



ARGAZIAK: ANTON ALBERDI

# Non hegoa, han zangoa Saguzar belarrihandi alpetarraren arrastoari jarraika

Hegan egitea gustatuko litzaziguke, ur azpian arnastea, ilunpean ikustea, hotzik ez pasatzea... baina ezin dugu. Naturan, norberaren nahiek eta ametsek mugak dituzte, eta muga jakin batzuen barruan bizi gara bizidun guztiok. Baina horrexegatik goza dezakegu gure inguruko biodibertsitateaz, bizidun bakoitzak bere txokoa —bere nitxo ekologikoa— betetzen duelako naturako baldintza-ugaritasunaren handitasunean. Izaki bizidunen nitxo ekologikoak ezagutzea da, hain zuzen, biologiaren oinarrietako bat: izaki bakoitza non eta zergatik bizi den jakitea ezinbesteko pausoa baita naturaren funtzionamendua ulertzeko eta hura kontserbatzeko.

Horixe izan da kontaktzera noakizun doktore-tesi honen helburua: orain gutxira arte zientzialarien arrastotik at egon den animalia ezezagun baten nitxo ekologikoa zehaztea, hain justu. Saguzar belarrihandi alpetarrak (*Plecotus macrobullaris*) ari naiz, animalia zinez bitxia eta interresgarria, ikusiko duzunez. 2003. urtean deskribatu zuten lehenbizikoz, Austriako Alpeetan, eta lau urtez izan da nire izerdi, buruhauste eta gozamenen erantzulea.

Jada horren urrun ikusten den 2010 hartan, honako galdera hau egin nion neure buruari: zergatik dago saguzar hau, gainerako guztiak ez beza-

la, goi-mendiei lotua? Erantzunaren bila, belarrihandi alpetarraren nitxo ekologikoa aztertzeari ekin nion EHUko Jokabidearen Ekologia eta Eboluzioa lantaldeko kideekin batera: non gordetzen ote da animalia hori? Non ehizatzen ote du? Zer tenperatura jasan ote ditzake? Zer jaten ote du? Galdera horietako bakoitzak nitxo ekologikoaren ardatz bati egiten dio erreferentzia, eta horiei erantzunak bilatzen igaro ditugun lau urteetan ikasitakoa da jarraian kontatuko dizudana.

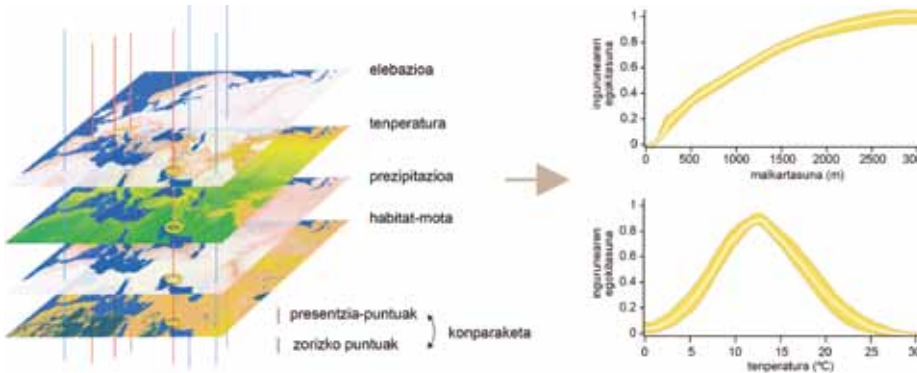
## NITXO EKOLOGIKO GRINNELLDARRA

Hasteko, defini dezagun nitxo ekologikoa. Kontzeptua XX. mendearen hasieran sortu zen, bi ikertzaileen lanetan oinarrituta. Alde batetik, espezie batek bizirauteko behar duen ingurune-baldintzen multzo gisa definitu zuen Joseph Grinnellek nitxo ekologikoa, 1917an. Grinnellen arabera, naturako ingurune bakoitzean baldintza jakin batzuk daude, eta izaki bakoitzak bere txokoa hartzen du baldintza-multzo horren barruan. Izaki baten nitxo grinnelldarra definitzen duten ezaugarriak —izan tenperatura, hezetasuna edo eguzki-orduak—, ezin dira izakiaren beraren eraginez aldatu; eskenopoetikoak dira, alegia. Horrexegatik, baldintza horiek espazioan nola banatzen diren auresan, eta mapetan irudika daitezke. Mapa horiez baliatuta, posible da espezieen nitxo grinnelldarra ezagutzea, *inguru-*

