



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

**Mendiko larreetako  
polinizatzaileen bazka-portaera  
aldaketak denbora eta espazioan**

*Maddi Artamendi Arzamendi,  
Ainhoa Magrach,  
Arantza Aldezabal Roteta  
eta Paula Domínguez Lapido*

309-316 or.

<https://dx.doi.org/10.26876/ikergazte.v.05.39>

ANTOLATZAILEA:



BABESLEAK:



LAGUNTZAILEAK:

emari ta zabal zazu



## Mendiko larreetako polinizatzaileen bazka-portaera aldaketak denbora eta espazioan

Maddi Artamendi<sup>1,2</sup>, Ainhoa Magrach<sup>1</sup>, Arantza Aldezabal<sup>2</sup>, Paula Domínguez-Lapido

<sup>1</sup>Basque Centre for Climate Change (BC3), <sup>2</sup>Euskal Herriko Unibertsitatea (EHU)  
maddi.artamendi@ehu.eus

### Laburpena

Bizidunen arteko elkarrekintzak biodibertsitatearen egituraren funtsa dira eta sare ekologiko konplexu eta dinamikoak sortzen dituzte. Landare-polinizatzaile sare mutualistak landareen ugaltzearen sostengu dira. Elkarrekintza sare hauek ez dira estatikoak eta denboran eta espazioan bereizirik aztertu behar dira. Horregatik, ikerketa honen helburu nagusia Gorbea Parke Naturaleko landare-polinizatzaile sare mutualistaren aldakortasun espazio-tenporalak aztertzea da, aldakortasunean eragiten duten faktore desberdinak topatuz. Ikerketa honetan, dinamikotasun hau baieztatzeaz gain, polinizatzaileen bazka-portaeretan momentuko landare baliabideen ugaritasunak bai eta polinizatzaileek lehiakideekiko dituzten elkarrekintzek eragina dutela ikusi da.

Hitz gakoak: Sare mutualistak, polinizazio entomofiloa, lore-intsektu elkarrekintzak, bikote-leialtasuna, bazka-portaerak, komunitate dinamikak.

### Abstract

*Interactions between living organisms are the basis of the structure of biodiversity and create complex and dynamic ecological networks. In particular, plant-pollinator mutualistic networks support the reproductive success of plants. These interaction networks are not static and should be studied over space and time. Therefore, this study aimed to explore the dynamics of the mutualist plant-pollinator network in the Gorbea Natural Park, identifying the different factors that affect its variability. In addition to confirming the dynamic nature of these networks, the study has shown that the abundance of plant resources at each moment and that pollinators' interactions with competitors have an impact on the foraging behaviour of pollinators.*

*Keywords: mutualistic networks, entomophile pollination, plant-insect interaction, partner fidelity, foraging behaviour, community dynamics.*

### 1. Sarrera eta motibazioa

Biodibertsitatea ez dago soilik indibiduo desberdinen identitateaz eta euren abundantziaz osatuta, espezie hauek elkarrekiko dituzten harreman eta interakzioez osatuta dago ere (CaraDonna eta Waser, 2020). Espezie guztiak beste espezie batzuekin harremantzen dira sare antagonista (adib. : harrapari-harrapakin) edo mutualista (adib.: landare-polinizatzaile) konplexuak eratuz (Tylianakis et al., 2010). Honela, habitat baten barnean bertako espezieek sare ekologiko handi eta konplexuak osatzen dituzte, zeintzuk ekosistema beraren funtzioen orekaren funtsa diren.

Kinzig eta Pacala-ren arabera (2002), ekosistemen funtzioak hiru taldetan sailkatzen dira: materiaren eta energiaren erreserbak (adib. : biomasa), energia fluxuak edo materiaren prozesatzea (adib. : deskonposaketa, produkzioa) eta tasa hauen eta erreserben egonkortasuna mantentzea denboran zehar. Funtzio hauen egonkortasuna ekosistema batek duen erresilientzia moduan neurtzen da, hau da, asalduren ostean ekosistemak aurretiko egoera egonkorrera itzultzeko duen gaitasun moduan (Srivastava eta Vellend, 2005). Biodibertsitateak ekosistemen funtzionamendu eta erresilientzian duen rola oso ikertuta izan da urteetan zehar espezieen suntsipen-tasa gero eta handiagoek eraginda (Coux et al., 2016).

