



III. IKERGAZTE

NAZIOARTEKO IKERKETA EUSKARAZ

2019ko maiatzaren 27, 28 eta 29
Baiona, Euskal Herria

ANTOLATZAILEA:
Udako Euskal Unibertsitatea (UEU)

ZIENTZIAK ETA NATURA ZIENTZIAK

**Euskal Herriko ferra-saguzarren
dieten gainezarpena**

*Miren Aldasoro, Joxerra Aihartza,
Aitor Arrizabalaga-Escudero,
Urtzi Goiti, Unai Baroja,
Nerea Vallejo eta Inazio Garin*

81-88 or.
<https://dx.doi.org/10.26876/ikergazte.iii.05.11>



Euskal Herriko ferra-saguzarren dieten gainezarpenera

Aldasoro, Miren; Aihartza, Joxerra; Arrizabalaga-Escudero, Aitor; Goiti, Urtzi; Baroja, Unai;
Vallejo, Nerea eta Garin, Inazio

*Jokamoldearen Ekologia eta Eboluzioa Ikertaldea, Zoologia eta
Animali Zelulen Biologia Saila, UPV/EHU*

maldasoro005@ikasle.ehu.eus

Laburpena

Euskal Herrian hiru ferra-saguzar ditugu: *Rhinolophus euryale*, *Rhinolophus hipposideros* eta *Rhinolophus ferrumequinum*. Animalien ekologia eta jokaera ulertu ahal izateko harrapari eta harrapakinen arteko elkarrekintza ezagutzea ezinbestekoa da. Izan ere, antzekoak diren espezieen koexistentzia ahalbidetzen duen faktoreetako bat nitxo trofikoaren partiketa da. Hori dela eta, ikerketa honen helburua espezie hauen dieta molekularki karakterizatzea eta beraien nitxoaren gainezarpenera aztertzea izan da. *R. hipposideros*-en dietan agerpen gehienak dipteroei dagozkie, *R. euryale*-rean lepidopteroei eta *R. ferrumequinum*-en diptero, koleoptero eta lepidopteroei. Harrapakinetak hamabi espezie soilik behatu dira hiru saguzarren dietan. Nitxo trofikoaren partiketa, beraz, nahiko handia da, espezieak binaka hartuta gainezartzerik handiena (%50) *R. hipposideros* eta *R. ferrumequinum* espezieen artekoa izanik.

HITZ-GAKOAK: Dieta, nitxo-partiketa, *Rhinolophus euryale*, *Rhinolophus hipposideros*, *Rhinolophus ferrumequinum* Joxerra Aihartza, Aitor Arrizabalaga Escudero, Urtzi Goiti, Unai Baroja, Nerea Vallejo and Inazio Garin

Abstract

There are three horseshoe bats in the Basque Country: *Rhinolophus euryale*, *Rhinolophus hipposideros* and *Rhinolophus ferrumequinum*. Knowledge on the trophic interactions between predators and its prey is important in order to understand ecology and behaviour of animals, since trophic niche partition is one of the factors allowing the coexistence of similar species. Therefore this study aims to characterize these three bats' diets and analyse their niches overlap. Most occurrences in *R. hipposideros* belong to Diptera and Lepidoptera, to Lepidoptera in *R. euryale* and Lepidoptera, Diptera and Coleoptera in *R. ferrumequinum*. Only twelve prey species have been found in the three bats. Niche partitioning is noticeable, since the highest overlap is the one shown by *R. hipposideros* and *R. ferrumequinum* (%50).

KEYWORDS: Diet, niche partitioning, *Rhinolophus euryale*, *Rhinolophus hipposideros*, *Rhinolophus ferrumequinum*.

1. Sarrera eta aurrekariak

Saguzarrak oso talde dibertsoa dira, bai jokamoldeari zein babesleku edota elikadura-ohiturei dagokienez. Duela gutxira arte, ugaztun hauen dietaren azterketa gorotzetan aurkitzen ziren harrapakinen zatien identifikazio morfologikoan oinarritzen zen, eta horri esker eduki dugu saguzarren oinarritzko bazka-ekologiaren ezagutza. Identifikazio morfologikoaren mugak direla eta, baina, oraintsu arte dietaren deskribapena harrapakinen orden- edota familia-mailara soilik iritsi izan da, eta hau ez da nahikoa harraparien bazka-nitxoak zehaztasunez ezaugarritzeko, edo saguzarren zerbitzu ekologikoak garbi zehazteko. *DNA metabarcoding* edo sekuentziazio masiborako teknika molekularrek, aldiz, kontsumitutako harrapakinak espezie-mailaraino identifikatzea ahalbidetzen dute (Zeale *et al.* 2011, Bohmann *et al.* 2011, Alberdi *et al.* 2012) eta saguzarren ekologian sakontzeko aukera berriak ireki dituzte. Hala ere, ikusi da primerrek alborapenak dituztela eta, beraz, primer sorta ezberdinak erabiltzea garrantzitsua izan daitekeela emaitza ahalik eta fidagarrienak lortu ahal izateko (Alberdi *et al.*, 2018, Piñol *et al.*, 2018).