*ne-nitxoaren modelizazio* izenez ezagutzen den hurbilketa erabilia (1. irudia). Teknika horrek espezie bat bizi den leku zehaztetako ingurune-baldintzak erkaten ditu eremu osoan eskuragarri daudenekin, animaliak eskura dituen baldintzetariko zein erabiltzen duen zehazteko. Era horretan ezagutu genuen, esaterako, belarrihandi alpetarra urtean batez beste 5 eta 25 °C arteko tenperatura duten eremuetan bizi dela, eta, topografiari dagokionez, ingurune oso malkartsuak behar dituela bizitzeko. Hau da, aipaturiko tenperatura-tarte horretan dauden malda handiko inguruneetan soilik bizi den espeziea da belarrihandi alpetarra. Aztertutako baldintza bakoitzak animalien banaketa zehaztean zer eragin erlatibo duen jakiteko ere balio du teknika informatiko horrek. Belarrihandi alpetarraren kasuan, topografiaren eragina klimarena baino esanguratsuagoa dela ondorioztatu genuen; hots, tenperaturak baino gehiago, ingurunearen malkartasunak mugatzen duela espezie horren banaketa geografikoa. Zergatik, ordea?

## NITXO EKOLOGIKO ELTONDARRA

Erantzuna nitxo grinnelldarraren eremutik haratago dago; Eltonek hamar urte geroago definitutako nitxoaren eremuan, hain zuzen. Charles Eltonek beste ikuspegi batetik landu zuen nitxo ekologikoaren kontzeptua 1927an, eta haren



**1. irudia.** Nitxo ekologikoa modelizatzeko, ingurune-baldintzen aldagaiaik gainjarri, eta espeziea bizi den leku zehatzetako baliokak eremu osoan zoriz hautatutako lekuekin konparatzen dira (ezkerreko irudia). Hala, aldagai bakoitzaren egokitasun-kurbak sor daitezke (eskuinean ikus daitezke). Belarrihandi alpetarraren kasuan, malkartasuna zenbat eta handiagoa izan, ingurunea orduan eta egokiagoa da. Tenperatura egokiena, berriz, 13 °C-koa da.

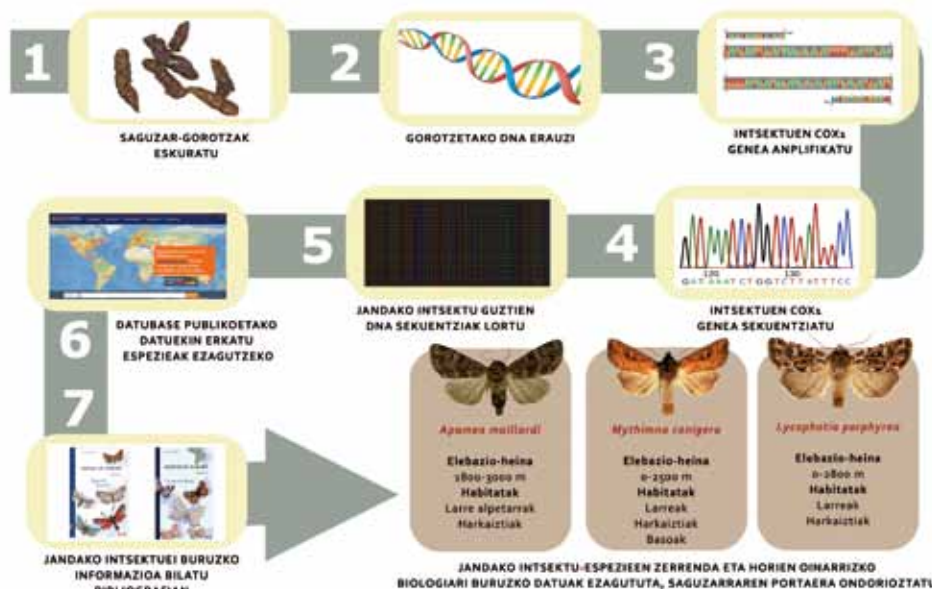
esanahia zabaldu. Eltonek ingurune-baliabideak hartu zituen ardatz, ingurune-baldintzei erreparatu beharrean. Izan ere, organismo guztiak baliabide jakin batzuk behar dituzte, hala nola elikagaiak, habia egiteko materiala edota gordelekuak ezartzeko lekuak, eta horiek guztiak ere organismoen nitxo ekologikoa zehazten dute. Beraz, belarrihandi alpetarrak baldintza topografiko zehatz batzuk behar ditu (nitxo grinneldarra), mota horretako inguruneek baliabide jakin batzuk eskaintzen dizkiotelako (nitxo eltondarra). Grinneldarraren kasuan ez bezala, nitxo eltondarra definitzen duten baliabideek eta izakiak berak elkarri eragiten diote; hots, tenperatura edo hezetasuna ez bezala, elikagaien ugaritasuna aldatu edo elikagaiak agortu egin daitezke izakiaren beraren eraginez. Ondorioz, ia ezinezkoa da baliabide horiek mapetan irudikatzea, eta beste metodo batzuk behar dira horiek ezagutzeko.