Hala ere, ikerketak espezieen dibertsitatean zentratuak izan dira nagusiki, interakzio sareen egitura alde batera utziz. Espezieak egotea baldintza ezinbestekoa da elkarrekintzak eman daitezen; hala ere, interakzioak galdu daitezke espezierik galdu gabe. Hain zuzen, interakzioen galera espezie galeraren eragile bat da, izan ere, erlazio biotikoak komunitatearen egituraren gako baitira (Trøjelsgaard et al.,

2015). Egoera honetan, komunitate baten barneko prozesu funtzionaletan (adib. : deskonposaketa tasa, energia fluxua, produktibitatea) espezieen arteko interakzio kopuruak, identitateak eta indarrak nola eragiten duten ulertzea oinarritzko ikerketa gaia da gaur-egun ekologian eta kontserbazioaren ikerketan (Tylianakis et al., 2010, Coux et al., 2016, Arceo-Gómez et al., 2020). Gainera, zenbait ikerketek aditzera eman dute aldaketa antropogenikoek interakzio-sareen egitura asaldurak eragiten dituztela nahiz eta espezie dibertsitatean aldaketarik ez eman (Tylianakis et al., 2010). Hau dela eta, interakzioen dibertsitate galerak eragin garrantzitsuak ditu sare trofikoan zeharreko energia fluxuan eta ekosistemen prozesuetan (Brose eta Hillebrand, 2016).

Azken urteetan komunitate mutualisten interakzio sareen egitura askoz gutxiago aztertu da komunitate antagonistena baino (adib. harrapari-harrapakin sareak). Ikerketan eta ezagutzan dagoen hutsune hau larria da, izan ere, interakzio mutualistak funtsezkoak dira biodibertsitatea mantentzeko eta zerbitzu ekologiko garrantzitsuak sostengatzeko, zeintzuk gero eta mehatxatuagoak dauden giza jardueren eraginagatik (Arceo-Gómez et al., 2020). Klima-aldaketak, espezie inbaditzaileek, urbanizazioaren handitzeak eta nekazaritzaren intentsifikazioak presio handia eragiten dute landare-polinizatzaile sare mutualisten egitura eta funtzionamenduan, kolokan jarri mantentzen dituzten zerbitzu ekosistemikoak (Bascompte et al., 2019; Magrach et al., 2017; Parra et al., 2022; Trøjelsgaard et al., 2019).

Polinizatzaile-landare elkarrekintzetan, polinizatzaileak polenaz elikatzen dira eta era berean polen hori landarez landare barreiatzen dute, landareen ugalketarako ezinbesteko bilakatuz. Laborantza landare zein landare basati diren espezieen ehuneko altu batek animalia polinizatzaileen beharra dute ugaltzeko (landare basatien %85 Ollerton et al., 2011; eta laborantza landareen >%70 Klein et al., 2007). Hortaz, animalia bidezko polinizazioa funtsezkoa da landare espezie ugariarentzat, landare populazioen eta komunitateen dinamiketan eragin zuzena edukiz (Trøjelsgaard et al., 2019).

Azken hamarkadetan, mundu osoan zehar polinizatzaileen populazioen gainbehera hauteman da, zenbait lekutan espezie batzuk jadanik desagertu egin direlarik giza jardueren eraginagatik (Potts et al., 2010; Magrach et al., 2021). Gainbehera honen aurrean eta nekazal guneen intentsifikazioaren aurrean, ezti erlearen (*Apis mellifera*) erabilera handitu egin da nekazaritza ekoizpena emendatu nahian (~%85 handitu dira espezie honetako erlauntzak 1961tik, FAOSTAT 2020). Bestalde, zenbait ikerketek aditzera eman dute ezti erleek erle basatien populazioen gainbeheran eragiten dutela, bazkagatik lehiatzen baitira (Herbertsson et al., 2016; Magrach et al., 2017). Gainera, lehiak eragindako polinizatzaileen dieta aldaketak ez du soilik polinizatzaileen dinamiketan eragiten, baizik eta landare basatien ugaltze arrakasta ere murriztu dezake (Magrach et al., 2017). Erle basatiek laborantza-landareen ugaltze arrakastan duten eraginari ez zaio behar besteko garrantzirik eman (Klein et al., 2007). Hortaz, guzti honek, polinizazio zerbitzuaren galerari aurre egiteko ezti erlearengan dagoen konfidantza kolokan jartzen du.

## 2. Arloko egoera eta ikerketaren helburuak

Sare ekologiko bat espezie ugari sortzen dituzten interakzioen errepresentazio matematiko eta kontzeptuala da. Interakzioen inguruko literaturak orokorrean sareak objektu estatikotzat hartzen ditu (Poisot et al., 2015). Izan ere, orain arte sare ekologikoen inguruan egin diren ikerketa ugari denboran eta espazioan jasotako datuak modu bateratuan landu dituzte (Timothée et al., 2015). Esplizituki esanda, bi espezieek eremu edo leku geografiko batean interakzionatzen badute, edozein leku eta denboratan interakzionatuko dutela onartzen da, albo batera utziz inguruneko aldagaiek, espeziaren bizi etapak eta komunitatea beraren egiturak izan ditzaketan eraginak (Poisot et al., 2015). Hau dela eta, bateratutako datuek informazioaren galtzea dakarte, espezieen interakzioen berezko dinamika jakina izanik (Timothée et al., 2015).

