ereduak aztertzea; (2) espezie bakoitzaren dieta adinarekin nola aldatzen den aztertzea; eta (3) hiru espezieen gazteen dietak alderatzea. Espezie bakoitzaren garapen prozesua ezberdina dela, eta gazte eta helduen dietek patroiz ezberdinak erakusten dituztela ikusi dugu. Espezializazio handia duten arren, gazteen arteko dietak helduenak baino antzekoagoak dira. Beraz, espezie batzuetan ikasketak dieta baldintzatzen duen bitartean, besteetan berezko ezaugarri fisikoak nahikoak dira espezializaziorako.

Hitz gakoak: saguzarrak, ferra-saguzarrak, dieta, garapena

Abstract

Mammals undergo physiological changes from birth, and their diet varies at different stages of life. This work aims at studying the influence of the development on the diet composition of three horseshoe bats in the Basque Country. Three were the objectives: (1) studying the patterns of development of each species; (2) studying the diet changes along the development of each species; and (3) comparing the diets of the juveniles of the three species. Results show that each species has a different physical development, and they follow diverse dietary patterns. Despite their high specialization, juveniles' diets are more similar. Therefore, while learning constrains diet in some species, specialization precedes foraging in others.

Keywords: bats, rhinolophids, diet, development

1. Sarrera eta motibazioa

Animaliek heltzen doazen heinean aldaketa fisiologikoak pairatzeak bizi-fase ezberdinetan dieta ezberdinak izatea eragiten du (Polis, 1984; Werner & Gilliam, 1984). Gorputzaren tamaina, esaterako, aldagai garrantzitsua da harrapakinak aukeratzeko orduan; beraz, animalia hazi ahala dieta aldatzea arrunta da (Jackson et al., 2004). Bestalde, ugaztun harraparietan –zeinek harrapakina aurkitu, jazarri, harrapatu eta kontsumitu behar duten– esperientziak ere dietaren aukeraketan garrantzia handia du (Bell et al., 2020). Ugaztunen dietaren garapenari buruzko azterlanak, neurri handi batean, ugaztun itsastar (Vales et al., 2015) eta lurtarretan (Bell et al., 2020) zentratu dira. Aldiz, saguzarretan, ugaztun hegalaria bakarrak izanik, garapenarekiko dieten aldaketa oso gutxi aztertu da. Kasu honetan, gainera, gorputzaren tamaina eta esperientziaz gain, hegakerak eta ekokokapenaren garapenak ere berebiziko garrantzia izango dute.

Ekokokapenak paper erabakigarria du saguzarren ehiza-jokabidean, ehiza-habitata eta harrapakinaren detektagarritasuna baldintzatzen baititu. Eremu zabaletan abiadura azkarrean mugitzen den saguzarrak distantzia handietara detektatu behar ditu harrapakinak, eta horretarako, frekuentzia baxuko soinuak igortzen ditu (urrunago iristen direnak). Aldiz, landarediaren artean harrapakinak detektatu behar dituen saguzarrak frekuentzia altuagoko soinuak erabiltzen ditu (Dietz eta Kiefer, 2016). Horrez gain, espezie handiagoek harrapakin handiagoak ehizatzen dituzte, frekuentzia baxuak erabiliz, eta animalia txikiak frekuentzia altuagoko soinuak igortzen dituzte harrapakin txikiagoak detektatzeko. Saguzarren garapenak ultrasoinuen igorpena ere baldintzatzen du: animalia helduarora hurbildu ahala, ekokokapen-pultsuen frekuentzia igoz doa (Gould, 1971). Ferra-saguzarrek (*Rhinolophus* Lacepede, 1799) frekuentzia konstanteko ekokokapen-pultsuak igortzen dituzte, hau da, soinuaren frekuentzia konstante mantentzen dute

pultsuan zehar (Jones, 1990). Horretarako, baina, ikaskuntza-prozesu sakona behar da, bokalizazioaren garapenarekin batera doana (Emde & Menne 1989).

Saguzar gazteak hegan hasten direnean, oraindik aldi batean edoskitzen jarraitzen dute. Ikasketa eta hobekuntza garaia izan ohi da, titia uzten duten arte. Saguzar gazteek beren orientazioa eta hegaldia hobetu, harrapakinak harrapatzen ikasi (Kunz, 1974; Buchler, 1980) eta elikadura-guneen kokapena ikasi behar dute (Bradbury, 1977). Horri esker, bazka-denbora eta eraginkortasuna garapen eta adinarekin batera handitzen dira (Duvergé, 1996).

