



IKER
GAZTE
NAZIOARTEKO
IKERKETA EUSKARAZ

VI. IKERGAZTE

NAZIOARTEKO IKERKETA EUSKARAZ

2025eko maiatzaren 28, 29 eta 30a
Bilbo, Euskal Herria

ANTOLATZAILEA:
Udako Euskal Unibertsitatea (UEU)



Aitortu-PartekatuBerdin 4.0

ZIENTZIAK ETA NATURA ZIENTZIAK

**RFID teknologiaren
eraginkortasuna ugaztun
erdiurtarren jarraipenerako**

*Jon Levy-Otheguy,
Jorge González-Esteban,
Lander Olasagasti, Miren Aldasoro,
Nerea Vallejo, Frank D'Amico eta
Joxerra Aihartza*

125-132 or.
<https://dx.doi.org/10.26876/ikergazte.vi.05.15>

ANTOLATZAILEA



BABESLEAK



EUSKO JAURLARITZA
GOBIERNO VASCO



LAGUNTZAILEAK



BERGARA

RFID teknologiaren eraginkortasuna ugaztun erdiurtarren jarraipenerako

Jon Levy-Otheguy^{1,3}, Jorge González-Esteban², Lander Olsagasti¹, Miren Aldasoro¹,
Nerea Vallejo¹, Frank D'Amico³, Joxerra Aihartza¹

¹*Zoologia eta Animalia Zelulen Biologia, Zientzia eta Teknologia Fakultatea, Euskal Herriko Unibertsitatea (UPV/EHU)*

²*DESMA Estudios Ambientales, Ituren, Nafarroa*

³*Paueko Matematika Aplikatuaren Laboratorioa (LMAP – CNRS), Paueko eta Aturri Herrialdeetako Unibertsitatea (UPPA)*

jon.levyotheguy@orange.fr

Laburpena

Mende honetan, RFID teknologiaren erabilera, irratu uhinen bitartez distantzian den objektu baten identifikazioa eta jarraipena ahalbidetzen duen sistema, ohikoa bilakatu da erreketako ornodunen ekologia aztertzeke, batez ere arrainetan. Teknologia berri honek bere eraginkortasuna frogatu du haien ekologia espaziala eta habitataren hautespenak aztertzeke. Gure kasuan, bi antena mota erabili ditugu guk eraikitakoak, ur-satorra detektatzeko: hesi-antena eta kakatoki-antena. Hemen aurretik testatutako kakatoki artifizialen metodologiari, RFID teknologia batu diogu, kakatokien erabilerari buruzko informazioa sakontzeko. Hesi-antena detekzio maila oso altua dute baldin eta erreken zabalera osoa estaltzen badute. Edozein dela emaria, ur-satorrak urte osoan zehar detektatzen ahal ditugu. Azkenik, bi detekzio metodologi horien bateratzeak, kakatoki-antena eta kakatoki artifizialak, markatze jarrierari buruzko beharrezko informazioak eskuratzea bermatu digu, adibidez, negatibo faltsuen proportzioa azaleratuz. RFID teknologiaren erabilerak, berez detektatzen oso zaila den espezie mehatxatu honi buruzko ezagutzak areagotzeko aukera berriak sortzen ditu.

Hitz gakoak: Kakatoki artifizialak, Detektagarritasuna, Erreka, Espezie iheskorak, Telemetria

Abstract

During this century, using RFID technology to study the ecology of river vertebrates, mainly fish, has become increasingly important. This new technology has proven effective in studying their spatial ecology and habitat selection. In our case, we used two types of antennas that we made ourselves to detect the Pyrenean desman: barrier antennas and latrine antennas. Although this method has been tested on other animals, its effectiveness has not been determined for research on semi-aquatic mammals, nor how it varies over a year. Here, we have added RFID technology to the previously tested artificial latrine methodology. The results showed that the barrier antennas have a very high detection rate when they cover the entire width of the watercourse. The number of detections is not determined by the variability of the flow of the stream, and we have shown that it can be detected throughout the year. Finally, combining these two detection methods has enabled us to obtain the necessary information, such as the proportion of false negatives. This method opens new possibilities for increasing knowledge about this endangered species, which is very difficult to detect