Berrikiago ordea, sare ekologikoak objektu dinamikotzat hartu dira. Izan ere, interakzioak ez baitira estatikoak, dinamikoak dira eta inguruko aldaketei erantzuten diete, aldakorak izanik denboran zehar eta baita lekuaren arabera ere, bizidun askok adinarekin bere dieta eta portaera aldatzearekin eta urtaroei aurrera egitearekin batera (CaraDonna eta Waser, 2020). Komunitateen ekologian oso garrantzitsua da ulertzea nola interakzionatzen duten espezieek iragarpen-modeloak egin ahal izateko (Poisot et al., 2015).

Testuinguru honetan, polinizatzaileen bazka-portaera (zein landare espezierekin interakzionatzen duten) aldakorrak eta dinamikoak dira, faktore ugari eragin dezakete eta euren elikagai lehentasunetan. Landare-polinizatzaile bikote-leialtasuna, interakzionatzen duen bikote batek topo egiten duen aldioro berriro ere interakzionatzeko duen joera da (Parra et al., 2022). Polinizatzaile-sareetan bikote-leialtasuna zehazten duten patroiak ulertzea garrantzitsua da etorkizuneko aldaketek ekarriko dituzten ondorioak aurreikuste aldera (Parra et al., 2022). Hala ere, bazka-portaeren dinamikak ikertu dituzten ikerketa gehienak laborategiko esperimentuak izan dira, denbora-tarte oso laburretan polinizatzaile indibiduo berdinek dituzten portaera aldaketak neurtuz (Vaudo et al., 2014). Hau da, komunitatearen dinamikak albo batera utzi dira.

Lan honetan zehazki, bazka-portaera bi aldagaien bidez deskribatu da: bikote-leialtasuna eta polinizatzaileen hegaldi bakoitzean bisitaturiko lore dibertsitatea. Aipaturiko guztia kontutan edukita eta sare mutualisten dinamikotasunean oraindik ere dagoen ezagutza hutsunea ikusita, ikerketa honetan udaberriko loraldian zehar eta urtetik urtera polinizatzaileen bazka-portaeran dauden aldaketak ezagutu nahi dira. Gure ikerketaren helburu zehatzak honakoak dira:

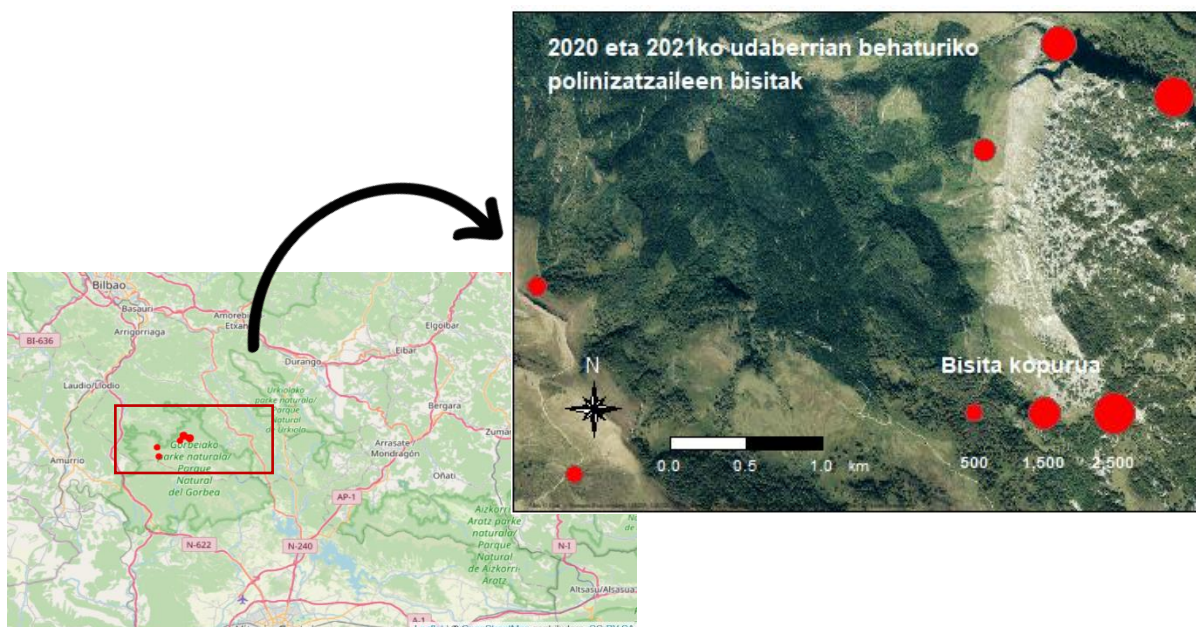
- 1) Landare-polinizatzaileen interakzio sarean dauden aldaketak ezagutzea urtetik urtera eta udaberri berdineko loraldi momentu desberdinetan.
- 2) Polinizatzaileek bisitatutako landare espezie sekuentzian oinarrituta bikote-leialtasuna zehaztea polinizatzaile espezie bakoitzaren kasuan.
- 3) Bazka-portaeran eragina duten faktoreen azterketa; bai espezie mailako faktoreak (landare espezie bakoitzeko lore abundantzia, polinizatzaile espezieen aberastasuna, landare espezieen aberastasuna, landare espezie mailako lehia) eta bai komunitate mailakoak (lore abundantzia totala, polinizatzaileen arteko lehiakortasuna).