Honela, harrapari-harrapakin erlazioak hobeki ulertzeko, saguzarrek eskuragarri dituzten harrapakin guztietatik beraien dieta osatzen duten espezieen aukeraketa zertan datzan ikus daiteke: saguzarren ehiza-

errentagarritasunaren ikuspuntutik, harrapakinak zein ezaugarri morfologiko edota ekologikoren arabera aukeratzeko dituzten aztertu daiteke (Arrizabalaga-Escudero *et al.* 2015).

Harrapakin-harrapari erlazioaz gain, bazka-ekologia faktore garrantzitsua da antzeko espezieen koexistentzia ahalbidetzeko. Izan ere, animalia hauen biziraupena bermatzeko mekanismoa bazka-baliagaien —nitxo trofikoaren— partiketa dela argudiatu da (Chesson, 2000). Berriki, bizilekua konpartitzen duten espezie “bikien” dietaren analisia eginez, sintopian bizirauteko harrapakinaren bereizketa zein neurritan ematen den ikusi da (Arrizabalaga-Escudero *et al.* 2018). Horrez gain, bizilekua konpartitzen duten (eta ez duten) espezie ezberdineko aleen arteko dieten konparaketak nitxo-partiketa hori berezkoa den edo ikasketaprozesu baten ondorio den erakus dezake halaber (Arrizabalaga-Escudero *et al.* 2018).

Areago, dietaren ezaugarriak eragin zuzena dauka espezieen kontserbazioan. Izan ere, arriskupeko espezieen kontserbaziorako eta haien harrapakin-eskuragarritasuna bermatzeko aldera, ez da ehiza-habitataren galera kontutan hartu beharreko faktore bakarra. Aitzitik, harrapakinek bizi-fase ezberdinetan garatzeko behar dituzten habitataren zaintza ere garrantzitsua izan daiteke. Honela, basoan ehizatzen duten saguzarren bazka diren intsektu asko ehiza-eremu horietatik at sortuak direla frogatu ahal izan da (hala nola, larre eta belardietan; Arrizabalaga-Escudero *et al.* 2015). Hortaz, haien bazka-premiak asetu ahal izateko ehiza-habitat egokiak asetzeko gain, harrapakinek bizi-zikloan zehar behar dituzten eremuak ere babestu behar dira.

Errinolofido edo ferra-saguzarrek sudurrean daukaten ferra-itxurako azalaren tolesturari zor diote izena, zeina uhin-luzera oso laburreko ultrasoinuak emititzeko erabiltzen duten (Csorba *et al.* 2003). Europan bost errinolofido espezie daude; horietatik lau bizi dira Iberiar Penintsulan eta hiru Euskal Herrian. Azken hiru hauen kontserbazioari dagokionez, *Rhinolophus euryale* "galzorian" (EN) gisa sailkatuta dago Euskal Herrian, eta *R. hipposideros* zein *R. ferrumequinum* espezieak “kaltebera” (VU) dira. Penintsula Iberiarrean bizi diren lau espezieetatik *R. euryale* eta *R. mehelyi*-ren dietak molekularki aztertu berri dira (Arrizabalaga *et al.* 2015, 2018), baita *R. hipposideros* eta *R. ferrumequinum* ere Frantzian (Galan *et al.*, 2018). Hala ere, guztiek *primer* sorta bakarra erabili izan dute.

2. Ikerketaren helburuak

Ikerketa honen helburu orokorra Euskal Herrian ditugun ferra-saguzarren ekologia trofikoan sakontzea da, bi helburu espezifikotan banatuta:

1. *R. euryale*, *R. hipposideros* eta *R. ferrumequinum* espezieen dietak karakterizatzeko bi *primer* sorta ezberdinez baliatuz.
2. Hiru espezieen arteko dieten gainezarpina eta nitxo trofikoaren partiketa aztertzea.

