



IKER
GAZTE
NAZIOARTEKO
IKERKETA EUSKARAZ

III. IKERGAZTE NAZIOARTEKO IKERKETA EUSKARAZ

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

ANTOLATZAILEA:
Udako Euskal Unibertsitatea (UEU)

ZIENTZIAK ETA NATURA ZIENTZIAK

**Saguzarren izurriekiko zaletasuna
mahasti-sistema batean: kontrol
biologikorako oinarritzko
hastapenak**

*Unai Baroja, Inazio Garin,
Joxerra Aihartza, Nerea Vallejo,
Miren Aldasoro eta Urtzi Goiti*

37-43 or.

<https://dx.doi.org/10.26876/ikergazte.iii.05.05>



Saguzarren izurriekiko zaletasuna mahasti-sistema batean: kontrol biologikorako oinarrizko hastapenak

Baroja, Unai; Garin, Inazio; Aihartza, Joxerra; Vallejo, Nerea; Aldasoro, Miren eta Goiti, Urtzi

Zoologia eta Animalia Zelulen Biologia saila, Euskal Herriko Unibertsitatea UPV/EHU
ubaroja001@gmail.com

Laburpena

Artropodo fitofagoek nekazal ekoizpenean kalte oso larriak eragiten dituzte urtero. Izurrien kontrako borrokan saguzarrak artropodoen jatun handien taldean sailkatzen dira, hauetako hainbat izurri kontsumitzaile direlarik. Mahastiak nagusi diren nekazal sistema mediterraneoetan, kultibo ugari izurriek eragindako suntsipen masiboak jasaten dituzte; ondorioz ikerketa honetan DNA metabarcoding bidez saguzar espezie ezberdinen dieta eta izurriak kontsumitzeko gaitasuna denboran zehar aztertu dugu. Guztira, 72 izurri espezie detektatu ziren, hauetatik 30 izurri garrantzitsu kontsideratzen direlarik. Eraitzen arabera, saguzar espezie ezberdinak baso eta nekazaritzako izurrien suntsitzaile handiak direla agerian geratzen da, hortaz populazio hauek faboratzeko dagozkion kontserbazio-neurriak hartzea premiazkoa da.

Hitz gakoak: DNA metabarcoding, izurri agroforestalak, izurri-kontsumoa, saguzarrak

Abstract

Herbivorous arthropods cause immense damage in crop production annually. Bats are considered amongst the most voracious predators of arthropods, of which some species are known to consume pests. In vineyard dominated Mediterranean agroecosystems, multiple crops are damaged caused by the attack of insect pests, thereby in this study, we aimed to explore the diet and pest consumption capacity of different bat species by means of DNA metabarcoding analysis of DNA extracted from faeces during the whole active period of most pest species. Overall, 72 pest species were identified and 30 of them are considered major pests. In view of the results, it can be asserted that the surveyed bat species may act as a suppressor of a wide array of agroforestry pests in Mediterranean agroecosystems. Therefore, appropriate conservational measurements to favour the growth of its populations should be considered.

Key words: Agroforestry pests, bats, DNA metabarcoding, pest consumption.

1. Sarrera

Azken hamarkadetan nekazaritzako pestizida kimikoen erabileraren kontrako araudi zorrotzak, izurriek hauekiko garatutako erresistentziak eta populazioak produkzio jasangarriarekiko egindako apustuak (Jensen et al., 2016), harrapakari naturalek izurrien kontrako borrokan duten garrantziaz ohartzera bultzatu gaituzte (Naranjo et al., 2015). Urtero, intsektu herbiboroek munduko nekazaritzako produkzioaren %10-26 galarazten dutela estimatzen da (Oerke, 2006). Gainera, aldaketa klimatikoak bultzatutako tenperaturaren igoerak izurriei mesede egingo die, kalteak are gehiago emendatuz (Deutsch et al., 2018).