### 3. Ikerketaren muina

#### 3.1. Laginketa diseinua

Ikerketa hau Gorbeaiko Parke Naturalaren bost puntutan burutu da (1.Irudia). Datuak 2020 eta 2021ko udaberriean zehar bildu ziren, udaberriko loraldian zehar Apirila-Uztaila hasiera bitartean. Laginketa puntu bakoitzean 25m x 25m-ko karratu bat kokatu zen eta bertako lore-baliabideak zehaztu ziren loraldian zehar, 2020an loraldiko bi momentutan eta 2021ean hiru momentutan. Lore-baliabideak zehazteko metro karratu bakoitzean landare espezie bakoitzeko lore kopurua zehaztu zen, eskala espazial txikian dagoen aldakortasuna kontutan edukitzeko eta landareen agregazio espaziala ezagutzeko.

#### 1.Irudia. Laginketa eremuen lokalizazioak Gorbeaiko Parke Naturalean.



Bestalde, laginketa puntu bakoitzera hurbildu ginen aldiro, karratu handian zehar oinez ibilita ikusitako polinizatzaile bisita bakoitza jarraitu genuen; honela, polinizatzaileak egindako lore bisita sekuentzia jarraituz (ikusiz lore bisiten ordena). Komunitate mailan polinizatzaileek duten bikote-leialtasuna, polinizatzaile batek hurrenez hurren bisitaturiko bi lore espezie berekoak izateko probabilitate moduan neurtu zen. Bikote-leialtasuna espezie mailaraino zehaztu zen ere, polinizatzaile espezie bakoitzak landare espezie bakoitzarekiko duen leialtasuna zehaztuz. Landa eremuan identifikatu ezin ziren polinizatzaileak taxonomo batek laborategian identifikatzeko jasotzen ziren.

### 3.2 Emaitzak

Lehendabizi, polinizatzaileen bazka-portaera adierazteko eta bisualki ikusteko, urte eta udaberriko periodo bakoitzerako landare-polinizatzaile sare mutualistak eraiki ziren R 4.2.1 software-ko “bipartite” paketearen bidez (Dormann et al., 2008). Sare hauetatik polinizatzaileen ustezko lehiakortasuna kalkulatu zen “PAC” funtzioaren (Potential for Apparent Competition) bidez. Honek, polinizatzaile bikote bakoitzerako konpetentzia indize bat ematen du bakoitzak egiten dituen interakzioetan oinarriturik. Ondoren, polinizatzaile bakoitzerako ustezko lehiakortasun indizea atera zen bikote aukera guztien indizeen batezbestekoa ateraz. Horrela, komunitate mailan polinizatzaileek elkarrekiko duten lehia adierazten da, euren bazka-portaeran eragin dezakeena.