Bazkatze optimoaren eredia dieta-aldaketak iragartzeko tresna baliagarria da (Pyke et al., 1977). Teoria honetan oinarrituta, eskuratutako energia gastatutakoa baino handiagoa bada, ehiza ahalegina onuragarria da. Baina zer espero dezakegu ekokokapena erabat garatu ez duten eta hegan ikasten ari diren gazteengandik? Zailtasun horiek errentagarritasun gutxiagoko baina ehizatzen eta maneiatzen errazagoak diren harrapakinak ehizatzea eragin dezakete. Hori dela eta, saguzar gazte guztiak ziurrenik harrapakin txikiak eta mantsoak ehizatuko dituzte, eta geroz eta harrapakin konplexuagoak ehizatuko dituzte trebatu ahala.

2. Arloko egoera eta ikerketaren helburuak

Rhinolophus euryale espeziearen kasuan, saguzar helduek sits handi eta azkarrak jaten dituztela ikusi da; saguzar gazteek, aldiz, sits mantsogo, txikiago eta arinagoak kontsumitzen dituzte. Honek, *R. euryale* gazteek nolabaiteko trebetasun eta/edo psikomotrizitate ikasketa prozesuak paira ditzakeela iradokitzen du (Arrizabalaga-Escudero et al., 2019).

Ikerketa honetan tamaina eta soinu-frekuentzia ezberdinak dituzten Euskal Herriko hiru ferra-saguzar espezieen gazte eta helduen dietak erkatu ditugu: *Rhinolophus euryale* (ferra-saguzar mediterranearra), *R. ferrumequinum* (ferra-saguzar handia) eta *R. hipposideros* (ferra-saguzar txikia), hurrengo helburuei erantzuteko:

- 1) Nola garatzen da espezie bakoitza?
- 2) Ezberdintasunik al dago espezie bakoitzaren gazte eta helduen arteko dieten artean?
- 3) Antzekoak al dira hiru espezieen gazteen dietak? Txikiak, hegalaria mantsok...

3. Ikerketaren muina

3.1 Laginketa

Ikerketa honen aztergai diren ferra-saguzarren gorotzak, 2021. eta 2022. urteetako uztailea eta abuztua bitartean jaso genituen. Horretarako, espezie hauen kolonia ezagunetan lagindu genuen, Karrantzan (Bizkaia) eta Matxinbentan (Gipuzkoa). Saguzarrak gaueko ehiza-saietatik babeslekura itzultzen ari zirela harrapatu genituen, harpa-sarez; gehienez ordubetez oihalezko poltsetan banaka bananduta mantendu genituen, bertan gorotza egin zezaten. Animalien tamaina, sexua eta garapenarekin lotutako ezaugarrien informazioa hartu ondoren, babeslekuan bertan askatu genituen, inolako kalterik eragin gabe. Guztira 70 ferra-saguzar handi (29 gazte eta 41 heldu); 44 ferra-saguzar txiki (23 gazte eta 21 heldu) eta 45 ferra-saguzar mediterranear (26 gazte eta 19 heldu) lagindu genituen. Gorotz indibidualak izoztuta gorde genituen, jaso eta 6 orduren buruan, gehienez jota.

3.2 Garapen eredia

Laginketan, lehenik, gazte eta helduak banatu genituen, ilearen kolorean (gris argia gazteentzat, marroia helduentzat) eta epifisiaren osifikazioan (alegia, besoetako hezurren heltze-mailan) oinarrituta. Gazteei epifisiaren argazkiak atera eta deiak grabatu genizkien ultrasoinuen mikrofono batekin (u256 Ultrasound Microphone, Petterson Elektronik AB), ondoren analizatzeko. Pisua eta besaurrearen-luzera neurtu genizkien eta banakoen sexua identifikatu genituen. Gerora, epifisien argazkietan kartilagozko gunearen tamaina neurtuz (milimetrotan)

osifikazio-maila kalkulatu genuen. Bestetik, saguzarren frekuentzia soinuaren potentzia-espektrogramaren bitartez neurtu genuen BatSound (Petterson Elektronik AB) programa erabiliz.