3. Ikerketaren muina

3.1. Materialak eta metodoa

Ikerketa honen aztergai nagusia diren ferra-saguzarren gorotzak, Euskal Herriko Unibertsitateko Zoologia eta Animalia Zelulen Biologia saileko "Jokabidearen Ekologia eta Eboluzioa" ikertaldeak azken urteotan MINECOK finantzatutako ikerketa-proiektuetan bilduak izan ziren, 2012. urteko uztailen. Horretarako, espezie hauen kolonia ezagunetan lagindu da, Karrantza eta Lea-Artibai bailaretan. Saguzarrak gaueko ehiza-saioetatik babeslekura itzultzen ari zirela harrapatzen ziren, harpa-sarek edo lanbro-sarek; gehienez ordu erdiz zakutotan banaka bananduta mantentzen ziren, bertan gorotza egin zezaten. Ondoren, animaliak babeslekuan bertan askatzen ziren, inolako kalterik egin gabe. Guztira 24 *Rhinolophus ferrumequinum* aleren lagin aztertu dira, 31 *R. hipposideros* -enak eta 18 *R. euryale*-renak (1. irudia).

1. irudia. Espezie modeloak. Ezkerretik eskuinera *R. ferrumequinum*, *R. euryale* and *R. hipposideros*.



Gorotzetako DNAREN erauzketa DNeasy PowerSoil Kit (Qiagen Inc., Valencia, CA) erauzketa-kitaren bitartez egin da, fabrikatzailearen pausoak jarraituz. Ondoren, PCR prozesua egin da DNAREN amplifikazioa lortzeko, *primer* markatuak erabiliz. Lehenik Zeale-ren *primer* sorta (Zeale et al., 2011) erabili da, zeinak DNA mitokondrialaren zitokromo oxidasa c I (COI) barra-kode gunearen 157bp luzerako artropodoekiko espezifikoa den eskualde bat (mini-COI bat) amplifikatzen duen. Bigarrenik Gillet-en *primerrak* erabili dira (Gillet et al., 2015) COI-aren 133bp luzerako gunea bat amplifikatzen dutenak, eta generalistagoak dira identifika ditzaketen harrapakinen aldetik. Lortutako aplikazioen sekuentziak masiboa Ion Torrent plataforman egin da.

Sekuentziak masiboz lortutako sekuentzia gordinak bioinformatikoki landu dira lehenik, sekuentziak kalitatearen arabera sailkatu eta berdinak batzeko. Lortutako sekuentziekin OTUak (Operational Taxonomic Units) eraiki dira. Hauek algoritmo baten bidez antzekotasun-maila espezifiko baten arabera taldekatutako sekuentziak dira, zeinak unitate taxonomikoaren portaera hartzen duten (Blaxter et al., 2005). OTUak eraikitzerako orduan, %97-ko antzekotasun mailatik gorako sekuentziak erabiliz. %1eko maiztasunetik beherako OTUak ezabatu egin dira.

OTUen esleipen taxonomikoa egiteko BOLD (Barcode Of Life Database) datu-baseko COI genearen sekuentzia publikoekin alderatu dira (<http://boldsystems.org/>), BLAST (<https://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi>) eta GenBank (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov>) programen bitartez. Horretarako sekuentzien arteko parekako doitasunak ("pairwise identity") gutxienez %98koa izan behar du (Clare et al., 2014), beti ere identifikatutako espeziearen banaketa-eremuak ikerketa-eremuarekin bat egiten badu.

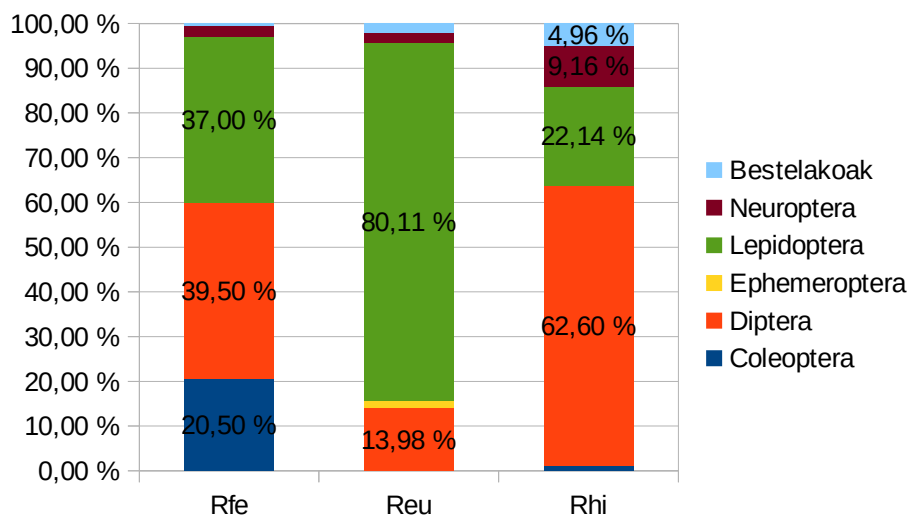
Behin oinarritzko informazio hau eskuratuta, *R. hipposideros*, *R. euryale* eta *R. ferrumequinum*-en dieten deskribapenak eta karakterizazioak egin dira lehenik. Emaitzak agerpen-portzentajea (Percentage of occurrence = POO) adierazi dira, hau da, harrapakin-taxoi bakoitzaren agerpenak taxoi guztien agerpen-kopuru totalaz zatituz lortutako ehunekoa (Deagle et al. 2018). Gainera, taxoi bakoitzaren agerpen maiztasuna (Frequency of occurrence = FOO) kalkulatu da, hau da, taxoi bakoitza zenbat laginetan agertzen den kalkulatu eta horren ehunekoa adierazi (Deagle et al. 2018).

