

Liztor beltzaren inbasioaren modelizazioa

Gaur egun, gure ekosistemen biodibertsitatearen mehatxu nagusietako bat dira espezie inbaditzaileak. Haien adibide da *Vespa velutina* edo liztor beltza. Espezie horiek eragiten dituzten kalteak murrizteko, askotariko neurriak har daitezke, baina, lehenago, ongi ezagutu behar dira haien inbasioaren ezaugarriak. Horretarako, zenbait eredu matematikorekin modelizatu eta aztertu daiteke inbasioa.

Liztor beltzaren hedapena Europan

Zenbait iturrik espezie hau Europara 2004an sartu zela dioten arren, animalia hau 2005ean ikusi zen lehen aldiz Nérac izeneko herrian (Lot-et-Garonne-n, Frantzia) [5]. Antza denez, Asiatic ekarritako kargamentu batean iritsi zen Bordeleko portura, zeramika ekartzen zuen kontainer batean. Hortik, klimaren egokitasunak eta tokiko espezieek haiei aurre egiteko ezintasunak lagunduta, oso azkar hedatzen hasi zen eta 2009rako Frantziako 32 departamentutan detektatu zen [5].

Kontuan hartuz Iberiar penintsulako Kantauriko zonaldearen klimaren eta Frantzia liztorra ezarritako zonaldearen arteko antzekotasun bioklimatikoak, denbora kontua baino ez zen Asiako liztorrak Pirinioak gurutzatzea. Horrela, 2010eko abuztuan, Amaiur izeneko herrian (Baztan, Nafarroa) aurkitu zen mota honetako lehenengo liztorra. Geroztik, Iberiar penintsulako beste toki batzuetan agertzen joan dira, batez ere iparraldeko kostaldetik hedatuz [5].

Gaur egun, esan dezakegu Iberiar penintsulako leku askotan finkatuta dagoela intsektu hau, baina baita Europako beste herrialde askotan ere. Egoera hau larrigarria da tokiko biodibertsitatean dituen ondorioengatik, eta, bereziki, erleengan eragiten duen

kalteagatik. Liztor beltzaren aurkako defentsa-mekanismo ezak erleen populazioa murriztea eragiten du, eta horrek erlezaintzan duen eraginaz gain beste hainbat kalte sortzen ditu. Izan ere, erlea loredun landareen polinizatzaile nagusia da, lorean % 70 polinizatzen baitu, eta, beraz, eragin zuzena dauka elikagaien ekoizpenean ere. Polinizazio-prozesu hori ordezkazina izanik, izugarritzko balio ekologiko eta ekonomikoa dauka erlearen lanak [4].

Inbasioaren eredia

Vespa velutina populazioa oso azkar hedatzen da, eta ematen du joera bera mantenduko duela. Esan bezala, horrek arazo larria suposatzen du, bai esparru ekologikoan eta bai esparru ekonomikoan ere. Hala ere, inbasioari aurre egiteko, zenbait neurri har daitezke. Horretarako, ordea, ongi ezagutu behar dira inbasioaren ezaugarriak (abiadura, hedapena, joera...), haiekin inbasioa modelizatuko duen eredu bat sortzeko.

Populazioaren hedapenaren dinamikak, ordea, oinarritzko bi ezaugarri ditu. Lehenengoa, hedapen espaziala, populazioaren hedapenaren nolakotasuna adierazten duena. Inbasioak foku bakarra dauka, kasu honetan lehen aipatutako Bordeleko portua izango litzatekeena, eta hortik joan da hedatzen. Erraza da imajinatzea hedapen horrek likido baten



joera berari jarraitu diola, eta, beraz, inbasioaren hedapen espazialak likido baten difusioaren zenbait ezaugarri izan beharko dituela. Oinarritzko bigarren ezaugarria populazioaren hazkuntza intrintsekoa da, liztor-kopuru totalari erreferentzia egiten dio-na. Nahiz eta Europara kolonia bakarra iritsi, gaur egun milaka eta milaka liztor-kolonia daude. Hasiera batean, hazkunde hori esponentziala den arren, beti ez da horrela. Beti horrela izango balitz liztor-kopurua handitzen eta handitzen joango litzateke, kopuru infinitu baterantz, eta jakin badakigu hori ezin dela horrela izan, ekosistema baten baliabideak mugatuak diren moduan hura osatzen duten banakoak mugatuak izan behar direlako. Errealitatean, populazioa kopuru jakin batean egonkortzen da, zeinari kapazitate maximoaren balio baiteritzo. Horrelako espezie inbaditzaileen hedapenaren dinamika hobekien azaltzen duen ekuazioari ad-

bekzio-difusio-erreakzio ekuazio deritzo; askotan, difusio-erreakzio ekuazio ere esaten zaio. Diferentzial partzialetako ekuazio horrek ematen du une eta toki bakoitzean espezie inbaditzailearen zer populazio-dentsitate dagoen (banako-kopurua, azalera unitateko), oinarritzko bi ezaugarriak azalduz.