Saguzarrak, beraien dieta-ohiturak direla eta, izurrien ehiztari nekaezinak dira (Russo et al., 2018), gau bakar batean beraien gorputz-masa bezainbeste intsektu jan dezaketelarik (Kunz et al., 1995). Eskualde epeletako udaberri-uda sasoiak saguzarren energia-eskaria esanguratsuki areagotzen da, ondorioz ehizata emendatzen dutelarik (Kurta et al., 1989). Horrez gain, saguzarrek bizimodu anitzeko izurriei erantzun diezaiokete, intsektu hegalaria zein ez hegalarietatik, eguneko, gautar edota tamaina askotarikoetara. Berriki garatutako DNA metabarcoding bezalako teknika molekularrek saguzarren dieta espezie-mailaraino ezagutzea ahalbidetu digute (Aizpurua et al., 2018; Galan et al., 2018), saguzarrek izurrien dinamikan eduki dezaketen garrantzia agerian geratu delarik. Orain arte, zenbait ikerketek saguzarren dietan labore ezberdinetan kalteak eragiten dituzten izurriak detektatu dituzte (Aizpurua et al., 2018; Cleveland et al., 2006; McCracken et al., 2012; Puig-Montserrat et al., 2015); halere ikerketa hauetan ez ziren laginketa denboraldi luzeak egin eta laginak ez ziren aldizka bildu, puntualki baizik. Kontuan hartuta denboran saguzarrek beraien dieta zehar zeharo aldatu (McCracken

et al., 2012) eta izurriek izugarritzko gorabeherak eduki ditzaketela (Welch eta Harwood, 2014), saguzarren izurriak ustiatzeko gaitasuna denboran zehar aztertzea ezinbestekoa da.

Saguzarrak mahastietan ehizan hainbat alditan detektatu izan dira (Froidevaux et al., 2017; Kelly et al., 2016). Hauen artean, espezie ezberdinek ehiza-jokabide ezberdinak erakusten dituzte: batzuk airean hegan dirauten artropodoak ehizatzen espezializatu dira, badira lurlean edo hostoetan atxikituta dauden harrapakinak harrapatzen gai direnak, zein beste hainbat ehiza-estrategia ezberdin erabil ditzaketenak ere (Jones eta Rayner, 1989); malgutasun trofiko honek harrapakin-espektro zabala ehizagarri izatea ahalbidetzen dielarik. Aurretik egindako ikerketen arabera, saguzar espezie asko lepidoptero edo sitsez elikatzen dira besteen artean (Bontadina et al., 2008); kontuan izanik nekazaritzako izurrien gehiengoa lepidopteroak direla, sistema intentsiboetan saguzar intsektiboroen dieta aztertzea guztiz beharrezkoa da, saguzarrek kontrolatzaile biologiko gisa bete dezaketen zerbitzu ekosistemikoak hobeto ulertu eta kudeaketa sostengarriago bati ateak zabaltzeko. Tamalez, mahastiez gailendutako sistema intentsibotan orain arte ez da saguzar-izurrien arteko elkarrekintza trofikorik ikertu eta beraz, saguzarrek nekazal sistema hauetan duten funtzioaz itsu-itsuan ibili gara.

2. Ikerketaren helburuak

Ikerketa honetan mahastiak gailentzen diren sistema mediterranean batean dauden saguzar espezie ezberdinen dieta eta izurriak kontsumitzeko gaitasuna aztertu nahi izan dugu izurrien aktibitate handiko sasoiaren zehar.