Harrapari-harrapakinen erlazioaren azterketa estatistikorako R 3.3.2 (2016) programa erabili da: Behin harrapakinen ezaugarrien oinarritzko informazioa eskuratuta, ferra-saguzar espezieen arteko nitxo trofikoaren partiketa edo gainezarpenak zenbaterainokoak diren kalkulatu da Pianka-ren (1974) nitxoaren gainezarpen-indizearen bitartez "EcoSimR v0.1.0" paketea erabiliz. Ondoren, indibiduen dieten distantzietan oinarrituz NMDS (non-metric multidimensional scaling) bat eraiki da, "vegan v2.4-2" pakete (Oksanen et al., 2018) metaMDS funtzioaren bitartez, multzokaketa eta erlazioak ikusteko. Azkenik, pakete bereko ADONIS analisia egin da dieten ezberdintasuna estatistikoki esanguratsua den ikusteko, hiru espezieen artean lehenengo eta binaka bigarrenik. Binakako espezieen dieten arteko ezberdintasuna aztertzeko RVAideMemoire 0.9-72 pakete (Hervé, 2014) *pairwise.perm.manova* funtzioa erabili da.

3.2. Emaitzak eta eztabaida

Saguzar bakoitzaren dietari dagokionez, *R. ferrumequinum*-entzat 62 harrapakin identifikatu dira: 34 lepidoptero, 17 diptero, 7 koleoptero, 2 neuroptero eta trikoptero bat. Lepidoptero eta dipteroak izan dira maiztasun handienaz kontsumitutako ordenak, koleopteroez jarraituta. *R. euryale*-rentzat 81 harrapakin-espezie identifikatu dira: 61 lepidoptero, 10 diptero, 5 neuroptero, 2 efemeroptero, trikoptero bat, hemiptero bat eta himenoptero bat. Sits-espezialista garbitzat har dezakegu, bere dietaren %80a lepidopteroetan oinarritzen baita, nahiz eta sits-espezie bakoitza banaka hartuta oso gutxitan kontsumitu den, espezie gutxi batzuk salbuetsita. Azkenik, *R. hipposideros*-entzat 73 harrapakin identifikatu dira: 33 lepidoptero, 28 diptero, 3 hemiptero, 3 neuroptero, 2 koleoptero, himenoptero bat, trikoptero bat, armiarma bat eta psokoptero bat. Dietan garrantzi handiena duen ordena dipteroena da, dietaren bi heren suposatzen duelarik (1. Irudia). Bestetik, nahiz eta maiztasun-ehunekoan duten ekarpena txikiagoa izan, aipatzekoa da lepidopteroak eta neuropteroak lagin erdietan baino gehiago agertu direla (2. Irudia).

2. irudia. Hiru espezieen emaitzak POO moduan adierazita. Rfe: *R. ferrumequinum*, Reu: *R. euryale*, Rhi: *R. hipposideros*. “Bestelakoak” maiztasun gutxieneko ordenak barne hartzen ditu: Araneae, hemiptera, hymenoptera, psocoptera eta trichoptera.