Keywords: Artificial latrines, Detectability, River, Elusive species, Telemetry

1. Sarrera eta motibazioa

Galzorian dauden animaliak kudeatzeko ezinbestekoa da espezie horien mugimendua, bazka-estrategia eta populazioaren dinamika ezagutzea. (Caughley eta Sinclair, 1994). Ordea, jarraitzen zailak diren ugaztun txiki askoren kasuan, horrelako informazioa eskuratzea oso zaila da. Azken hamarkadetan, berriz, zenbait hobekuntza teknologikok aukera berriak ireki zituzten (Kunz eta Parsons, 2009; McComb et al., 2010): irratu-bidezkoak, teknika molekularrak, kamera automatikoak eta gaueko ikusmen-gailuak, besteak beste. Horiei esker, ugaztun txiki eta iheskorren bizitza-historian sakondu ahal izan da, hala nola saguzarren edo intsektujaleenean. Hala ere, desagertzeko arriskuan dauden espezie askoren kasuan oraindik informazio gakoa falta

zaigu, hala nola populazioaren tamaina eta dinamika (adibidez, Caughley eta Sinclair, 1994; Pullin, 2002). Populazioaren tamaina eta biziraupena neurtzeko metodoak ezinbestekoak dira populazioaren joera detektatzeko eta beheakaden arrazoiak identifikatzeko. Era berean, desagertzeko arriskuan dauden espezieen populazio-dinamikari eragiten dioten parametro demografiko nagusiak ezagutzea ezinbestekoa da haien berreskurapena mugatzen duten prozesuak identifikatzeko.

Ugaztun txiki iheskorren populazioen dinamika eta ekologia espaziala ikertzeko animalia banakoak harrapatu, markatu eta berriro harrapatu egin behar izaten dira (Cooch eta White, 2019; Pradel et al., 2005). Metodo honek arazo asko ditu, espezieek tranpak saihesten ikas baitezakete, markak galdu, edo lurraldea aldatu harrapaketen ondorioz (Pradel et al., 2005). Gainera, behin eta berriro harrapatzea kaltegarria izan daitezke banakoentzat. Gaur egun, irati-frekuentzia bidez markatutako animaliak identifikatzeak (RFID, Radio Frequency Identification Devices) banakoen “harrapaketa” pasiboak ahalbidetzen ditu, animalia nondik eta noiz pasa den irakurritz (van Harten et al., 2019), baina banakoei edozein estres gehigarri saihestuz eta haien portaeran eragin gabe.

2. Arloko egoera eta ikerketaren helburuak

RFID teknologia erabileraren prozedura hurrengo da: animalia bati txip magnetiko bat txertatzen zaio, zakurrei egiten zaien moduan, indibidualki markatzen duena, eta antenak banako bakoitza noiz igarotzen den detektatzen du —autobideetako ordainketa-automatikoko sistemek autoa identifikatzen duten mekanismo berarekin—. Teknologia honen abantaila nagusia da, batetik, txipak ez duela bateriarik behar eta, beraz, oso arina eta iraunkorra izango da, irati-igorgailuak ez bezala. Eta bestetik, animalia antena duen irakurgailuaren eremutik pasatzen denean, honek automatikoki irakurriko duela gertakizuna, ikertzailearen presentziarik gabe. Hori bai, antena eta irakurgailuaren bateria kargatu egin behar izaten da.

Ikusiz teknologia honen ezaugarriak, mende hasiera honetatik goiti, usutan erabilia izan da erreketako arrainen azterketan, bereziki migrazio prozesuak eta habitataren hautespenak ikertzeko (Bond et al., 2007; Calles eta Greenberg, 2007; Greenberg eta Giller, 2000; Zydlewski et al., 2006).

Gure ikerketa ur-satorra edo Pirinioetako muturluzearekin (*Galemys pyrenaicus* (E. Geoffroy Saint-Hilaire, 1811)) egin dugu. Hau ugaztun intsektiboro erdi-urtarra da, satorraren familiakoa. Bizimodu gautarra duen animalia iheskorra mendiko erreketan bizi da, Iberiar Penintsulako iparraldean eta Pirinioen bi aldeetan. Nagusiki ornogabe urtarrez elikatzen da (Esnaola et al., 2021). Azken aldian, ikerlariek haien gorotzak bilatu izan dituzte erreketan ur-satorren presentzia frogatzeko, erreka bazterrak miatuz edo kakatoki artifizialeak erabiliz (Charbonnel et al., 2015; González-Esteban et al., 2018). Ur-satorra Bernako Hitzarmenaren (II. Eranskina) eta Europako Habitaten Zuzentzarauaren bidez (II. eta IV. Eranskinak) babesturik dago (Europar Batasuneko Kontseilua, 1992) eta Naturaren Kontserbaziorako Nazioarteko Batasunaren (IUCN) zerrenda gorrian Arriskupeko gisa sailkatu da (Quaglietta, 2021). Haren populazioak jarraitzeko metodo neketsu eta garestiek, ordea, ikerketa eta kudeaketa mugatzen dituzte. Baina, detekzio metodologia berriek ikerketa norabide berriak zabaltzeko esperantza sortu dute (Levy-Otheguy et al., 2025).