3. Ikerketaren muina

3.1. Ikerketa eremua

2017ko maiatza-iraila bitartean Araba-Errioxa eskualdeko *Rhinolophus hipposideros*, *Pipistrellus pipistrellus*, *P. kuhlii*, *Hypsugo savii* eta *Myotis daubentonii* espezieen kolonietan gorotzak bi astero batu genituen. Paisaia batez ere mahastien laboreek osatzen dute, beste motatako kultiboen partzelek (olibadiak, arbendolondoak, zereal eta barazki-ortuak edota fruta-arbolak) ere bere garrantzia dutelarik. Horiez gain, *Populus nigra*, *P. alba*, *Alnus glutinosa*, *Fraxinus excelsior* edo *Sambucus sp.* ur-bazterreko basoak ere aurki daitezke; mediterraneoko eta *Quercus ilex* edo *Q. faginea* zuhaitzak eta *Q. coccifera* zuhaixkak; *Pinus nigra*, *P. pinaster*, *P. halepensis* eta *P. sylvestris* pinu-landaketak eta ibai, aintzira eta herrigune ezberdinek lurraldea egituratzen dute.

3.2. Gorotz-bilketa

Saguzar-kolonia bakoitzaren azpian gorotz-biltzaileak jarri eta bi astero laginak jaso genituen. Laginketa saio bakoitzaren ostean biltzaileak garbitu ziren. Gorotzak etiketatuak, 40° C-tan lehortuak eta -80°C-tan gorde ziren prozesatu bitartean. Kolonia eta aldi bakoitzerako, zoriz gutxienez 20 gorotz lagineko hautatu ziren eta ondoren homogeneizatu DNA nahastuz. Koloniaren tamainaren arabera, aldiro 1-3 azpilagin bildu ziren.

3.3. DNA erauzketa, liburutegi-prestaketa, sekuentziazioa eta prozesu bioinformatikoa

Gorotzetako DNA erauzketetarako DNeasy PowerSoil kit-a erabili genuen. Erauzketa-saio bakoitzean lagin zuriak edo kontrolak erabili ziren. Bi zitokromo oxidasa I (COI) markatzaile molekular edo "primer" osagarri erabili ziren, ahalik eta harrapakin-dibertsitate altuena detektatzeko (Esnaola et al., 2018). Ondoren, liburutegi-prestaketa burutu zen, hots laginak sekuentziazio masiborako prestatu ziren Illuminaren 16S Sekuentziazio Metagenomikoaren Liburutegi-Prestaketa protokoloa jarraituz (Amplicon, 2013). Azkenik, laginak Illumina MiSeq sekuentziadore batean sekuentziatu ziren.

Behin DNA sekuentzia gordinak edukita, iragazpen-prozesu bat aplikatu eta soilik kalitate onargarria zuten sekuentziak mantendu ziren, horretako USEARCH v.10 eta Cutadapt software-ak erabili zirelarik (Edgar, 2010; Martin, 2011). Lagin zurietan agertzen ziren sekuentziak gainerako laginetatik ezabatu ziren kontaminazio-arrastoak ekiditeko eta gero haplotipoetan taldekatu. Ondoren, haplotipoak ZOTU-etan (Edgar, 2016) bildu eta sareko BOLD systems (www.boldsystems.org) erreferentzia datu-baseekin erkatu genituen dagozkion harrapakin-espezieen identifikazioak burutzeko.

3.4. Izurrite-inpaktua zehaztea

Dieta aztertu ostean, izurrite kontsideratutako espezieak nekazaritzan duten inpaktu eta garrantzi ekonomikoaren arabera sailkatu ziren Alford (1999 eta 2016), Hill (2008) eta Lakatos et al. (2014)-en oinarrituta: a) izurri xumeak: produkzioan kalte ekonomiko larrikeria eragiten ez dituztenak eta b) izurri garrantzitsuak: kalte ekonomiko larrikeria eragiten dituztenak.

3.5. Datuen analisia

Ikerketa hau baldintza espazio-tenporal ezberdinetan eman zen. Hori horrela, elkarrekintza espazio-tenporalak, espazialak (koloniak) eta tenporalak (bi asteko aldiak) izurri espezie ezberdinen agerpenean duten efektuak testatzeko bi bideko bariantzaren analisia (ANOVA bi-faktoriala) burutu genuen (Legendre et al., 2010) *STImodels* funtzioa (Legendre et al., 2012) R-n (R Team, 2018) erabiliz. Analisi hau ferra-saguzar txikiaren (*R. hipposideros*) kasurako soilik burutu zen, laginak laginketa-denboraldi osoan zehar lortu ziren espezie bakarra izan zelako. Gainerako espezieetan, ezin izan zen laginketa-saio bakoitzean gorotz nahiko lortu.