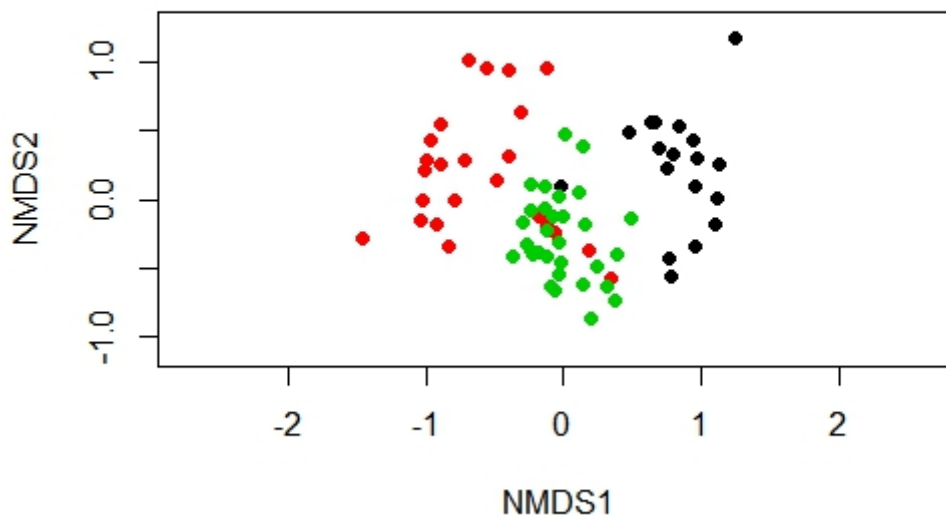
Hiru espezieetan agertu diren harrapakinak 12 izan dira: 6 lepidoptero (*Acronicta rumicis*, *Cyclophora punctaria*, *Idaea degeneraria*, *Anaplectoides prasina*, *Noctua sp.* eta *Udea ferrugalis*), 5 diptero (*Rhipidia maculata*, *Austrolimnophila ochracea*, *Limonia nubeculosa*, *Neolimonia dumetorum* eta *Tipula helvola*) eta neuroptero bat (*Hemerobius humulinus*).

Gure emaitzek aurretik identifikazio morfologikoan oinarrituz egindako ikerketen (Schober and Grimmberger, 1987; Vaughan 1997; Dietz, 2009; Ahmim and Moali, 2013) emaitzekin bat egiten dute, harrapakinen orden mailan. Azkeneko ikerketa molekularrek ere antzeko emaitzak lortu zituzten (Galan et al., 2018; Arrizabala-Escudero et al., 2015). Hala ere, arestian esan bezala, ikerketa horiek *primer* sorta bakarra erabili zuten, horrek dakartzan alborapenekin, eta gure ikerketan bi *primer* sorta erabili izanak espezie hauen dietaren irudi osatuagoa eta fidagarriagoa lortzea dakar. Hala, ikerketa morfologikoetan identifikatutako harrapakin-familiatako batzuk, aurreko ikerketa morfologikoetan identifikatu ez zirenak, lan honetan identifikatzeko gai izan gara. Espezie-mailan ere aurretik identifikatu gabeko espezieak agertu zaizkigu gurean. Gainera, ikerketa morfologikoetan (Goiti et al., 2004) identifikatutako harrapakin genero batzuen antzekoak (*Rhizotrogus sp.* vs. *Serica brunnea*) identifikatu dira lan honetan, eta horrek begi bistako identifikazioa okerra izan zitekeela iradokitzen du.

Halaber, lagin gehienetan harrapakaria identifikatzeko gai izan gara (22 *R. ferrumequinum* lagin (%92), 18 *R. euryale* lagin (%100), 31 *R. hipposideros* lagin (%100)). Hau abantailatsua izan daiteke saguzarren identifikazio morfologikoa nahasgarria den kasuetan, edota laginketa ez denean indibiduoka egiten, baizik eta gorotzak kolonietatik hartzen direnean.

Bestalde, Piankaren nitxo trofikoaren partiketa balioak erakusten digu Euskal Herrian ditugun hiru ferra-saguzarren dietak %34-eko gainezarpina dutela ($O_{jk} = 0,34$, $P = 0,002$). Aldiz, espezieak bikoteka hartzen baditugu, *R. hipposideros* eta *R. ferrumequinum*-ek dieta osaeraren %50a elkarbanatzen dute, *R. hipposideros* eta *R. euryale*-k %38a eta *R. ferrumequinum* eta *R. euryale*-k, azkenik, %15a. Hala ere, espezie bakoitzeko aleek taldekapen argiak erakusten dituzte, eta elkarrengandik modu garbian ezberdindu daitezke (3. Irudia). Hiru espezieen artean egindako ADONIS analisiak ideia hau indartzen du, saguzar-espezieak dietaren osaeran ezberdintasun esangarriak ezartzen dituela babestuz, $P < 0,001$ izanik. Gainera, binakako analisia egitean ikus daiteke bai *R. hipposideros* - *R. ferrumequinum*, *R. hipposideros* - *R. euryale*, zein *R. ferrumequinum* - *R. euryale*-n bikoteetan ezberdintasuna estatistikoki esanguratsua dela ($P < 0,001$).