Saguzarrentzat bi dira baliabide mugatzaile nagusiak: elikagaiak eta gordelekuak. Elikagaiak dagokienez, goi-mendietako ingurune irekieta-ko sitsez elikatzen da belarrihandi alpetarra; alegia, basoen goi-mugatik gora bizi diren gaueko tximeletez. Hori ondorioztatu genuen DNA barra-kodean oinarritutako teknika molekularrak erabilita (2. irudia). Estandarizatutako animalien genomaren zati jakin bat da DNA barra-kodea; COX1 izeneko genearen zati bat hain zuzen, milioika animaliatan sekuentziatu eta datu-base erraldoietan ikertzaile guztien eskura jarri dena. Era horretan, liburu baten barra-kodea balitz bezala, animalia baten arrastoetako —ileak edo lumak, esaterako— DNA aztertuta, zein espezieri dagokion jakin dezakegu. Belarrihandi alpetarren kasuan, haien gorztetako DNA aztertu genuen, eta saguzarrek zein intsektu-espezie jan zituzten jakitea lortu



**ANTTON ALBERDI ESTIBARITZ**

(Elgoibar, 1987). EHUn Biologia ikasketak egin ostean, saguzar belarrihandi alpetarraren ekologiarene eta eboluzioaren inguruan egin zuen doktore-tesia (2014). Gaur egun, Kopnehageko Unibertsitatean (Danimarka) dihardu antzinako DNA erabiliz glaziario osteko Europako saguzarren ekologiarene berreraiketa egiten, eta animaliak inguruneke aldaketetara egokitzean hesteetako mikroorganismoek duten eragina ikertzen.