3.6. Emaitzak

Saguzar espezie ezberdinen dietan identifikatutako artropodoetatik, 30 izurri larri eta 42 izurri xume kontsumitu zituzten (1 Taula). Hauetatik gehiena (n=57) lepidopteroei dagozkie, zazpi hemipteroei (zimitzak), bost espezie dipteroei, eta hiru koleopteroei (kakalardoak). Saguzarren artean, *R. hipposideros*-ek ustiatu zituen izurri gehien, dietan 24 izurri larri eta 31 izurri xume identifikatuta.

1. taula. Saguzar espezie ezberdinen gorotzetan identifikatutako izurri espezieak, kaltetutako kultiboak, haien izurrite-egoera eta kontsumitu duen saguzar espezieak. (*) Izurri xumea, (**) izurri garrantzitsua; (1) *R. hipposideros*, (2) *P. pipistrellus*, (3) *P. kuhlii*, (4) *H. savii*, (5) *M. daubentonii*.

Ordena	Izurria	Kaltetutako kultiboak	Izurrite mota	Saguzarra
Lepidoptera	<i>Acleris schalleriana</i>	Akamailua, landare apaingarriak	*	1
	<i>Acleris variegana</i>	Sagarrondoa, madariondoa, gereziondoa...	**	1
	<i>Agrotis obesa</i>	Polifagoa	*	2,3
	<i>Aleimma loeflingiana</i>	Haritza, xarma, astigarra	*	1
	<i>Anacamptis populella</i>	Makala, sahatsa	*	1
	<i>Ancylis achatana</i>	Fruta-arbolak (sagarrondoa, aranondoa...)	*	1
	<i>Archips podana</i>	Polifagoa (madariondoa, muxurka arbola)	**	1
	<i>Archips rosana</i>	Sagarrondoa, aranondoa, mugurdia	*	1
	<i>Argyresthia abdominalis</i>	Haritza	*	1
	<i>Argyresthia sorbiella</i>	Gurbea (<i>Sorbus aucuparia</i>)	*	1
	<i>Argyresthia spinosella</i>	Aranondoa	*	1
	<i>Autographa gamma</i>	Barazkiak, landare apaingarriak	**	2
	<i>Bedellia somnulentella</i>	Konbulbalazeoen familia	*	1,3
	<i>Calliteara pudibunda</i>	Lupulua, fruta-arbolak	*	1
	<i>Cameraria ohridella</i>	Indi gaztaina	**	2,3
	<i>Clepsis consimilana</i>	Zuhaitz eta zuhaixka ugari (Rosaceae familia)	*	1
	<i>Cnephasia incertana</i>	Polifagoa (marrubia, mahastia, sagarrondoa...)	*	1
	<i>Cosmia trapezina</i>	Polifagoa, fruta-arbolak	*	2
	<i>Cydia fagiglandana</i>	Pagoa, haritza	*	1,3
	<i>Cydia pomonella</i>	Sagarrondoa, madariondoa, irasagarra...	**	1
	<i>Cydia splendana</i>	Intxaurra, gaztainondoa	*	1
	<i>Ditula angustiorana</i>	Polifagoa, fruta-arbolak	*	1
	<i>Ephestia parasitella</i>	Polifagoa (mahastia)	**	1,2,3
	<i>Exoteleia dodecella</i>	Pinua	**	1
	<i>Galleria melonella</i>	Erlezaintza	**	2
	<i>Gymnoscelis rufifasciata</i>	Limoia, olibadiak	*	5
	<i>Gypsonoma aceriana</i>	Makala	**	1,5
	<i>Hedya nubiferana</i>	Sagarrondoa, madariondoa, arbendola...	*	1
	<i>Hedya ochroleucana</i>	Rosazeoak (sagarrondoa...)	*	1
	<i>Hedya pruniana</i>	Rosazeoak (aranondoa, gereziondoa...)	*	1
<i>Lobesia botrana</i>	Mahastia	**	1,2,3	
<i>Mythimna unipuncta</i>	Zereal-landaketak	**	1,2	