3. irudia. NMDS bidezko laginen ordenazioa. Stress = 0.1748; k = 2. Hiru espezieen emaitzak POO moduan adierazita. Gorritz: *R. ferrumequinum*, berdez *R. euryale* eta beltzez *R. hipposideros*.



Arestian ikusi bezala, hiru ferra-saguzarrek haien dietaren osagai nagusi diren harrapakin ordenak konpartitzen dituzte (diptero eta lepidopteroak, bereziki). Horrek nitxo trofikoaren nolabaiteko gainezarpina iradokitzen du. Espezie mailara jeistean, aldiz, partekatzen dituzten harrapakinen kopurua asko jeisten da. Horrela, nahiz eta antzeko ingurunetan bizi diren eta maila taxonomikoan antzekoak diren harrapakinak ehizatzen dituzten, euren artean espezializazio-maila nahiko handia dutela ikus dezakegu. Emaitzen arabera, *R. euryale*, bereziki sits-espezialista izanik, beste bi saguzarrekiko gainezarpin txikiena duena da. *R. ferrumequinum* eta *R. hipposideros*-en dietetan, aldiz, dipteroek garrantzi handia dute, haien nitxo trofikoaren arteko gainezarpina handituz. Hala ere, *R. hipposideros*-ek limonido txikiak jaten dituzte bereziki, eta *R. ferrumequinum*-ek, osterak, tipulido handiagoak, lepidoptero noktuido eta geometrido handiekin batera. Beraz, argi dago dieten osaeraren arteko ezberdintasunaren atzean saguzar-espeziea gakoa dela. Gainera, *R. ferrumequinum* koleopteroak bezalako harrapakin handi eta gogorrak jateko gai da, horrek nitxoa zabaltzea eta gainontzekoen konpetentziaz alde egiteko aukera ematen diolarik.

Euskal Herriko ferra-saguzarren kontserbazio-egoerari erreparatuz, espezie bakoitzaren dieta zertan oinarritzen den ezagutuz harrapakinen inguruneak babestu daitezke, eta honek saguzarren nitxo ekologikoa babesteko aukera ematen du. Espezieen kontserbazioan zutabe garrantzitsuetako bat dira beharkizun dietetikoak, baina honen atzean dagoen arazoa da dietaren ezagutza oso mugatuta izaten dela (Kunz & Fenton, 2005). Harrapakinen ekologia ezagutuz gero, bizi-fase ezberdinetan zehar erabiltzen dituzten habitata ezagutu daitezke, eta horrela kiropteroek behar dituzten harrapakinen biziraupena ahalbidetu

daiteke (Arrizabalaga-Escudero *et al.*, 2015). Harrapakinen habitatak babesteak, beraz, saguzarrei onurak ekar diezake. Esaterako, Erresuma Batuan *R. ferrumequinum*-ek bereziki *Aphodius* generoko gorotzetako koleopteroak jaten ditu. Uda-amaieran larreetan nagusi dena, saguzarren kontserbazio-planean, nekazari eta abeltzainei sustapen ekonomiko bat ematea jasotzen da larreak mantendu eta kakalardoek gainbehera eragin dezaketen ekintzak ekiditzearren (Entwistle *et al.*, 2001). Ikerketa honetan ere *Aphodius* generoko kakalardoak agertu dira ferra-saguzar handiaren dietan, eta beraz, antzeko neurriak hartzea komenigarria litzateke gurean ere. Orokorrean, espezie bakoitzaren harrapakin nagusien beharrianak kontserbazio planen babes-neurrietan kontutan hartzea, hortaz, onuragarria izan daiteke saguzarren beraien kontserbaziorako, bereziki espezializazio maila handiena erakusten duten espezieei dagokienez (Kunz & Fenton, 2005).

Azkenik, aipagarria da ferra-saguzarren dietetan nekazal izurrite izan daitezkeen hainbat sits agertu direla: *Agrotis exclamationis* (*R. euryale* eta *R. ferrumequinum*), *Agrotis ipsilon* (*R. ferrumequinum*), *Agrotis segetum* (*R. euryale*), *Apamea monoglypha* (*R. euryale*), *Hoplodrina sp.* (*R. euryale*), *Mythimna albipuncta* (*R. ferrumequinum*), *Mythimna vitellina* (*R. ferrumequinum* eta *R. hipposideros*) eta *Noctua sp.* (*R. ferrumequinum*, *R. euryale* eta *R. hipposideros*). Izaera intsektujaleari lotuta saguzarrek eragindako ekosistema-zerbitzuen artean, basogintzako eta nekazal izurriteen kontrolean saguzarrek izan dezaketen papera azaleratzen hasi da azken urteotan (Maine *et al.*, 2015; Krauel *et al.*, 2018), ur-jauzi efektua izan baitezakete nekazal izurriteen gain (Cleveland *et al.*, 2006). Horrela, nekazaritzan pestizida kimikoak ekiditzera bidean, kontrol biologikoa ordezko aukera garrantzitsu bat da. Hurrengo ikerketetan lan honen jomuga diren saguzar-espezieak zein nekazal arloetan izan daitezkeen erabilgarri aztertzea interesgarria izango litzateke.