Beraz, ikerketa honen helburua da teknika berri horiek inplementatzea, animaliak behin bakarrik harrapatu eta txipa sartuta, denboran zehar jarraitu ahal izateko, estresa minimizatuz. Hiru helburu nagusi izan ditugu:

- Ur-satorraren detektagarritasuna neurtzea, RFIDren bitartez
- Txipez markatutako banakoak iraupen luzez jarraitzea
- RFID teknologia kakatoki artifizialen metodologiaren garapenerako mesedetan, ur-satorren detekzio negatibo faltsuen proportzioaren argitaratzea

3. Ikerketaren muina

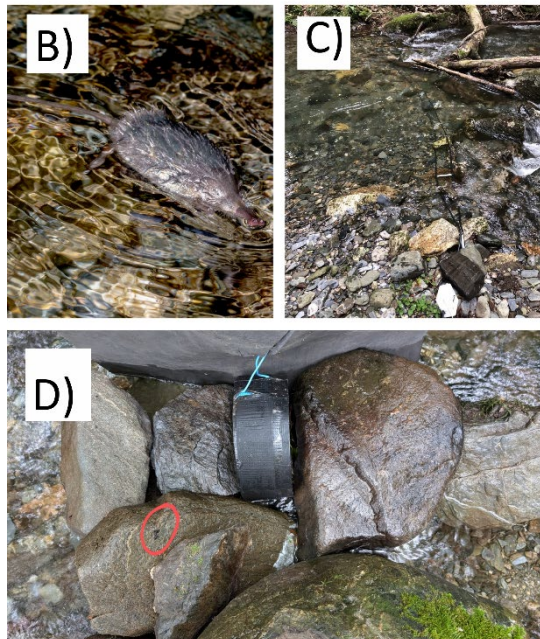
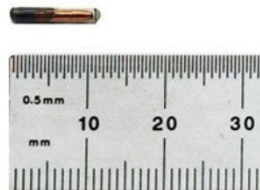
Ikerketa hau Artikutzan egingo da. Artikutza natura erreserba gisa kudeatu du Donostiako udalak 1919tik goiti, kalitate oso oneko ur edangarria eskuratzeko, eta nagusiki pagadiz eta hariztiz estalita dago (Castro, 2009). Hango errekek dira eskualdeko onenak, ekosistema aberatsekin eta ur-sator populazio garrantzitsu batekin (Esnaola et al., 2018).

Gure lanerako 2 km-ko ibai tarteaz aztertu dugu, Elama errekan kokatua.

Materialari dagokionez, Lotek (Lotek Wireless, Inc.)-eko NTF-1-1 modeloko irrati emisoreak, Biomark enpresak (Biomark, Boise, ID, USA) ekoiztutako APT12 FDX-B PIT-tag-ak (txipak) eta enpresa beraren (1. Irudia A) bi RFID irakurgailu mota (Biomark IS1001 eta ASR650) erabili ditugu. Guk eraikitako bi antena mota baliatu ditugu gure ikerketarentzat: batetik, hesi-antena, erreka guztia zeharkatzen dutenak, ur-satorra handik noiz igarotzen den detektatzeko (1. Irudia C); eta bestetik, kakatokia inguratzen duen antena txikiagoa, kakatokia erabiltzen duten animaliak identifikatzeko, eta gorotza ez bada agertu baina antena detektatu badu, detekzio negatibo faltsuak daudela identifikatzeko (1. Irudia D). Honela, animalia markatuaren markatze-jokabidea, eta ikertutako eremuan markatu gabekoaren proportzioa zein den jakin daiteke.