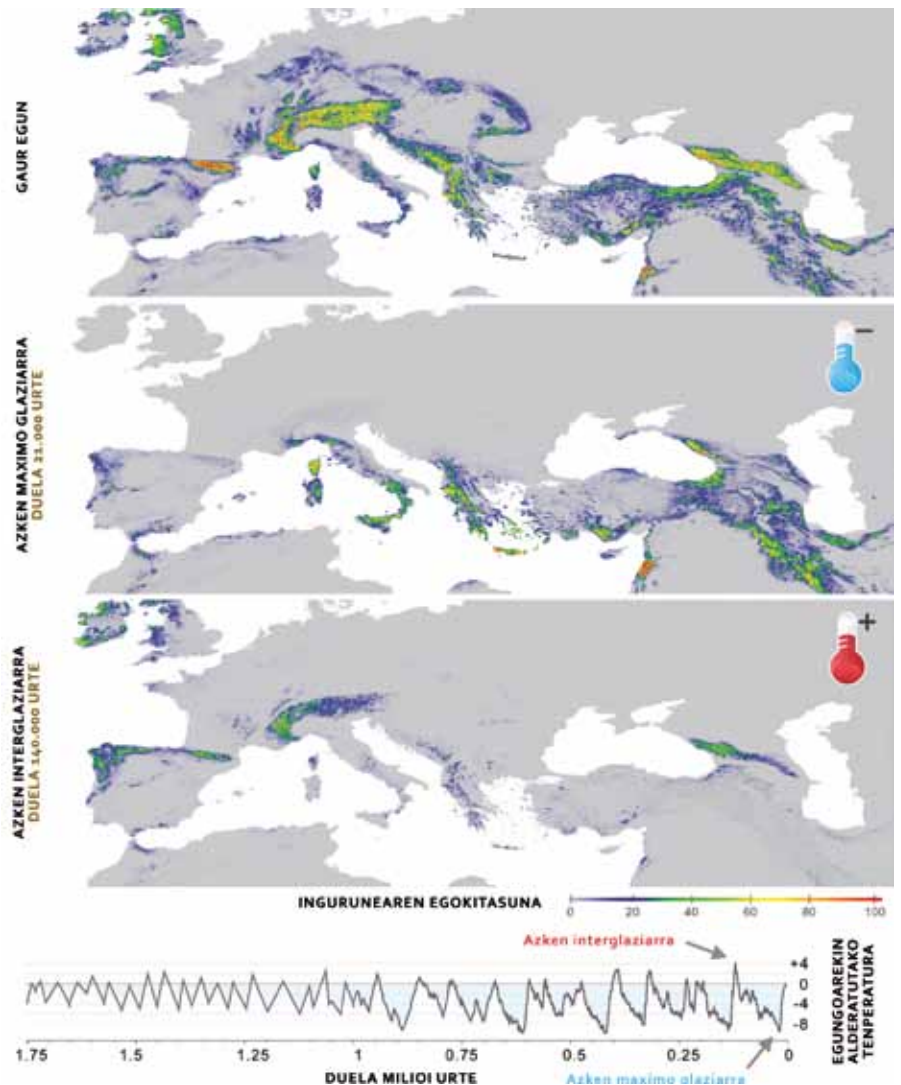
**2. irudia.** Belarrihandi alpetarraren dietaren analisi molekularra egiteko, honako pauso hauek eman genituen. Saguzarren gorotzetatik DNA erauzi ostean, DNA barra-kode gisa estandarizatutako COX1 genea anplifikatu (generen milioika kopia sortu) genuen, PCR izeneko teknika erabiliz. Ondoren, DNAREN sekuentziazio bidez, saguzarrek jandako intsektu guztien informazio genetikoa lortu genuen, eta, informazio hori datu-base publikoetako datuekin erkatuta, sekuentzia bakoitza zein espezieri zegokion ezagutu. Azkenik, jandako intsektu-espezie horien biologia ezaguna izanik, saguzararen portaera bera ondorioztatu genuen; ehizan non aritzen den, esaterako.

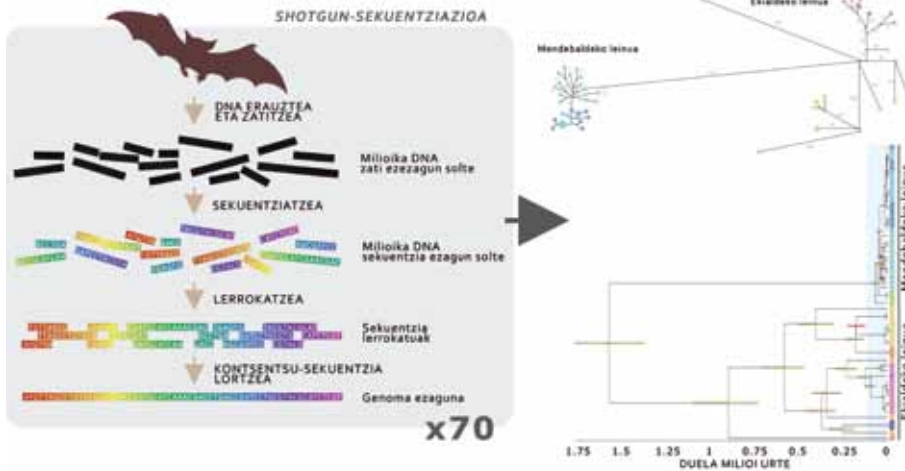




3. irudia. (A) Saguzarrak harrapatzeko sareak jarzen Arrabloko lepoan (2.450 m, Ordesa). (B) Bizkarrean irrati-igorlea atxiki zaien belarrihandi alpetar bat. (C) Irrati-jarrai-pena egiten Pena Telera inguruan (2.200 m, Tena bailara). (D) Saguzarren bi gordeleku-ren kokapena, Gorizko aterpetxearen inguruan (2.250 m, Ordesa). (E) Arrakala batean gordetako saguzar bat, irrati-igorlearen antena bistan duela. (F) Legarretako harri artean topatutako saguzarra.