	<i>Neosphaleroptera nubilana</i>	Aranondoa, sagarrondoa, abrikota	*	1
	<i>Notocelia uddmanniana</i>	Masusta	**	1
	<i>Oecophora bractella</i>	Mahaspa, masusta	*	1
	<i>Orthotaenia undulana</i>	Haltza, zumarra, urkia, astigarra...	*	1
	<i>Parornix devoniella</i>	Hurra	*	1
	<i>Peribatodes rhomboidaria</i>	Mahastia, fruta-arbolak	*	2
	<i>Peridroma saucia</i>	Polifagoa (zuhaitzak, kultiboak)	**	1,2
	<i>Phthorimaea operculella</i>	Solanazeoak (patata)	**	1
	<i>Phyllonorycter blancardella</i>	Sagarrondoa	*	2
	<i>Phyllonorycter messaniella</i>	Zuhaitzak, fruta-arbolak	*	1,2
	<i>Plodia interpunctella</i>	Biltegiratze janaria	**	3
	<i>Plutella xylostella</i>	Kultibo brasikazeoak (barazkiak)	**	1,2
	<i>Prays oleae</i>	Olibadia	**	1
	<i>Recurvaria leucateella</i>	Sagarrondoa, madariondoa	*	1
	<i>Recurvaria nanella</i>	Fruta-arbolak (sagarrondoa, arbendola...)	**	1,2
	<i>Rhyacionia buoliana</i>	Pinua	**	1,2,3
	<i>Rhyacionia pinicolana</i>	Pinua	*	1
	<i>Sparganothis pilleriana</i>	Mahastia	**	1,2,3
	<i>Spilonota ocellana</i>	Sagarrondoa, madariondoa, irasagarra	*	1
	<i>Spodoptera exigua</i>	Polifagoa (mahastia, tomate, piperra...)	**	1
	<i>Stigmella floslactella</i>	Hurra, xarma	*	2
	<i>Thaumetopoea pityocampa</i>	Pinua	**	1,2
	<i>Tischeria ekebladella</i>	Gaztainondoa	*	1
	<i>Udea ferrugalis</i>	Aranondoa, andere-mahatsa, alkatxofa	*	1
	<i>Ypsolopha scabrella</i>	Sagarrondoa, gereziondoa, aranondoa	*	1
Hemiptera	<i>Adelphocoris lineolatus</i>	Alpapa, babarrunak, kotoia, mertxikondoa...	**	1
	<i>Aelia acuminata</i>	Zerealak	**	4
	<i>Fieberiella florii</i>	Rosazeoak, gaixotasun fitoplasmatikoen bektore	**	1
	<i>Liorhyssus hyalinus</i>	Polifagoa (kotoia, tabakoa, zerealak...)	*	3
	<i>Nezara viridula</i>	Tomatea, piperra, soja, mahastiak, fruta-arbolak	**	2,3,4
	<i>Nysius cymoides</i>	Polifagoa	*	2,3,4,5
	<i>Philaenus spumarius</i>	<i>Xylella fastidiosa</i> -ren bektore	*	1,2,3,4
Diptera	<i>Coboldia fuscipes</i>	Belarri landua perretxikoa (<i>Pleurotus ostreatus</i>)	**	5
	<i>Delia platura</i>	Zerealak, babarrunak, tomate, ilarra...	**	1,2
	<i>Drosophila suzukii</i>	Polifagoa, frutak (mahastia, pikondoa...)	**	1,2,3
	<i>Tipula oleracea</i>	Barazkiak, marrubia...	*	1,2,3
	<i>Tipula paludosa</i>	Barazkiak, zerealak	**	1
Coleoptera	<i>Curculio elephas</i>	Gaztainondoa	**	2,3
	<i>Curculio glandium</i>	Haritza	**	1,2,4
	<i>Tenebrio molitor</i>	Biltegiratze janaria (hirina, ogia...)	*	3