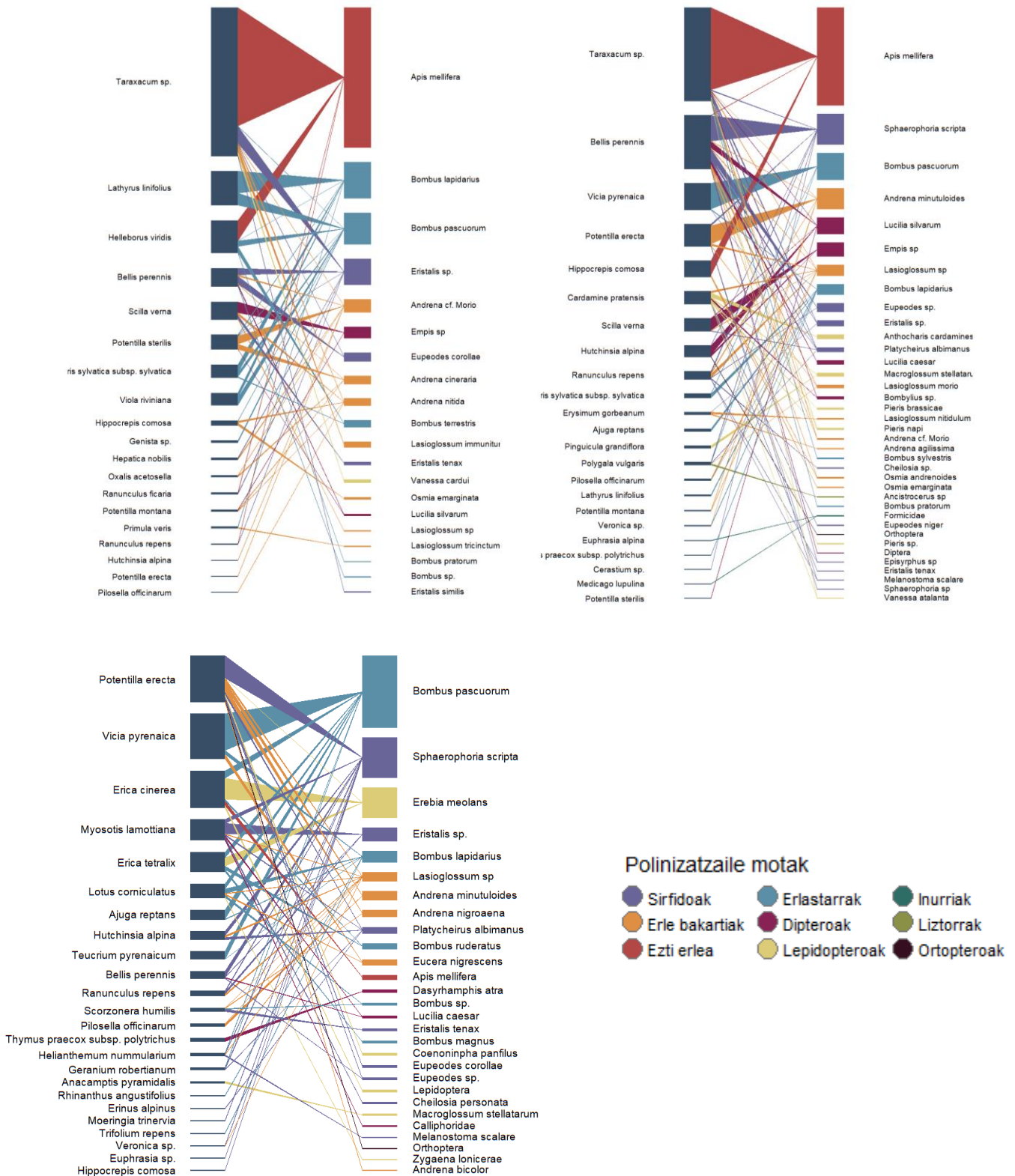
Interakzio sareei dagokiela, urtetik urtera eta udaberriari zehar oso aldakorrek direla ikusi da (2. eta 3. Irudiak). Behaturiko interakzioetan ikusten da, udaberriko momentu bakoitzean espezie jakin batzuk (bai landare eta bai polinizatzaile) nagusitzen direla gerora berriro euren aktibitatea jaitziz eta beste batzuen igoz. Gainera, interakzioen gehiengoa espezie jakinen artean gertatzen dela ikusten da, espezie ugari interakzio gutxi batzuk baino ez burutuz. Horretaz gain, polinizatzaile batzuk landare espezie ugari bisitatu baditzakete ere, bisitatu dituzten lore gehienak espezie gutxi batzuetakok dira. Bestalde, ezti erlearen aktibitatea 2021ean askoz ere altuagoa izan da 2020an baino, agian inguruan erlauntzaren bat jarri izanaren ondorioz.

### 2.Irudia. 2020-ko udaberriko sare mutualistak bi denboraldi desberdinetan. Espezieen zutabeen tamainak behatu diren interakzio kopurua adierazten du eta interakzio loturak polinizatzaileetatik (eskuin) landareetara (ezker) irudikatu dira.