4. irudia. Belarrihandi alpetarrarentzako ingurunearen egokitasuna (gorriz ingurune oso egokia eta grisez ingurune guztiz desagokia): gaur egun, duela 21.000 urte (batez besteko tenperatura 8 °C baxuagoa zenean) eta duela 140.000 urte (tenperatura 4 °C altuagoa). Tenperatura jaistean, mendebaldeko (urdinez irudikatua) leinuaren bizitokiaren egokitasuna ia desagertu egiten da, eta gauza bera gertatzen da ekialdeko leinuarekin (gorriz irudikatua) tenperatura igoztean. Azken 1,5 milioi urteetan batez besteko tenperatura egungoa baino baxuagoa izan denez (beheko grafikoa), mendebaldeko leinuak pairatu du egoera gogorrena, populazioen egitura genetikoa islaturik ikus daitekeenez.





5. irudia. Belarrihandi alpetarraren historia ebolutiboa ezagutzeko, *shotgun-sekuentziazio* (ezkerrean) izenez ezagutzen den metodoa erabili genuen 70 animalia-aren laginetan. Metodo horrek aukera ematen du lagin ugariaren genomak aldi berean berreraikitze. Behin animalia guztien genomak ezagututa, hainbat analisi egin genituen (eskuinean). Goian ageri dena haplotiposarea da, genomak beren arteko antzekotasunen arabera erlazionatzen dituen teknika. Haplotiposareko puntu bakoitzak genoma bat adierazten du, eta haien arteko marrek genomaren arteko ezberdintasunak. Behokoa, berriz, zuhaitz filogenetiko bat da, eta aztertutako laginen arteko denboran zeharreko erlazioak erakusten ditu, duela 1,75 milioi urtetik gaur egunera arte. Bi irudietan, kolore urdinez eta berdez ageri dira Pirinioetako eta Alpeetako animaliak (mendebaldeko leinua), eta horiz, gorritz, morez eta arrosaz Balkanetako, Kaukasoko, Turkiako, Siriako eta Irango animaliak (ekialdeko leinua). Bi analisisiek adierazten dute mendebaldeko leinuaren dibertsitate genetikoa ekialdekoa baino txikiagoa dela; saguzar guztiak elkaren artean ahaidetuago daudela, alegia.

genuen hala. Informazio horretan oinarrituta, belarrihandi alpetarraren ehiza-habitat nagusiak larre eta harkaitzi alpetarrak direla ondorioztatuta genuen gainera, saguzarren artean lehen aldiz.

Nitxo eltondarrean sakontzeko hurrengo pausoa gordelekuak nola erabiltzen dituzten zehaztea izan zen. Horretarako, saguzarrak goi-mendietako larre eta harkaitzietan harrapatu eta irratigorleak ezarri genizkien (3. irudia). Tresna horiek irradi-seinaleak igortzen dituzte segundoero, eta hartzaile batzuen bitartez une bakoitzean saguzarra non dagoen jakin daiteke. Berrogei saguzarretik gora jarraitu genituen zazpi egunean, eta egun bakoitzean non gorde ziren zehaztu genuen. Gure harridurarako, 1.500 eta 2.500 metro bitartean kokaturiko harkaitz-horma handietan eta legarretako harri artean topatu genituen saguzarrak, eta saguzarren artean inoiz deskribatu ez zen portaera aurkitu, ondorioz. Lan horren guztiaren ondoren, beraz, badakigu saguzar belarrihandi alpetarrak ez duela edozein suts jaten, goi-mendietako ingurune irekietakoak soilik baizik; eta ez dela edozein lekutan gordezten, harrizko horma handietan eta legarretan baizik. Baliabide horiek, ezagutzen ez ditugun beste hainbatekin batera, osatzen dute belarrihandi alpetarraren nitxo eltondarra.

### NITXO EKOLOGIKOTIK HISTORIA EBOLUTIBORA

Espezie baten nitxo ekologikoa ezagutzearen abantailetakoa bat zera da: hura espazioan nola banatuko den aurreateko modua ematen duela. Hots, espezie batek zer baldintza behar dituen jakinda, eta horiek espazioan nola banatzen diren ezagututa, espezie batentzat bizileku egokiak zein diren aurretean dezakegu, eta egokitasun-mapa batean islatu (4. irudia). Baldintza eta baliabide horiek historian zehar nola aldatu

diren baldin badakigu, gainera, espeziearentzako eremu egokiak denboran zehar nola aldatu diren baliozta dezakegu, eta, informazio hori datu molekularrekin uztartuta, espezie baten historia ebolutiboa berreraiki.