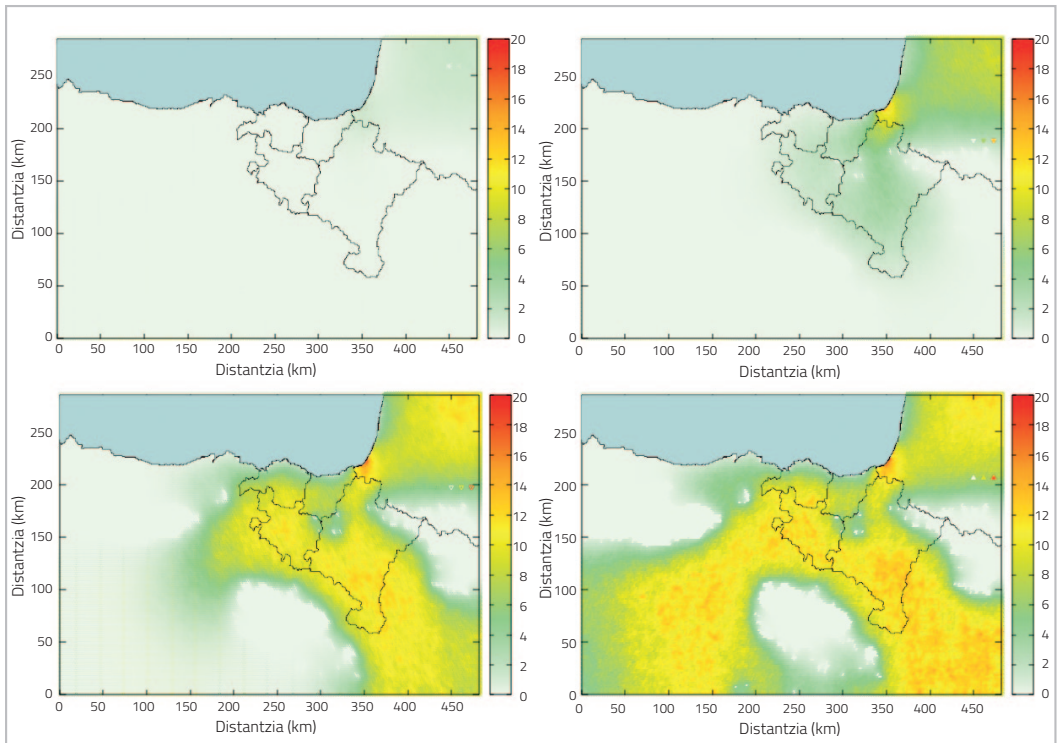
Noski, sistema biologikoetan izaten den moduan, sistema hau ere ezin da ziurtasun osoz aurrean aurkitzen gara. Hori dela eta, gure ereduari ausazko faktore bat gehitu behar zaio. Gainera, sistema konplexu bat da, eta horrelako ekuazioak, normalean, ezin dira analitikoki ebatzi. Hori dela eta, konputazionalki ebatzi behar da eredu hau. Aztertu nahi den espazio-eremua eta denbora-tartea drisketiza daiteke, gure adbekzio-difusio-erreakzio ekuazioa drisketizatzeke, eta, gero, diferentzia

finituen metodo delakoarekin, programa baten la-
guntzaz, inbasioa simulatzeko. Horrekin, toki eta
aldiune bakoitzean dagoen Asiako liztorraren po-
pulazioaren dentsitatea lortuko da. Simulazioa egin
aurretik, ordea, ekuazioaren zenbait parametro fin-
katu behar dira. Hortaz, Gipuzkoako Foru Aldundiak
partekatutako datuak eta zenbait artikulutatik lor-
tutako informazioa erabiliko da, zenbait hurbilketa
eginez, ekuazioaren parametroak eta sistemaren
zehetasunak finkatzeko [3] [1].

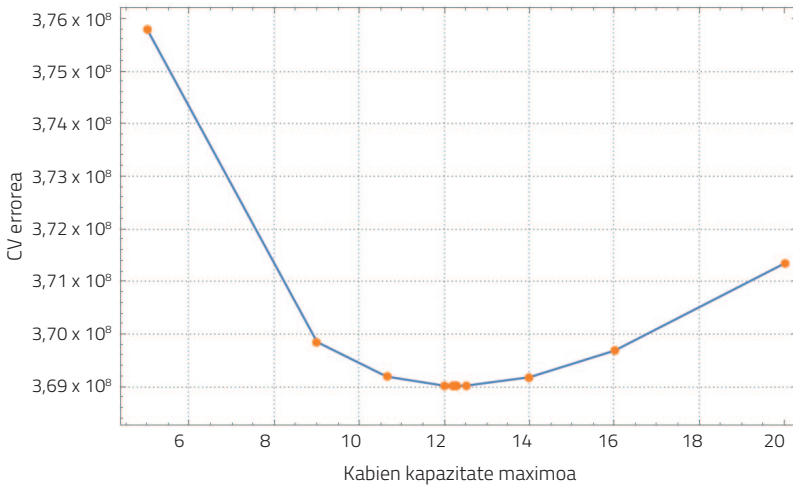
Aipatutakoarekin simulazioa eginez, inbasioaren
hedapen espazialaren oinarriko dinamika nahiko
modu egokian azalaraztea lortzen da. Hau da, li-
mite geologikoak errespetatzen dira (itsasoan eta
itsasotik 1.000 m-tik gorako altueretan dentsitatea
nula izatea), eta hedatze-abiadura errealtatean