4. Etorkizunerako norabidea

Etorkizunerako hainbat helburu planteatzen dira:

- *Rhinolophus hipposideros* ferra-saguzar txikiaren dietaren deskribapena egitea, urte-sasoien arabera (kumatze aurretik, kumatze bitartean eta edoski-garaiaren amaieran) eta geografikoki (eskualde eurosiberiarrean eta mediterranearrean) izan dezakeen aldakortasuna kontutan izanik.
- *Rhinolophus ferrumequinum* ferra-saguzar handiaren dietaren deskribapena egitea, kontsumitutako harrapakin-espezieen aldakortasuna aztertuz, urte-sasoien arabera (kumatze aurretik, kumatze bitartean eta edoski-garaiaren amaieran) eta geografikoki (eskualde eurosiberiarrean eta mediterranearrean) izan dezakeen aldakortasuna kontutan izanik..
- Iberiar Penintsulako ferra-saguzarren nitxo trofikoak bereiztea, harraparien ezaugarri morfofuntzionaletan eta ekologikoetan oinarrituta.
- Ferra-saguzarretan ikasketa-prozesuak eta garapenak ekologia trofikoan izan dezakeen eragina aztertzea, helduen eta urteko gazte hegalarien harrapakinen arteko ezberdintasunak ikertuz.

5. Bibliografia

- Ahmim, M., & Moali, A. (2013). The diet of four species of horseshoe bat (Chiroptera: Rhinolophidae) in a mountainous region of Algeria: evidence for gleaning. *Hystrix, the Italian Journal of Mammalogy*, 24(2), 174-176.
- Alberdi, A., Garin, I., Aizpurua, O., & Aihartza, J. (2012). The foraging ecology of the mountain long-eared bat *Plecotus macrobullaris* revealed with DNA mini-barcodes. *PLoS One*, 7(4), e35692.
- Alberdi, A., Aizpurua, O., Gilbert, M. T. P., & Bohmann, K. (2018). Scrutinizing key steps for reliable metabarcoding of environmental samples. *Methods in Ecology and Evolution*, 9(1) 134-147.
- Arrizabalaga-Escudero, A., Clare, E. L., Salsamendi, E., Alberdi, A., Garin, I., Aihartza, J., & Goiti, U. (2018). Assessing niche partitioning of co-occurring sibling bat species by DNA metabarcoding. *Molecular ecology*, 27 (5), 1273-1283.