- 1. Irudia: Gainerako argazkian APT12 FDX-B PIT-tag bat da (A); erdialdean, ezkerretan ur-satorra igeri (B) eta eskuinetan RFID hesi-antena bat errekan instalatua (C); azkenik, beheko argazkiak kakatoki-antena bat kakatoki artifizial baten barruan instalatuta irudikatzen du non ur-sator baten gorotza borobil gorri baten bitartez adierazia den.**

A)



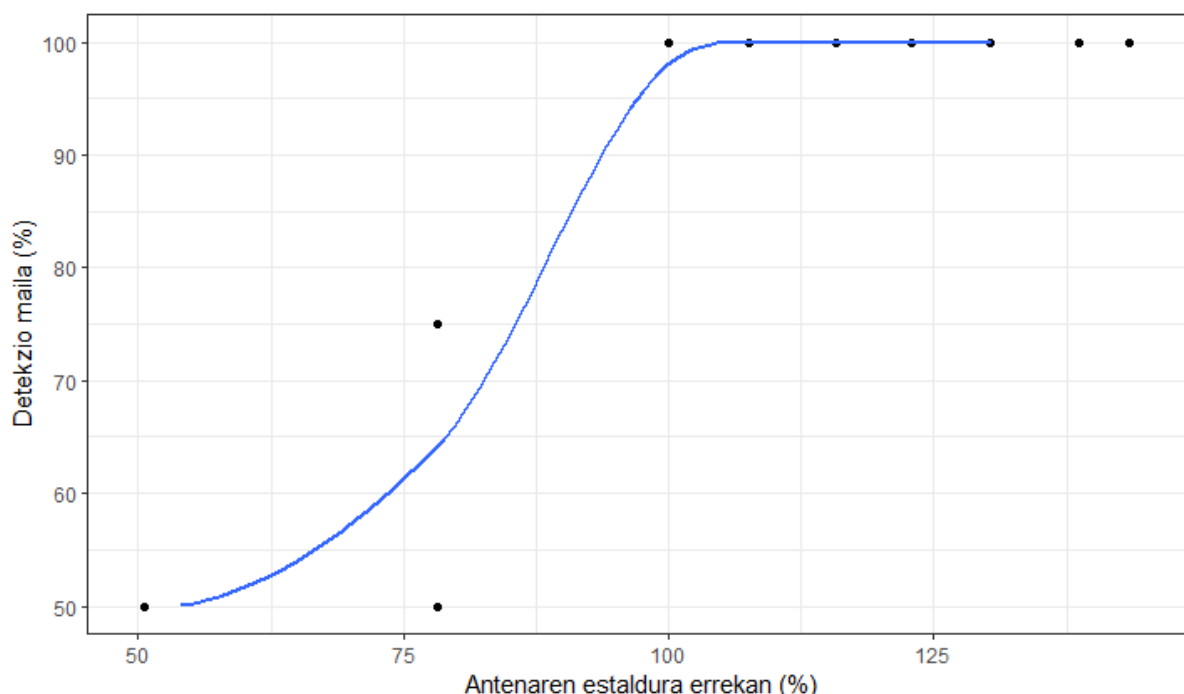
3.1 Ur-satorraren detektagarritasuna

Ur-satorraren detektagarritasun ona bermatua dela ziurtatzeko RFID teknologiaren bitartez, hurrengo diseinu esperimentalak ezarri dugu.

Hasteko, 3 ur-sator harrapatu ditugu nasen bitartez, RFID txipa (Biomark, APT12 FDX-B PIT-tag) txertatu diegu, eta bizkarrean irrati-igorgailua (Lotek, NTF-1-1 modeloa) itsatsi. Animaliak harrapatutako toki berean askatu ditugu, eta toki horren inguruan 3 hesi-antena kokatu ditugu, animalia nondik nora mugitzen zen ikusteko. Mugimenduak modu zehatzagoan ezagutzeko, irrati-telemetria ere jarraitu genituen, non hesi-antenaren pasearen ordua gordetzen genuen eta gero datu horiek konparatzen genituen RFID irakurleak gorde zituen datuekin. Jarraipen honek, 32 egun/gau iraun zuen.

Jarraipen horretan, ale markatuen paseen erdien detekzio maila %100koa izan da, jakinez paseen lehen kuartila %50koa izan dela hesi-antenetatik. Emaitza honi lotuta, 1. Irudiak detekzio mailaren bilakaera erakusten digu hesi-antenak errekaren zabaleraren estaldetaren arabera.