Espezie bakoitzean ezaugarrien arteko erlazioak (Frekuentzia (F), pisua (PS), besagailuzera (BL) eta osifikazio-maila (OM)) aztertu genituen eta, bestalde, sexuaren eragina aztertu genuen. Emaitzek ferra-saguzar espezie bakoitzean garapenaren parametroak modu ezberdinean erlazionatuta daudela erakusten dute, garapen-eredu ezberdinak dituztela islatuz (1. taula):

- Mediterranearra: Frekuentziak eta osifikazio-mailak bakarrik erakusten dute korrelazio esanguratsua.
- Txikia: Frekuentzia besagailuzaren-luzerarekin dago korrelazionatuta eta, bestetik, osifikazio-maila pisuarekin. Horrez gain, besagailuzaren-luzerak eta pisuak ere korrelazioa (ahula) erakusten dute. Bestalde, emeek arrek baino besagailuz luzeagoak dituzte eta frekuentzia altuagoetan igortzen dute, hau da, gainerako espezieek ez bezala, dimorfismo sexuala erakutsi dute.
- Handia: Frekuentziak korrelazio esanguratsuak erakutsi ditu osifikazio mailarekin eta pisuarekin eta, bestalde, besagailuzaren-luzerak ere korrelazio esanguratsuak erakutsi ditu bi parametro horiekin.

1. taula. Garapen parametroen arteko korrelazioak espezie bakoitzean. (F: Frekuentzia; PS: Pisua; BL: Besagailuzera; OM: Osifikazio-maila). Berde kolorez (++) erlazio altuko ezaugarriak, eta hori kolorez (+) erlazio ahuleko ezaugarriak.

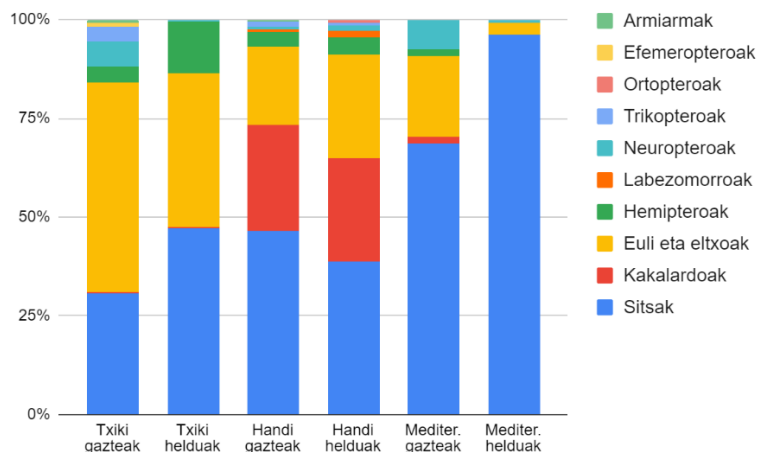
	Mediterranearra				Txikia				Handia			
	AF	PS	BL	OM	AF	PS	BL	OM	AF	PS	BL	OM
AF				++			++			++		++
PS							+	++			++	
BL												++
OM												

3.3 Dietaren konposizioa

Saguzarren dieta beren gorotzetako DNA aztertuz analizatu genuen, DNA horrek islatzen baitu zein espeziez elikatu den. Funtsean, gorotzetatik DNA erauzi, mitokondrioetako COI genearen zati txiki bat atera, eta hau sekuentziatuz identifikatu genituen jandako espezieak. DNA erauzketa Kingfisher kitaren (ThermoFisher) bitartez egin genuen. Ondoren, DNAREN amplifikazioa bi hasle sorta generalista erabiliz (Jusino et al., 2019, Vamos et al., 2017) egin genuen eta sekuentziazio masiboa *Illumina MiSeq NGS* (2x250 bp (500 ziklo)) plataformaren bidez. Sekuentzia gordinak bioinformatikoki landu ostean OTUak (Operational Taxonomic Units) eraiki genituen, antzeko sekuentziak elkartzuz. OTU horiei espezieak esleitu eta saguzarren dieta zehazteko bi datu-base kontsultatu genituen (Genbank eta Bold). Horrela saguzar bakoitzak jandako espezieen zerrenda eta proportzioen hurbilketa bat lortu genuen.