Denborak dietako izurri espezie ezberdinen agerpenean efektu esangarria zuen ($F = 1,839$; $R^2 = 0,458$; $p = <0,001$). Espazioaren ($F = 0,798$; $R^2 = 0,044$; $p = 0,83$) eta elkarrekin espazio-tenporalaren ($F = 0,994$; $R^2 = 0,137$; $p = 0,49$) efektu esangarririk ordea, ez zen behatu.

3.7. Eztabaida

Saguzar espezie ezberdinek kontsumitutako 72 izurri espezieen artean mota askotako kultibo eta landaketetan kalteak eragiten dituzten intsektuak aurki daitezke; besteak beste mahastiak (e.g. *Lobesia botrana*, *Sparganothis pilleriana*, *Drosophila suzukii*), fruta-arbolak (e.g. *Acleris variegana*, *Cydia pomonella*), olibadiak (e.g., *Prays oleae*, *Gymnoscelis rufifasciata*), zereal-landaketak (e.g., *Tipula paludosa*, *Mythimna unipuncta*), barazkiak (e.g., *Spodoptera exigua*, *Autographa gamma*), baso-landaketak (e.g., *Thaumetopoea pityocampa*, *Rhyacionia buoliana*), perretxikoen hazkuntza (e.g. *Coboldia fuscipes*) edota erle-hazkuntza (e.g. *Galleria melonella*) kaltetzen dituztenak.

Orain arte, zenbait dieta-analisietan, izurri gutxi batzuetatik (Galan et al., 2018) kopuru anitzetara (Aizpurua et al., 2018), izurrien DNA aurkitu izan den arren, ikerketa orotan laginketak ez ziren

denboraldi luzeetan zehar burutu. Gure emaitzek aditzera ematen dute izurri espezie ezberdinen agerpena dietan denboran zehar aldatzen dela, hortaz eremu zehatz bateko saguzarrek izurriak kontsumitzeko duten gaitasuna neurtzeko laginketak denboraldi luzeetan zehar burutzea ezinbestekoa da. Guk kultiboen aldi begetatibo eta izurri gehienen heldu-fase osoan zehar lagindu genuen, ferra-saguzar txikiaren ehiza-gaitasuna modu adierazgarrian aztertuz. Gainerako espezieen kasuan, ezin izan genuen lagin-kopuru nahikoa bildu laginketa saio guztietan eta hortaz, kontsumitzen dituzten izurrien lista guk bildutakoa baino luzeagoa izan daitekelakoan gaude.

Azkenik, ikerketa honek DNA metabarcoding-ak dieta-azterketen bidez harrapakari-izurrien elkarrekintzak ezagutzeko duen balioa berresten du eta izurri berrien detekzio goiztiarra bermatu ere (Maslo et al., 2017).

4. Ondorioak

Lehenengo aldiz, ikerketa honetan *R. hipposideros*-en espezie-mailako agroekosistema intentsibo bateko udaberri-udako dieta eta izurrien kontsumo gaitasuna jakinarazi dugu, baita, partzialki bada ere, *P. pipistrellus*, *P. kuhlii*, *H. savii* eta *M. daubentonii*-ren izurriak kontsumitzeko gaitasuna ere; saguzar hauen eta izurrien arteko elkarrekintza trofikoaren funtsezko hastapenak ezarri, eta animalia hauek eskaintzen dituzten zerbitzu ekosistemikoen berri emanez. Bigarrenez, saguzar espezie hauek baso eta nekazaritza produkzioan ekar ditzaketen onura sozio-ekonomikoak aintzat hartuta, saguzarren populazioak faboratzeko dagozkion kontserbazio-neurriak hartzea premiazkoa da. Horrez gain, dauden gordelekuen babesak eta berrien eraikuntzak (Alcalde et al., 2017) hil edo biziko garrantzia eduki dezake datozen urteotan.