2. Irudia: RFID hesi-antenak baliatuz, ale baten detekzio maila (%) antenaren estalduraren arabera errekaren (%).

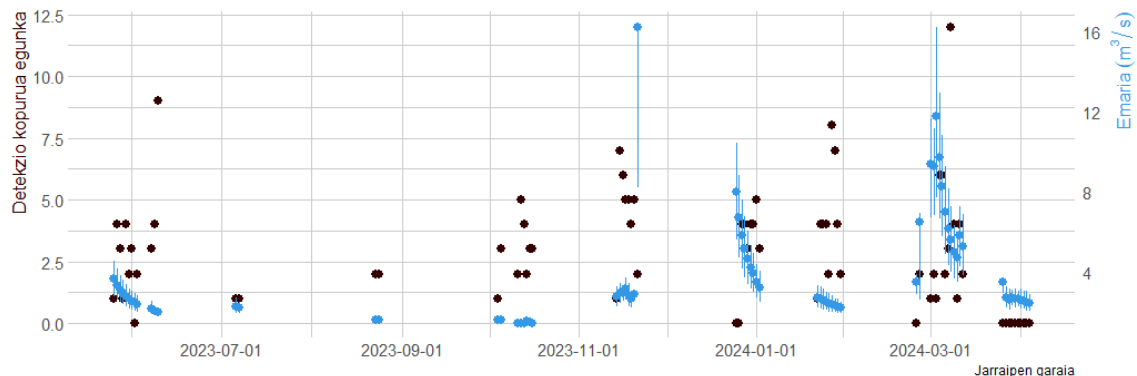


2. irudiak erakusten duenez, hesi-antenak erreka osoa zeharkatzen badu, bertatik igaro diren animalia markatu guztiak detektatzen ditu. Azken emaitza honek iradokitzen digu ur-satorrak errekatik barrena mugitzen direla.

3.2 Banakoen iraupen luzeko jarraipenaren bermakuntza

Hurrengo pausua izan da ur-satorren iraupen luzeko jarraipena egitea. Horretarako, aurretik markatua izan den ale baten datuak aztertu ditugu. Hilabetero, 3-4 RFID hesi-antena ezarriak izan dira bere bizi eremuan. Antenen arteko distantzia markatutako alearen jardueraren arabera ezarri da. Orotara, 74 egunetan jarraitu dugu animalia urtebetez. Lau urteko animalia bat zen eta bizi-itxaropen maximoa 5 urtekoa da (González-Esteban et al., 2002). Ondorioz, 3. Irudian ikusten dugun bezala, ale honen azken detekzio data 2024ko martxoaren 12an izan da, eta 2024ko martxoaren 26tik goiti, desagertu zaigu, segur aski zaharturik hil dela.

3. Irudia: Ale baten jarraipen luze batetan, egunka lortu diren detekzio kopuruak, puntu beltzetan. Jarraipen egun oroko erreka-aren emariaren batzbestekoa eta desbideraketa estandarra, puntu-errango urdinekin adierazia.



Jarraipen garaia horretan, ikus dezakegu emariak aldakortasun handiak ukan dituela bere eguneko batzbestekoaren aldetik ($0,66 - 17 \text{ m}^3/\text{s}$) baita aldakortasun handia egunean berean ere ($0,03 - 11,29 \text{ m}^3/\text{s}$) (2. Irudia). Esperotakoaren kontra, aldakortasun horiek ez dute egunean zenbatzen ziren detekzio kopuruan eraginik izan. Bestalde, detekzio kopuruak ez daude eguneko batzbesteko emariarekin (Spearman korrelazioa: $S = 66720$; $p\text{-value} = 0,92$; $\rho = 0,012$) eta eguneko aldakortasunarekin (Spearman korrelazioa: $S = 65825$; $p\text{-value} = 0,83$; $\rho = 0,025$) korrelazionatuta.

Emaitz horietatik, bi ondorio nagusi atera daitezke: lehena, RFID teknologiak ur-sator banakoen iraupen luzeko jarraipena ahalbidetzen duela; eta bigarrena, markatutako aleen detekzioa ez dagoela emariaren menpe.