**3.Irudia. 2021-ko udaberriko sare mutualistak hiru denboraldi desberdinetan. Espezieen zutabeen tamainak behatu diren interakzio kopurua adierazten du eta interakzio loturak polinizatzaileetatik (eskuin) landareetara (ezker) irudikatu dira.**



Polinizatzaileen bazka-portaeretan eragin dezaketen beste zenbait aldagai kalkulatu dira ere. Lehendabizi landare eta polinizatzaileen aberastasuna kalkulatu da, urteko, udaberri momentuko eta laginketa eremu bakoitzerako dagoen espezie kopuru moduan. Landareei dagokiela, metro karratu

bakoitzeko agregazio espazialeko datuak ditugunez, Moran I agregazioa indizea kalkulatu zen espezie bakoitzerako “Ape” paketeko “moran” funtzioarekin (Paradi eta Schliep, 2019). Gainera, espezie mailako lehiaren adierazle moduan, landare espezie bakoitza momentu jakinean zenbat polinizatzaile espeziek bisitatu duten kalkulatu zen ere.

Ateratako indizeek bazka-portaeran eraginik al duten ikusteko GLMM-ak burutu ziren “lme4” paketearekin. Komunitate mailako bazka-leialtasunari dagokiola, eragin negatiboa dute bai landareen espezie kopuruak zein polinizatzaileen arteko lehiakortasunak (1.Taula). Hau da, polinizatzaileek bazka-baliabideekiko (loreekiko) duten lehiak eragin negatiboa du polinizatzaileen leialtasunean. Espezie mailan, landare espezie aberastasuna handitzean polinizatzaileen leialtasuna txikitzen da. Gainera, landare espezie bat gero eta polinizatzaile espezie gehiagok bisitatu (espezie mailako lehia handitu), polinizatzaile hauen leialtasuna handiagoa izatea eragiten du. Azkenik, gero eta landare espezie bakoitzeko lore gehiago egon, are eta leialagoak izango dira polinizatzaileak.

**1.Taula. 2020-2021ko datuen (N=4691 behaketa) GLMM-aren emaitzak, goian komunitate mailako bikote-leialtasun portaeran eragiten duten aldagai finkoen balioak adierazten dira eta behean espezie mailakoak. Laginketa puntua, udaberri momentua urteka eta polinizatzailea zorizko aldagai moduan ezarrita.**

Aldagaiak komunitate mailan	E.S	z	p
Polinizatzaile aberastasuna	0,476	0,583	0,559
Landare aberastasuna	0,703	-2,132	<b>0,033</b>
Polinizatzaileen ustezko lehiakortasuna	0,5409	-3,109	<b>0,002</b>
Landareen lore abundantzia totala	0,53	-0,763	0,445
Aldagaiak espezie mailan			
Polinizatzaile aberastasuna	0,515	1,578	0,115
Landare aberastasuna	0,344	-7,380	<b>&lt;0,001</b>
Landareen Moran agregazioa	0,480	1.808	0,070
Landare espezie mailako lehia	0,397	2,719	<b>0,007</b>
Landare espezie bakoitzeko lore abundantzia	0,375	4,633	<b>&lt;0,001</b>

Azkenik, polinizatzaileen hegaldi batean bisitaturiko landare espezie kopurua handiagoa da inguruko landare aberastasuna handiagoa denean eta baita polinizatzaileen arteko bazka lehia handiagoa denean (2.Taula).

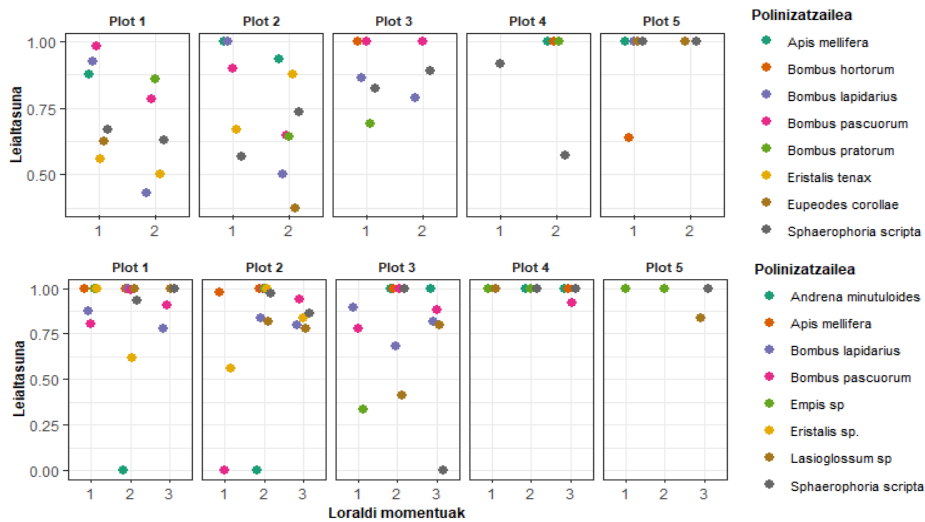
**2.Taula. 2020-2021ko datuen (N=5895 behaketa) GLMM-aren emaitzak, polinizatzaile baten hegaldi batean bisitatu diren landare desberdin kopuruan eragiten duten aldagai finkoen balioak adierazten dira. Laginketa puntua, udaberri momentua urteka eta polinizatzailea zorizko aldagai moduan ezarrita.**