5. Etorkizunerako planteatutako norabidea

Etorkizunari begira, saguzar eta izurrien arteko elkarrekintzak hobeto ezagutzeko ikerketa sakonagoak egitea ezinbestekoa da, saguzar espezie gehiagoren dieta barneratuz eta dieten emaitzak saguzarren denboran zeharreko aktibitate eta izurrien gorabeherekiko erkatuz.

6. Erreferentziak

Aizpurua, O., Budinski, I., Georgiakakis, P., Gopalakrishnan, S., Ibañez, C., Mata, V., ... & Zrncic, V. (2018). Agriculture shapes the trophic niche of a bat preying on multiple pest arthropods across Europe: Evidence from DNA metabarcoding. *Molecular Ecology*, 27(3), 815-825.76.

Alcalde, J. T., Martínez, I., Zaldua, A., & Antón, I. (2017). Conservación de colonias reproductoras de murciélagos cavernícolas mediante refugios artificiales. *Barbastella*.

Alford, D. V. (1999). *A textbook of agricultural entomology*. Blackwell Science Ltd. Oxford, UK.

Alford, D. V. (2012). *Pests of ornamental trees, shrubs and flowers: A colour handbook*. CRC Press. Academic Press, New York, NY, USA.

Alford, D. V. (2016). *Pests of fruit crops: a colour handbook*. CRC press (Eds.). Manson Publishing, London, U.K.

Amplicon, P. C. R., Clean-Up, P. C. R., & Index, P. C. R. (2013). *16S Metagenomic Sequencing Library Preparation*.

Bontadina, F., Schmied, S. F., Beck, A., & Arlettaz, R. (2008). Changes in prey abundance unlikely to explain the demography of a critically endangered Central European bat. *Journal of Applied Ecology*, 45(2), 641-648.

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.

Deutsch, C. A., Tewksbury, J. J., Tigchelaar, M., Battisti, D. S., Merrill, S. C., Huey, R. B., & Naylor, R. L. (2018). Increase in crop losses to insect pests in a warming climate. *Science*, 361(6405), 916-919.