3.3 RFID teknologia kakatoki artifizialen metodologiaren garapenerako mesedetan: detekzio negatibo faltsuen argitaratzea

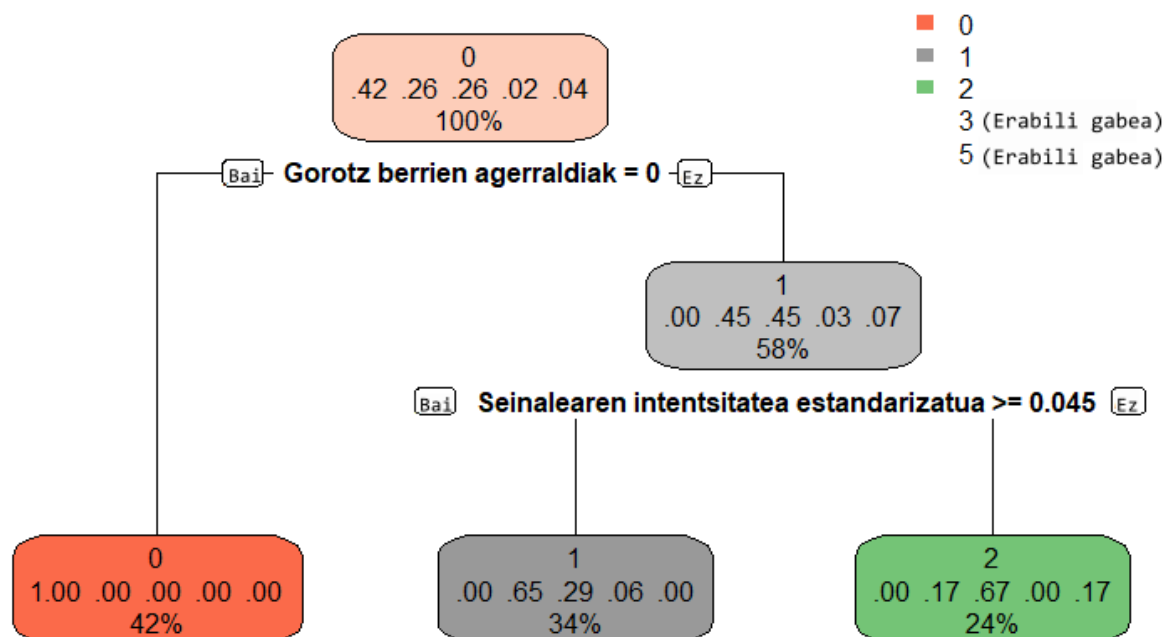
Ur-satorra detektatzeko kakatoki artifizialen efizientzia berriki frogatua izan da (Levy-Otheguy et al., 2024). Alta, detekzioari begira, negatibo faltsuen daturik ez daukagu. Ez-jakintasun honi aurre egiteko, bi detekzio metodologia bateratzen dituen aurre-ikerketa bat egin dugu: Kakatoki artifizialen metodologia eta RFID teknologiarena.

Horretarako, hurrengo diseinu experimental jarraitu dugu, 7 kakatoki artifizial ekipatu ditugu ad-hoc RFID kakatoki antena batzuekin eta dispositiboen arteko distantzia $200 - 300 \text{ m}$ -koa izan da. Kakatoki guztiak aurretik determinatuta izan den ale markatu baten bizi-eremuan kokatuak izan dira. Dispositiboak egunero 15 egunez jarraian ikuskatuak izan dira 2024ko maiatzaren lehen hamabostaldian. Gorotz agerpen berri oro kakatokiaren barnekaldean argazkitan hartua izan da, gorotz bakoitzaren kokapena eta kopurua jakiteko.

Aztertutako aldagaiak bi detekzio metodologiei lotuak dira. Lehena, kakatoki-antenek ahalbidetzen digute ezagutzea ale markatua pasa den kakatokitik, zenbat denbora iragan duen pase oro kakatoki barnean eta pase bakoitzaren seinalearen intentsitatea. Bigarrena, kakatokia ikuskatzerakoan lortzen dugun datua da gorotz berririk ba ote den, eta baiezkoa bada, utzitako gorotz berrien kopurua.

Orotara, 50 detekzio zenbatuak izan dira RFID teknologiaren bitartez eta 23 gorotz agertu dira jarraipen honetan. Gorotz berrien agerpenaren aniztasunaren aldetik, gure datuetan, gorotz bakar bat edo bi gorotz berrien agerpenak % 26 frekuentziarekin kaustu dira; aldiz, 3 eta 5 gorotz berrien agerpenak oso frekuentzia apalarekin agertu direnez (% 2 lehenarendako eta % 4 bigarrenarendako), ez dira kontutan hartu klasifikazio arbola eraikitzeke (4. Irudia).