- Arrizabalaga-Escudero, A., Garin, I., García-Mudarra, J. L., Alberdi, A., Aihartza, J., & Goiti, U. (2015). Trophic requirements beyond foraging habitats: The importance of prey source habitats in bat conservation. *Biological Conservation*, 191, 512-519.
- Blaxter, M., Mann, J., Chapman, T., Thomas, F., Whitton, C., Floyd, R., & Abebe, E. (2005). Defining operational taxonomic units using DNA barcode data. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 360(1462), 1935-1943.
- Bohmann, K., Monadjem, A., Noer, C. L., Rasmussen, M., Zeale, M. R., Clare, E., ... & Gilbert, M. T. P. (2011). Molecular diet analysis of two African free-tailed bats (Molossidae) using high throughput sequencing. *PloS one*, 6(6), e21441.
- Clare, E. L., Symondson, W. O., Broders, H., Fabianek, F., Fraser, E. E., MacKenzie, A., ... & Menzies, A. K. (2014). The diet of *Myotis lucifugus* across Canada: assessing foraging quality and diet variability. *Molecular Ecology*, 23(15), 3618-3632.
- Chesson, P. (2000). General theory of competitive coexistence in spatially-varying environments. *Theoretical population biology*, 58(3), 211-237.
- Cleveland, C. J., Betke, M., Federico, P., Frank, J. D., Hallam, T. G., Horn, J., ... & Sansone, C. G. (2006). Economic value of the pest control service provided by Brazilian free-tailed bats in south-central Texas. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 4(5), 238-243.
- Csorba, G., Ujhelyi, P., & Thomas, N. (2003). *Horsheshoe bats of the World:(Chiroptera: Rhinolophidae)*. Alana books.
- Chesson, P. (2000). Mechanisms of maintenance of species diversity. *Annual review of Ecology and Systematics*, 31(1), 343-366.
- Deagle, B. E., Thomas, A. C., McInnes, J. C., Clarke, L. J., Vesterinen, E. J., Clare, E. L., ... & Eveson, J. P. (2018). Counting with DNA in metabarcoding studies: how should we convert sequence reads to dietary data?. *Molecular ecology*.
- Dietz C, Nill D, von Helversen O (2009) *Bats of Britain, Europe and Northwest Africa*. A & C Black, London.
- Entwistle, A. C., Harris, S., Hutson, A. M., Racey, P. A., Walsh, A., Gibson, S. D., ... & Johnston, J. (2001). Habitat management for bats.
- Galan, M., Pons, J. B., Tournayre, O., Pierre, E., Leuchtmann, M., Pontier, D., & Charbonnel, N. (2018). Metabarcoding for the parallel identification of several hundred predators and their prey: Application to bat species diet analysis. *Molecular ecology resources*, 18(3), 474-489.
- Gillet, F., Tiouchichine, M. L., Galan, M., Blanc, F., Némot, M., Aulagnier, S., & Michaux, J. R. (2015). A new method to identify the endangered Pyrenean desman (*Galemys pyrenaicus*) and to study its diet, using next generation sequencing from faeces. *Mammalian Biology-Zeitschrift für Säugetierkunde*, 80(6), 505-509.
- Goiti, U., Aihartza, J. R., & Garin, I. (2004). Diet and prey selection in the Mediterranean horseshoe bat *Rhinolophus euryale* (Chiroptera, Rhinolophidae) during the pre-breeding season. *Mammalia mamm*, 68(4), 397- 402.
- Hervé, M. (2014). RVAideMemoire: Diverse basic statistical and graphical functions. *R package version 0.9-* 50.
- Krauel, J. J., Brown, V. A., Westbrook, J. K., & McCracken, G. F. (2018). Predator-prey interaction reveals local effects of high-altitude insect migration. *Oecologia*, 186(1), 49-58.
- Kunz, T. H., & Fenton, M. B. (Eds.). (2005). *Bat ecology*. University of Chicago Press.
- Maine, J. J., & Boyles, J. G. (2015). Bats initiate vital agroecological interactions in corn. *Proceedings of the National Academy of sciences*, 112(40), 12438-12443.
- Oksanen J., Blanchet F. G., Friendly M., Kindt R., Legendre P., McGlinn D., Minchin P. R., O'Hara R. B., Simpson G. L., Solymos P., Stevens M. H. H., Szoecs E. and Wagner H. (2018). *Vegan: Community Ecology Package*. *R package version 2.5-1*.
- Piñol, J., Senar, M. A., & Symondson, W. O. (2018). The choice of universal *primers* and the characteristics of the species mixture determine when DNA metabarcoding can be quantitative. *Molecular ecology*.
- Schober, W., & Grimmberger, E. (1987). *Die Fledermäuse Europas: kennen-bestimmen-schützen*. Franckh.
- Vaughan N. (1997). The diet of British Bats (Chiroptera). *Mammal Review* 27(2): 77-94.
- Zeale, M. R., Butlin, R. K., Barker, G. L., Lees, D. C., & Jones, G. (2011). Taxon-specific PCR for DNA barcoding arthropod prey in bat faeces. *Molecular ecology resources*, 11(2), 236-244.

6. Eskerronak

Ikerketa hau Eusko Jaurlaritzak (IT754-13 proiektua) eta Espainiako Gobernuak (CGL2012-38610; CGL2015-69069-P) diruz lagundu dute. Eskerrak eman nahi dizkiet Euskal Herriko Unibertsitateari eta Zientzia eta Teknologia Fakultateari. Eskerrik handien eta zintzoenak Joxerra Aihartza eta Inazio Garin zuzendariei ikerlan honen bidean itsasargi eta berme izanagatik. Laborategi-lanetako hastapenetan bidea argitu didaten Unai Baroja, Aitor Arrizabalaga eta Inaziori. Aitorri berriz ere bere pazientzia agorgabearengatik, bioinformatika eta estatistikako zalantza guztiak - gutxi izan ez direnak - edozein momentutan argitzeko prest egoteagatik. Azkenik, Nerea ikaskide eta lagunari bide hontan elkarren sostengu izanagatik eta “Jokamoldearen ekologia eta eboluzioa” ikerketa-taldeko kide guztiei kurtso hontan zehar kide eta lagun izanagatik.