Belarrihandi alpetarraren historia ebolutiboa ezagutzeko, haren populazioek denboran zehar izan duten bilakaeraren inguruko hainbat hipotesi planteatu genituen, egokitasun-mapetan oinarrituta. Hipotesi horiek testatzeko, bestalde, DNAREN analisi genomikoak erabili genituen. Espeziearen banaketa osoko 70 animalia-aren hegomintz laginak eskuratu ostean, bertatik DNA erauzi eta genoma mitokondrial osoa sekuentziatu genien, DNA aztertzeko *shotgun-sekuentziazio* izenez ezagutzen den teknika aurreratua erabiliz (5. irudia).

Datu genomikoek erakutsi zuten, bi leinu nagusitan banaturik dago belarrihandi alpetarra: Pirinioetako eta Alpeetako animaliak alde bategatik (mendebaldeko leinua), eta ekialderagoko mendikateetako guztiak bestetik (ekialdeko leinua). Bi leinu horiek duela 1,5 milioi urte inguru banatu ziren, eta, denbora-tarte horretan gertatu diren glaziazioen eraginez, bi populazioek bilakaera oso ezberdina izan dute. Mendebaldeko leinuak dibertsitate genetikoa murrizteko populazio txikia osatu du, glaziazioen eragina gogor pairatu baitu; izan ere, tenperaturak hoztean, Pirinioetako eta Alpeetako ingurunea desegokia bihurtzen da belarrihandi alpetarrentzat (4. irudia), eremu horiek hotzegiak bihurtzen direlako. Ekialdeko leinuaren egoera, berriz, guztiz bestelakoa da, hainbat azpipopulazio mantendu baitira historian zehar. Horien kasuan, ingurune epelagoetan bizi direnez, tenperaturak hozten direnean, egokitasun-mailak gora egiten du, eta horrek populazioen biziraupena errazten. Glaziazioen aurrean espezie bereko populazioek

oso erantzun ezberdinak izan ditzaketela frogatzeko balio izan zuen ikerketa horrek.

### IRAGANA ETA ORAINA EZAGUTU, ETORKIZUNA BERMATZEKO

Saguzar belarrihandi alpetarrari buruzko gauza gutxi ezagutzen zen duela urte batzuk. Ez genekien zer banaketa zuen, zer jaten zuen, non gordezten zen, eta oinarritzko informazio hori ezagutu gabe, ezinezkoa da kontserbazio-neurri egokiak hartzea. Egindako lanaren ondorioz, ordea, guztiz bestelakoa da egungo egoera. Espezie honekin gertatu bezala, azken urteotan garrantutako teknologiak lagunduta, naturako elementu eta prozesu sakoren funtzionamendua ari gara ulertzen; ikerketaren bitartez, lehen misterio zena ebidentziek sustraitutako ezagutza bihurtzen ari gara. Guztion ardura da, orain, informazio hori guztia maila praktikora eraman eta belarrihandi alpetarraren zein naturako gainerako elementu eta prozesuen biziraupena bermatzeko neurri egokiak hartzea. Egun, inoiz ez bezala, gure esku dago.

### BIBLIOGRAFIA

HEBERT, P.D.N.; CYWINSKA, A.; BALL, S.L., DEWAARD, J.R.: "Biological identifications through DNA barcodes". *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 270 (2003), 313-321.

PHILLIPS, S.; DUDIK, M.: "Modeling of species distributions with Maxent: new extensions and a comprehensive evaluation". *Ecography*, 31 (2008), 161-175.

SPITZENBERGER, F.; STRELKOV, P.; HARING, E.: "Morphology and mitochondrial DNA sequences show that *Plecotus alpinus* Kiefer & Veith, 2002 and *Plecotus microdontus* Spitzenberger, 2002 are synonyms of *Plecotus macrobullaris* Kuzjakin, 1965". *Natura Croatica*, 12 (2003), 39-53.

STEWART, J.R.; LISTER, A.M.; BARNES, I.; DALEN, L.: "Refugia revisited: individualistic responses of species in space and time". *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 277 (2010), 661-671.