4. Irudia: RFID antenetatik lortutako datuen klasifikazio arbola. Kutxa bakoitzean lehen zenbaki lerroa uneko estatuari isladatzen du, hau da gorotz berrien kopurua; bigarren zenbaki lerroak adierazten du une honetan ze proportziotan erortzen ahal garen gorotz berri agerpenen kasu bakoitzean (0, 1, 2, 3 edo 5 gorotz berriren agerpena); azken lerroak erakusten du zenbat kasutan (%) tokatzen den une honetan gorotz berri kopuru hori



4. Irudiak erakusten duenez, RFID antenak ur-satorra kakatokian detektatu duen kasuen %42an ez da gorotzik azaldu. Beraz, gorotz-jarraipenen negatiboen %42 faltsuak izan daitezke, alegia, ur-satorrak ibil daitezke kakatokien inguruan baina arrastorik utzi gabe. Sailkatze zuhaitz honetan ikusten dugu, animalia markatuaren pase bakoitzaren iraupena ez dela faktore garrantzitsua gorotz baten agerpena esplikatzeke, baizik eta pasearen seinalearen intentsitatea. Seinale hori estandarizatu izan da antena bakoitzarendako, antena bakoitzaren ezaugarri neurtezinak ahal bezain hobekien kontrolatzeko. Kakatokian detektatu duen kasuen %34an gorotz bakar bat agertu da eta gelditzen diren kasuetan (%24a) bi gorotz berri agertu dira.

Ondorioz, bi detekzio metodologiaren bateratzeak, informazio gehigarri garrantzitsuen eskuratzeko ahalbidetu digu, ale markatu baten negatibo faltsuen proportzioa ezagutzeko kakatoki artifizialaren metodologiari begira. Hau da, animalia presente izanik ere ez daukala markaketa konportamendurik izan beharrik kakatoki artifizialaren barnean sartzerakoan. Gure kasuan, negatibo faltsuen proportzio altu honek erakusten digu ze konplexua den espezie iheskor bat detektatzea, ur-satorra bezalakoa dena.

4. Ondorioak

Lehenik eta behin, gure ikerketak frogatu du RFID teknologia oso erabilgarria dela ur-satorraren jarraipena egiteko. Detekzio maila on bat edukitzeko baldintzak azaldu ditugu.

Bestalde, errearen emariaren aldakortasunak ez dauka eraginik detektagarritasunean eta, gure kasuan, ur-sator ale baten aktibitatea urte oso batez jarrai daitekela frogatu dugu.

Azkenik, detekzio metodologiaren bateratzeak informazio interesgarria eman dezake. Alde batetik, espeziearen jarraipenerako garrantzia handienekotzat daukagun metodologiari begira — gure kasuan kakatoki artifizialen metodologia —, garatze puntu berri batzuk ireki ditu.

Bestaldetik, aztertutako animalia banakoen ikerketan norabide berri batzuk zabaltzen ditu, haien ekologiari buruz.

5. Etorkizunerako planteatzen den norabidea

Gure lanak ikerketa bide berriak zabaltzen ditu. RFID teknologiak, ur-satorren ekologia espaziala iraupen luzean sakontzea ahalbidetu dezake; baita detekzio metodologiak batuz, dentsitate edo aniztasun estimazioak ahalbidetzea; eta okupazio modeloendako beharrezkoak diren datuak eskuratzea, adibidez negatibo faltsuen datua. Espezie iheskorren kasuan horrelako azterketek pena merezi dute, datu oso gutxi dauzkagulako haiei buruz eta kasu gehienetan galzorian daudelakotz.