Behin oinarritzko informazio hau eskuratuta, hiru saguzar espezieen dietak karakterizatu genituen. Emaitzak agerpenen ehuneko zamatuetan adierazi genituen, hau da, harrapakin taxoi bakoitzaren agerpenak taxoi guztien agerpen kopuru totalaz zatituz lortutako ehunekoa (Deagle et al., 2018). Gainera, taxoi bakoitzaren agerpen maiztasuna kalkulatu genuen, taxoi bakoitza zenbat laginetan agertzen den kalkulatu eta horren ehunekoa adieraziz (Deagle et al., 2018). Datu hauekin, dietak alderatu genituen espezieak, adina eta sexua parametro bezala hartuta. Horrela espezie bereko gazteen eta helduen arteko dieten antzekotasuna (2. helburua) eta espezieen arteko dieten antzekotasunak (3. helburua) aztertu genituen.

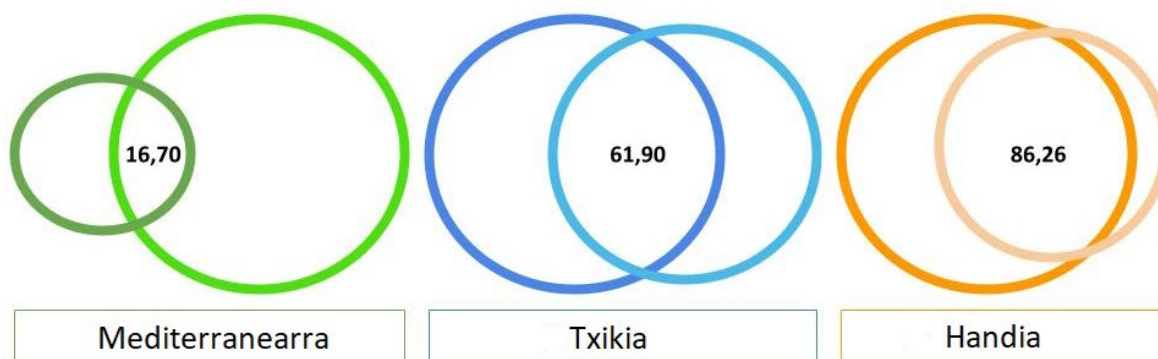
1. irudia. Espezie eta adin klase bakoitzaren dietaren osaera (agerpenen ehuneko zatua).



Espezie barneko aldakortasuna

Garapen fisiko eredu ezberdinak erakusten dituzten moduan, saguzar bakoitzaren dietari dagokionean ere patroiak oso ezberdinak dira. Gazte eta helduen arteko dieten konposizioa orden mailan alderatzean (1. irudia), saguzar bakoitzaren joera ezberdina dela sumatzen da. Harrapakin espezie mailako azterketa egitean, hala, saguzar bakoitzak oso eredu ezberdina duela ikusi dugu. Mutur batean ferra-saguzar mediterranearen gazteak eta helduek oso dieta ezberdinak erakusten dituzte (%16,70 gainezarpena) (2. irudia). Beste muturrean ferra-saguzar handien bi adin taldeek oso gainezarpen handia erakusten dute (%86,26) (2. irudia). Bien artean ferra-saguzar txikia kokatzen da, %61,90-eko gainezarpenarekin.

2. irudia. Gazte eta helduen dieten gainezarpena, harrapakin amankomunen portzentaia. Kolore ilunez eta ezkerrean helduen dietak, argiz eta eskuinean gazteenak.



Espezieen arteko aldakortasuna

Hiru espezieak ehiztari espezializatuak dira, eta hortaz, haien arteko dieten gainezarpena nahiko txikia da (%23) (2. taula). Dieten orden mailako konposizioan ikus daitekeen moduan (1. irudia), ferra-saguzar mediterranearra sits-espezialista da, ferra-saguzar txikiak horiez gain, euli eta eltxo ugari ehizatzen ditu eta, azkenik, ferra-saguzar handiaren dietan, aurreko ordenekin batera, kakalardoek pisu handia hartzen dute.

Analisi estatistikoak gazteen zein helduen arteko dietak esangarriki ezberdinak direla adierazten du. Hala ere, gazteen arteko gainezarpena helduena baino %10 handiagoa da (2. taula). Gazteen artean dieta antzekoenak mediterranearrak eta txikiak dituzten bitartean (%37,24), antzekotasun baxuena handiak eta mediterranearrak erakusten dute (%15,23). Helduen artean ferra-saguzar handia eta txikia dira

gainezarpen handiena erakusten dutenak (%30,05), eta berriz ere, handiaren eta mediterranearraren dietak ezberdinenak, haien artean kasik antzekotasunik ez dutelarik (%2,52).