ikusitakoarekin bat dator. Hala ere, populazioaren
hazkuntzaren dinamika ez da guztiz ondo islatzen.
Izan ere, gogora dezagun hainbat hurbilketa eta su-
posizioen bidez lortu izan direla parametro horiek,
eta gerta daiteke erabilitako hurbilketa edo supo-
sizioak guztiz egokiak ez izatea. Parametro horiek
hobetzeko, ikaskuntza estatistikoa erabil daiteke.

Datuak ulertzeko tresna eta teknika-multzozaba-
lari egiten dio erreferentzia ikaskuntza estatistikoak
(ingelesez, *statistical learning*) [6]. Kasu honetan,
kapazitate maximoaren balio egoki bat bilatzeko,
baliozkotze gurutzatuaren (*cross-validation, CV*) me-
todoa erabili da. Funtsean, parametro horren ba-
lioak proposatzen joango da CV metodoa, eta, hala,
konparatu egingo dira balio horiek baliatuz simula-
zioak Gipuzkoa osoan une ezberdinetan emandako



1. irudia. Simulazioak emandako liztor beltzaren habia-dentsitatea (habia/km²-tan) 2012ko ekainean, 2015eko urtarrilean, 2017ko ekainean eta 2020ko urtarrilean, hurrenez hurren. Irudiak: Inaxio Osoz.



2. irudia. CV metodoa erabiliz habien kapazitate maximoaren (habia/km²-tan) zenbait baliotarako kalkulaturako erroreak. Grafikoa: Inaxio Oscoz.

liztorren habia-kopurua eta zonalde horretan hautemandako liztor-habien kopuruak. Simulazioaren emaitzak benetako datuetara gehien hurbiltzen dituen kapazitate maximoaren balioa izango da egokiena, CV errore txikiena duena hain zuzen. Gure sisteman, liztor beltzaren populazioaren dentsitatea 12,24 habia/km² balioan egonkortzen da.

Inbasioaren eredu egoki bat lortuta, orain, haren aurka hartu daitezkeen neurrien estrategia landu daiteke. Espezie inbaditzaile bat kontrolatzeko erabiltzen diren neurriak (kasu honetan, habiak bilatzea eta suntsitzea, gehienbat) oso garestiak izan daitezke. Hori dela eta, garrantzitsua da estrategia eraginkorra zein den planteatzea. Helburua izaten da espeziea desagerrarazten eta ingurumenarekiko kalteak minimizatzen dituen neurriak hartzea, baina, aldi berean, ahaleginaren kostuak minimizatzea. Horretarako, kontrol-teoria izeneko matematikaren esparrua erabiltzen da [2]. Estrategia optimo bat aurkitzea oso konplexua izan daiteke, baina, funtsean, kontrol-teoriaren arabera, horrelako inbasioetarako neurrien intentsitatea inbasioaren hedapenaren ertzetan bideratu behar da. Hortaz, neurriak espazioan homogeneoki aplikatu beharrean, ertzetan gogorragoak izan beharko lirarteke pixkanaka-pixkanaka inbasioa "atzerantz" botatzeko eta, horrela, espeziearen aurkako kontrol-ahaleginak eraginkorragoak izateko. ●

Bibliografia

- [1] Christelle Robinet, Christelle Suppo eta Eric Darrouzet. "Rapid spread of the invasive yellow-legged hornet in France: the role of human-mediated dispersal and the effects of control measures". *Journal of Applied Ecology*. 2017. 205–215.
- [2] Christopher M. Baker et al. "Optimal control of invasive species through a dynamical systems approach". *Non-linear Analysis: Real World Applications*. 2019. 45–70.
- [3] Daniel N. Franklin. "Invasion dynamics of Asian hornet, *Vespa velutina* (Hymenoptera: Vespidae): a case study of a commune in south-west France". *Appl Entomol Zool*. 2017. 221–229.
- [4] J. Ollerton, R. Winfree eta S. Tarrant. "How many flowering plants are pollinated by animals?". *Oikos*, 120. 321–326.
- [5] S. López, M. González, and A. Goldazarena. "Lepe-tier, 1836 (Hymenoptera: Vespidae): first records in Iberian Peninsula". *Bulletin OEPP/EPPO Bulletin*. 2011. 439–441.
- [6] William Menke. 2012 Geophysical Data Analysis: *Discrete Inverse Theory*. Columbia University, New York.