6. Erreferentziak

- Bond, M.H., Hanson, C.V., Baertsch, R., Hayes, S.A., MacFarlane, R.B., 2007. A New Low-Cost Instream Antenna System for Tracking Passive Integrated Transponder (PIT)-Tagged Fish in Small Streams. *Transactions of the American Fisheries Society* 136, 562–566. <https://doi.org/10.1577/T06-084.1>
- Calles, E.O., Greenberg, L.A., 2007. The use of two nature-like fishways by some fish species in the Swedish River Emån. *Ecology of Freshwater Fish* 16, 183–190. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0633.2006.00210.x>
- Castro, A., 2009. Evolution and structure of Artikutza, an 80-year-old beech forest in Navarra (Northern Spain). *Munibe Ciencias Naturales. Natur Zientziak* 257–281.
- Caughley, G., Sinclair, A.R.E., 1994. *Wildlife ecology and management*. Blackwell Scientific Publications, Boston.
- Charbonnel, A., Buisson, L., Biffi, M., D'Amico, F., Besnard, A., Aulagnier, S., Blanc, F., Gillet, F., Lacaze, V., Michaux, J.R., Némot, M., Pagé, C., Sanchez-Perez, J.M., Sauvage, S., Laffaille, P., 2015. Integrating hydrological features and genetically validated occurrence data in occupancy modelling of an endemic and endangered semi-aquatic mammal, *Galemys pyrenaicus*, in a Pyrenean catchment. *Biological Conservation* 184, 182–192. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2015.01.019>
- Cooch, E.G., White, G.C., 2019. Program MARK, "A gentle introduction". <http://www.phidot.org/software/mark/docs/book/>.
- Esnaola, A., González-Esteban, J., Elosegi, A., Arrizabalaga-Escudero, A., Aihartza, J., 2018. Need for speed: Preference for fast-flowing water by the endangered semi-aquatic Pyrenean desman (*Galemys pyrenaicus*) in two contrasting streams. *Aquatic Conserv: Mar Freshw Ecosyst* 28, 600–609. <https://doi.org/10.1002/aqc.2893>
- Esnaola, A., Mata, V., Arrizabalaga-Escudero, A., González-Esteban, J., Larrañaga, A., Rebelo, H., Elosegi, A., Aihartza, J., 2021. It is the ambience, not the menu. Prey availability does not drive habitat selection by the endangered Pyrenean desman. *Aquatic Conserv: Mar Freshw Ecosyst* 31, 1859–1872. <https://doi.org/10.1002/aqc.3563>
- González-Esteban, J., Esnaola, A., Aihartza, J., 2018. A new sampling method to detect the Pyrenean desman (*Galemys pyrenaicus*). *Hystrix It. J. Mamm.* 29, 190–194. <https://doi.org/10.4404/hystrix-00078-2018>
- González-Esteban, J., Villate, I., Castián, E., Rey, I., Gosálbez, J., 2002. Age determination of *Galemys pyrenaicus*. *Acta Theriol* 47, 107–112. <https://doi.org/10.1007/BF03193570>
- Greenberg, L.A., Giller, P.S., 2000. The potential of flat-bed passive integrated transponder antennae for studying habitat use by stream fishes. *Ecology of Freshwater Fish* 9, 74–80. <https://doi.org/10.1034/j.1600-0633.2000.90108.x>
- Kunz, T., Parsons, S., 2009. *Ecological and Behavioral Methods for the Study of Bats*. [2nd ed.]. Johns Hopkins University Press, Baltimore, MD.
- Levy-Otheguy, J., Aihartza, J., Gonzalez-Esteban, J., Elosegi, A., 2025. The efficiency of artificial latrines to detect and describe distribution patterns of the Pyrenean Desman (*Galemys pyrenaicus*). *Hystrix It. J. Mamm.* <https://doi.org/10.4404/hystrix-00640-2023>
- McComb, B., Zuckerberg, B., Vesely, D., Jordan, C., 2010. *Monitoring Animal Populations and Their Habitats: A Practitioner's Guide*. CRC Press, Boca Raton. <https://doi.org/10.1201/9781420070583>
- Pradel, R., Gimenez, O., Lebreton, J.-D., 2005. Principles and interest of GOF tests for multistate capture–recapture models. *Animal Biodiversity and Conservation* 28, 189–204.
- Pullin, A.S., 2002. *Conservation Biology*. Cambridge University Press.

- Quaglietta, L., 2021. IUCN Red List of Threatened Species: *Galemys pyrenaicus*. IUCN Red List of Threatened Species.
- van Harten, E., Reardon, T., Lumsden, L.F., Meyers, N., Prowse, T.A.A., Weyland, J., Lawrence, R., 2019. High detectability with low impact: Optimizing large PIT tracking systems for cave-dwelling bats. *Ecology and Evolution* 9, 10916–10928. <https://doi.org/10.1002/ece3.5482>
- Zydlewski, G.B., Horton, G., Dubreuil, T., Letcher, B., Casey, S., Zydlewski, J., 2006. Remote Monitoring of Fish in Small Streams. *Fisheries* 31, 492–502. [https://doi.org/10.1577/1548-8446\(2006\)31\[492:RMOFIS\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1577/1548-8446(2006)31[492:RMOFIS]2.0.CO;2)

7. Eskerrak eta oharrak

Eskerrak eman nahi dizkiet bereziki, ikerketa garaian zehar edozein ezustekoren aurrean beti laguntzeko prest egon diren Artikutzako udal langileei eta baita, laguntza behar izan dugunean esku bat botatzeko prest agertu diren ikasle zein lankideei. Azkenik, eskerrak eman nahi dizkiet Euskal Herriko Unibertsitateari (UPV/EHU) eta Paueko eta Aturri Herrialdeetako Unibertsitateari (UPPA), doktoretza aurreko kotutorekidetza bekagatik eta “LIFE21-NAT-ES-LIFE KANTAUERIBAI” (101074197) proiektua diruz laguntzeagatik.