2. taula. Espezieen arteko dieten gainezarpen indizea (agerpenen ehuneko zamatuetan oinarrituz). (Reu: *R. euryale* (mediterranearra); Rfe: *R. ferrumequinum* (handia); Rhi: *R. hipposideros* (txikia)). Grisez antzekotasun handiena erakusten dutenak.

Gainezarpena (%)	Orokor	Gazte	Heldu
Reu-Rfe-Rhi	23,07	25,19	14,33
Reu-Rfe	10,45	15,23	2,52
Reu-Rhi	26,75	37,24	10,42
Rfe-Rhi	32,03	23,11	30,05

4. Ondorioak

- 1) Genero bereko hiru espezie izan arren, espezie bakoitzak oso garapen eredu ezberdinak erakusten dituela ikusi dugu. Ferra-saguzar txikiaren kasuan dimorfismo sexual nabaria ikusi dugu, gazte zein helduetan, emeak arrak baino handiagoak izanik eta frekuentzia altuagoak erabiltzen zituztelarik. Aldiz, gainerako bi espezieetan aztertutako aldagaietan ez dugu ar eta emeen artean ezberdintasunik ikusi.
- 2) Gazte eta helduen arteko dieten ereduak ere ezberdinak dira espezieetik espezierara. Ferra-saguzar handienak oso antzekoak diren bitartean, mediterranearrenak oso bestelakoak dira. Horrek aditzera eman diezaguke espezializazioa modu ezberdinetan ematen dela. Hau da, mediterranear gazteek ikasketa prozesu sakona izango dute helduen espezializazio maila lortzeko, eta aldiz handietan espezializazioa ehizan hasi aurretik emango da, berezko ezaugarri fisikoek baldintzatuta ziurrenik. Txikiari dagokionean, aldiz, ar edo emea izateak dietan eragina izango du.
- 3) Gazteen arteko dieta helduena baino antzekoagoa dela ikusi da. Hala ere, espezializazio maila handia erakusten jarraitzen dute. Ziurrenik, helduek jaten dituzten harrapakin berezienak (maneu eta espezializazio maila handienarekin lotutakoak) ez dituzte kontsumituko, eta aldiz, harrapakin “erraz” gehiago konpartituko dituzte, horrek dieten antzekotasuna handituz.

5. Etorkizunerako planteatzen den norabidea

Dietaren espezializazioan aldagai garrantzitsuenak zeintzuk diren ikusi nahiko genuke:

- Saguzarren ekokopapena eta tamainaren garapenak dauka eragina? Hala izatekotan, zein da harrapakinaren hautespena gehien baldintzatzen duen aldagaia?
- Hala ikasketarekin erlazionatuta dago? Hau da, hegakeran trebatzeak eta ekokopapena modu berezi batean erabiltzeak baimentzen al du espezializazioa?
- Nola erlazionatzen dira saguzarren ezaugarriak harrapakinaren ezaugarriekin? Ze motatako harrapakinak hobesten ditu saguzar espezie bakoitzak garapenaren fase bakoitzean? (handiak/txikiak, gogorak/bigunak, hegalaria azkarrak/ez hegalaria, basokoak/zabalekoak...)

Horretarako, saguzarren ezaugarriak eta harrapakin bakoitzaren ezaugarriak erkatu beharko genituzke. Horrela, taxonomian oinarritutako dietaren konposizioa izateaz gain, harrapakinaren ezaugarri fisiko eta ekologikoetan oinarritutako dieten irudia lortuko genuke.