- Edgar, R. C. (2010). Search and clustering orders of magnitude faster than BLAST. *Bioinformatics*, 26(19), 2460-2461.
- Edgar, R. C. (2016). UNOISE2: improved error-correction for Illumina 16S and ITS amplicon sequencing. *BioRxiv*, 081257.
- Esnaola, A., Arrizabalaga-Escudero, A., González-Esteban, J., Elosegi, A., & Aihartza, J. (2018). Determining diet from faeces: Selection of metabarcoding primers for the insectivore Pyrenean desman (*Galemys pyrenaicus*). *PloS One*, 13(12), e0208986.
- Froidevaux, J. S., Louboutin, B., & Jones, G. (2017). Does organic farming enhance biodiversity in Mediterranean vineyards? A case study with bats and arachnids. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 249, 112-122.
- 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.
- Hill, D. S. (2008). Major tropical crop pests. In *Pests of crops in warmer climates and their control* (pp. 115-497). Dordrecht, The Netherlands, Springer Science & Business Media.
- Jensen, D. F., Karlsson, M., Sarrocco, S., & Vannacci, G. (2016). Biological control using microorganisms as an alternative to disease resistance. *Plant Pathogen Resistance Biotechnology*, 341-363.
- Jones, G., & Rayner, J. M. (1989). Foraging behavior and echolocation of wild horseshoe bats *Rhinolophus ferrumequinum* and *R. hipposideros* (Chiroptera, Rhinolophidae). *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 25(3), 183-191.
- Kelly, R. M., Kitzes, J., Wilson, H., & Merenlender, A. (2016). Habitat diversity promotes bat activity in a vineyard landscape. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 223, 175-181.
- Kunz, T. H., Whitaker, J. O., & Wadanoli, M. D. (1995). Dietary energetics of the insectivorous Mexican free-tailed bat (*Tadarida brasiliensis*) during pregnancy and lactation. *Oecologia*, 101(4), 407-415.
- Kurta, A., Bell, G. P., Nagy, K. A., & Kunz, T. H. (1989). Energetics of pregnancy and lactation in freeranging little brown bats (*Myotis lucifugus*). *Physiological Zoology*, 62(3), 804-818.
- Lakatos, F., Mirtchev, S., & Mehemeti, A. (2014). Hand Book of Major Forest Pests in Southeast Europe. *Food and Agriculture Organization of the United Nations, Pristina*, 71-100.
- Legendre, P., Cáceres, M. D., & Borcard, D. (2010). Community surveys through space and time: testing the space-time interaction in the absence of replication. *Ecology*, 91(1), 262-272.
- Legendre, P., Cáceres, M.D., & Borcard D. (2012). STI:Space-time ANOVA models without replications; R package version 3.1.1.
- Martin, M. (2011). Cutadapt removes adapter sequences from high-throughput sequencing reads. *EMBnet. Journal*, 17(1), pp-10.
- Maslo, B., Valentin, R., Leu, K., Kerwin, K., Hamilton, G. C., Bevan, A., ... & Fonseca, D. M. (2017). Chiro-surveillance: The use of native bats to detect invasive agricultural pests. *PloS One*, 12(3), e0173321.
- McCracken, G. F., Westbrook, J. K., Brown, V. A., Eldridge, M., Federico, P., & Kunz, T. H. (2012). Bats track and exploit changes in insect pest populations. *PloS One*, 7(8), e43839.
- Naranjo, S. E., Ellsworth, P. C., & Frisvold, G. B. (2015). Economic value of biological control in integrated pest management of managed plant systems. *Annual Review of Entomology*, 60.
- Oerke, E. C. (2006). Crop losses to pests. *The Journal of Agricultural Science*, 144(1), 31-43.

Puig-Montserrat, X., Torre, I., López-Baucells, A., Guerrieri, E., Monti, M. M., Ràfols-García, R., ... & Flaquer, C. (2015). Pest control service provided by bats in Mediterranean rice paddies: linking agroecosystems structure to ecological functions. *Mammalian Biology-Zeitschrift für Säugetierkunde*, 80(3), 237-245.

Team, R. C. (2018). R: A language and environment for statistical computing.

Russo, D., Bosso, L., & Ancillotto, L. (2018). Novel perspectives on bat insectivory highlight the value of this ecosystem service in farmland: research frontiers and management implications. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 266, 31-38.

Welch, K. D., & Harwood, J. D. (2014). Temporal dynamics of natural enemy–pest interactions in a changing environment. *Biological Control*, 75, 18-27.

7. Eskerrak eta oharrak

Eskerronak eman nahi genizkioke ardo-bodegetako jabeei saguzar gorotzen bilketa errazteagatik, Itxaso Larrinagari laginketetan laguntzeagatik, Gonzalo García-Baquerori estatistikako analisietan laguntzeagatik eta Genomika Zerbitzuari: Sekuentziazio eta Genotipatze Unitatea-SGIker (UPV/EHU/ERDF, EU) bere laguntza teknikoagatik.

Ikerketa hau Ekonomia eta Lehiakortasun Ministeritza eta Lurralde Garapenerako Funtz Europarrak (CGL-2015-69069P kodea), zein Eusko Jaurlaritzak (IT754-13) diruz lagundu dituzte. Eusko Jaurlaritzak UB-ri doktoretza aurreko beka eman zion (PRE_2016_1_0139).