Aldagaiak	E.S	z	p
Polinizatzaile aberastasuna	0,114	1,154	0,248
Landare aberastasuna	0,143	3,059	<b>0,002</b>
Polinizatzaileen ustezko lehiakortasuna	0,122	3,514	<b>&lt;0,001</b>
Landareen lore abundantzia totala	0,138	-0,069	0,945

Bestalde, leialtasun portaera polinizatzaile espeziearen arabera oso aldakorra da udaberriko loraldian zehar eta baita urtetik urtera ere (4. Irudia). Aipatzekoa da ezti erlearen bazka-leialtasuna gutxien aldatzen dena dela, bestelako espezieei udaberriko denboraldiak gehiago eragiten dien bitartean. Gainera, 4.irudian Gorbeako Parke Naturalean bertan polinizatzaileen bikote-leialtasunean dagoen

aldakortasun espaziala ageri da, laginketa puntu batzuk (plot 4 eta plot 5) denboran zehar egonkorragoak izanik. Orohar, polinizatzaileek portaera malgua dutela ikusten da, tokian-tokiko lore baliabideen arabera izanik.

#### 4. Irudia. 2020 eta 2021ko polinizatzaile ugarienen bikote-leialtasun portaera



#### 4. Ondorioak

Ikerketa honen emaitzek ekosistema bateko sare trofikoaren konplexutasuna eta aldakortasuna adierazten dute. Espezieek momentu eta lekuaren arabera elkarrekintza desberdinak dituztela baieztatzen da. Hau da, bi espezieek ez dute beti modu berdinean interakzionatuko, eta honetan eragin zuzena izan dezake polinizatzaileen arteko lehiak edota landare-baliabideetan egon daitekeen aldakortasuna urtarotan zehar. Hain zuzen, lan honek ondorioztatzen du landare aberastasun eta abundantziaren gain, ekosisteman aurkitzen diren polinizatzaileen arteko bikote lehiak eragin zuzena duela polinizatzaileek izango duten bazka-portaeran. Elikadura optimizatzearen teoriak landare espezie baten abundantziak polinizatzaileen portaeran eragin zuzena duela dio, energia kontsumoa handitzeko helburuarekin (Spiesman eta Gratton, 2016). Bestalde, ikerketa honetan, polinizatzaile aberastasun eta abundantziak sortutako lehiaren gain, sarea osatzen duten polinizatzaileek elkarrekintza dituzten elkarrekintza motak eta kopuruak bazka-portaerak modulatzeko dituztela ikusi da. Gainera, ikusi da 2021 urtean *Apis mellifera* erlauntzak ezarri dituztela inguruan eta honek eragina izan duela sarearengan, egitura zehatzetan eta indize jakinetan sakondu gabe. Ezti erleek erle basatien gainbehera ekar dezaketenez (Magrach et al., 2017), honako datu hau oso adierazgarria da.

#### 5. Etorkizunerako planteatzen den norabidea

Polinizatzaile-landare elkarrekintzen aldakortasunean eragiten duten patroiak gehiago zehaztu beharko lirateke. Polinizatzaile eta landareak morfologikoki sailkatzea interesgarria litzateke, patroirik al dagoen ikusteko. Bestalde, bazka-portaeraren aldakortasunak landareen ugalkortasun arrakastan izan dezakeen eragina neurtu daiteke. Honetarako, landare espezie berdinak loraldiko momentu desberdinetan sortzen dituen fruitu kopuru edo hazi kopurua kuantifikatu beharko litzateke. Amaitzeko, ezti erleak sarearen egitura izan duen eragina sakonago aztertu beharko litzateke, honetarako sarearen indize eta ezaugarri desberdinak aztertuz.

#### 6. Erreferentziak

- Arceo-Gómez, G., Barker, D., Stanley, A., Watson, T. eta Daniels, J. (2020): Plant-pollinator network structural properties differentially affect pollen transfer dynamics and pollination success, *Oecologia*, 192, 1037-1045.
- Bascompte, J., García, M.B., Ortega, R., Rezende, E.L. eta Pironon, S. (2019): Mutualistic interactions reshuffle the effects of climate change on plants across the tree of life, *Sci. Advances*, 5, 1-8.