6. Erreferentziak

Arrizabalaga-Escudero, A., Merckx, T., García-Baquero, G., Wahlberg, N., Aizpurua, O., Garin, I., ... & Aihartza,

- J. (2019). Trait-based functional dietary analysis provides a better insight into the foraging ecology of bats. *Journal of Animal Ecology*, 88(10), 1587-1600.
- Bell, O., Jones, M. E., Ruiz-Aravena, M., Hamede, R. K., Bearhop, S., & McDonald, R. A. (2020). Age-related variation in the trophic characteristics of a marsupial carnivore, the Tasmanian devil *Sarcophilus harrisii*. *Ecology and Evolution*, 10(14), 7861-7871.
- Blaxter, M., Mann, J., Chapman, T., Thomas, F., Whitton, C., Floyd, R., & Abebe, E. (2005). Defining operational taxonomic units using DNA barcode zenta. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 360(1462), 1935-1943.
- Buchler, E. R. (1980). The development of flight, foraging, and echolocation in the little brown bat (*Myotis lucifugus*). *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 6(3), 211-218.
- Deagle, B. E., Thomas, A. C., McInnes, J. C., Clarke, L. J., Vesterinen, E. J., Clare, E. L., ... & Eveson, J. P. (2019). Counting with DNA in metabarcoding studies: How should we convert sequence reads to dietary zenta?. *Molecular ecology*, 28(2), 391-406.
- Dietz, C., & Kiefer, A. (2016). *Bats of Britain and Europe*. Bloomsbury Publishing.
- Duverge, P. L. (1996). *Foraging activity, habitat use, development of juveniles, and diet of the greater horseshoe bat (Rhinolophus ferrumequinum-Schreber 1774) in south-west England* (Doctoral dissertation, University of Bristol).
- Gould, E. (1971). Studies of maternal-infant communication and development of vocalizations in the bats *Myotis* and *Eptesicus*. *Communications in Behavioral Biology*, 5, 263-313.
- Jackson, A. C., Rundle, S. D., Attrill, M. J., & Cotton, P. A. (2004). Ontogenetic changes in metabolism may determine diet shifts for a sit-and-wait presenter. *Journal of Animal Ecology*, 73(3), 536-545.
- Jones, G. (1990). Prey selection by the greater horseshoe bat (*Rhinolophus ferrumequinum*): optimal foraging by echolocation?. *The Journal of Animal Ecology*, 587-602.
- Jusino, M. A., Banik, M. T., Palmer, J. M., Wray, A. K., Xiao, L., Pelton, E., ... & Lindner, D. L. (2019). An improved method for utilizing high-throughput amplicon sequencing to determine the diets of insectivorous animals. *Molecular ecology resources*, 19(1), 176-190.
- Kunz, T. H. (1974). Reproduction, growth, and mortality of the vespertilionid bat, *Eptesicus fuscus*, in Kansas. *Journal of Mammalogy*, 55(1), 1-13.
- Pyke, G. H., Pulliam, H. R., & Charnov, E. L. (1977). Optimal foraging: a selective review of theory and tests. *The quarterly review of biology*, 52(2), 137-154.
- Vales, D. G., Cardona, L., García, N. A., Zenteno, L., & Crespo, E. A. (2015). Ontogenetic dietary changes in male South American fur seals *Arctocephalus australis* in Patagonia. *Marine Ecology Progress Series*, 525, 245-260.
- Vamos, E. E., Elbrecht, V., & Leese, F. (2017). *Short COI markers for freshwater macroinvertebrate metabarcoding* (No. e3037v2). PeerJ Preprints.
- von der Emde, G., & Menne, D. (1989). Discrimination of insect wingbeat-frequencies by the bat *Rhinolophus ferrumequinum*. *Journal of Comparative Physiology A*, 164(5), 663-671.
- Werner, E. E., & Gilliam, J. F. (1984). The ontogenetic niche and species interactions in size-structured populations. *Annual review of ecology and systematics*, 15, 393-425.

7. Eskerrak eta oharrak

Ikerketa hau Eusko Jaurlaritzako Ikerketa Taldeak (IT1571-22) diruz lagundu du. Eskerrak eman nahi dizkiet Euskal Herriko Unibertsitateari eta Zientzia eta Teknologia Fakultateari. SGIKER-eko genomikako saileko Irati eta Fernandori eskerrak laginak lantzeagatik. Eskerrik zintzoenak Joxerra Aihartza zuzendariari ikerlan honen bidean izan ditugun gorabehera guztietan berme izanagatik. Nerea Vallejori bioinformatika eta estatistikan ordenagailuarekin izandako borrokak errazteagatik. Azkenik, laginketetan lagundu zidaten Nere Zorrozueta eta Iratxe Rojori, eta "Jokamoldearen ekologia eta eboluzioa" departamentuko kideei bidean kide eta lagun izanagatik.