- Brose, U. eta Hillebrand, H. (2016): Biodiversity and ecosystem functioning in dynamic landscapes, *Philosophical Transactions Royal Society B*, 371.
- CaraDonna, P.J. eta Waser, N.M. (2020): Temporal flexibility in the structure of plant–pollinator interaction networks, *OIKOS*, 129, 1369-1380.
- Coux, C. Rader, R., Bartomeus, I. eta Tylianakis, J.M. (2016): Linking species functional roles to their network roles, *Ecology Letters*, 19, 762-770.
- Dormann, C.F., Gruber, B. eta Freund, J. (2008): “Introducing the bipartite Package: Analysing Ecological Networks.” *R News*, 8(2), 8-11.
- FAOSTAT. (2020): <http://www.fao.org/faostat/en/#data>
- Herbertsson, L., Lindström, S.A.M., Rundlöf, M., Bommarco, R. eta Smith, H.G. (2016): Competition between managed honeybees and wild bumblebees depends on landscape context, *Basic and Applied Ecology*, 17, 609-616.
- Kinzig, A.P., Pacala, S. eta Tilman, D. (2002): *The Functional Consequences of Biodiversity: Empirical progress and theoretical extensions*, Princeton University Press, Princeton.
- Klein, A.M., Vaissière, B.E., Cane, J.H., Steffan-Dewenter, I., Cunningham, S.A., Kremen, C., et al. (2007): Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proc. R. Soc. B Biol. Sci.*
- Magrach, A., González-Varo, J.P., Boiffier, M., Vilà, M. eta Bartomeus, I. (2017): Honeybee spillover reshuffles pollinator diets and affects plant reproductive success, *Nature Ecology & Evolution*, 1-9.
- Magrach, A., Molina, F.P. eta Bartomeus, I. (2021): Niche complementarity among pollinators increases community-level plant reproductive success, *Peer Community Journal*, 1-37.
- Ollerton, J., Winfree, R. eta Tarrant, S. (2011): How many flowering plants are pollinated by animals? *OIKOS*, 120, 321-326.
- Paradi, E. eta Schliep, K. (2019): “ape 5.0: an environment for modern phylogenetics and evolutionary analyses in R.” *Bioinformatics*, 35, 526-528.
- Parra, S., Thébault, E., Fontaine, C. eta Dakos, V. (2022): Interaction fidelity is less common than expected in plant-pollinator communities, *Journal of Animal Ecology*, 91, 1842-1854.
- Poisot, T., Stouffer, D.B. eta Gravel, D. (2015): Beyond species: why ecological interaction networks vary through space and time, *OIKOS*, 124, 243-251.
- Potts, S.G., Biesmeijer, J.C., Kremen, C., Neumann, P., Schweiger, O. eta Kunin, W.E. (2010): Global pollinator declines: Trends, impacts and drivers, *Trends Ecol. Evol.*, 25, 345–353.
- Spiesman, B.J. eta Gratton, C. (2016): Flexible foraging shapes the topology of plant-pollinator interaction networks, *Ecology*, 97, 1431-1441.
- Srivastava, D.S. eta Vellend, M. (2005): Biodiversity-ecosystem function research: Is it relevant to conservation?, *Ecology and Evolution*, 36, 267-294.
- Timothée P, B. SD eta Dominique G. (2015): Beyond species: why ecological interaction networks vary through space and time, *OIKOS*, 124, 243–51.
- Trøjelsgaard, K., Jordano, P., Cartensen, D.W. eta Olesen, J.M. (2015): Geographical variation in mutualistic networks: similarity, turnover and partner fidelity, *Proc. R. Soc. B*, 282, 1-9.
- Trøjelsgaard, K., Heleno, R. eta Traveset, A. (2019): Native and alien flower visitors differ in partner fidelity and network integration, *Ecology Letters*, 22, 1264-1273.
- Tylianakis, J.M., Laliberté, E., Nielsen, A. eta Bascompte, J. (2010): Conservation of species interaction networks, *Biological Conservation*, 143, 2270-2279.
- Vaudo, A.D., Patch, H.M., Mortensen, D.A., Grozinger, C.M. eta Tooker, J.F. (2014): Bumble bees exhibit daily behavioral patterns in pollen foraging, *Arthropod. Plant. Interact.*, 8, 273–283.

## 7. Eskerrak eta oharrak

Eskerrik beroenak Paula Domínguez Lapido eta Jon Poza landa teknikariei, ikerketa honek eskatzen duen landa lan guztia egingarri eta dibertigarri egiteagatik, mendiko ordu eta egun luzeak arin egiteagatik. Eskerrak nola ez, bide honetan nire tutore diren Ainhoa Magrach eta Arantza Aldezabal ikerlariei eta lan honetan bilduriko polinizatzaileen identifikazioa burutu duen Curro Molinari. Azkenik, lan hau Gorbeiaiko Parkean egiteko baimena eman digun Bizkaiko Diputazioari ere, eskerrik asko.