

Anàlisi de la mortalitat de l'eriçó (*Atelerix algirus vagans*) a la xarxa viària de Menorca, illes Balears (2003-2018)

Francesc Xavier Roig-Munar

Investigador independent, consultor ambiental. Carrer Carritxaret 18-6, 07749, es Migjorn Gran, Menorca; xiscoroig@gmail.com.

La mortalitat de fauna per atropellament és un dels principals impactes que tenen les carreteres sobre els ecosistemes terrestres. Aquests infraestructures afavoreixen l'aïllament del territori i interfereixen els hàbitats i rutes entre poblacions. Els estudis d'atropellaments de fauna permeten tenir estimacions de les poblacions, definir punts negres i aplicar mesures per disminuir les taxes d'atropellament i també la sinistralitat amb vehicles.

Al llarg del 2003 i del 2018 es van dur a terme estudis per quantificar la mortalitat de fauna a la xarxa viària de l'illa de Menorca, illes Balears. D'ambdós estudis es prenen els resultats de les campanyes d'estiu i tardor de nou carreteres per valorar la mortalitat de l'eriçó *Atelerix algirus vagans* (Leareboullet, 1842). La comparativa dels dos treballs mitjançant l'índex d'atropellament, permet establir l'estat de la població, les èpoques i els punts de màxima mortalitat, relacionat amb les característiques ambientals i de l'infraestructura de cada carretereta. Així mateix l'estudi fa una aproximació a la probabilitat de mortalitat d'aquesta espècie en funció a la permeabilitat de la via.

Amb base als resultats obtinguts al 2003 i 2018 s'estima que la població de l'eriçó és estable, i que la mortalitat no es troba directament lligada als índex de circulació motoritzada, sinó a les característiques de la via, els seus hàbitats associats i els accessos a la mateixa.

Aquest estudi és el primer treball publicat a les illes Balears sobre la comparació de mostres de mortalitat de fauna, concretament de l'eriçó. Amb els resultats obtinguts es poden establir mecanismes per la minimització de la mortalitat a carreteres mitjançant passos de fauna i disposar d'una dada evolutiva per a propers estudis.

Paraules clau: Carreteres, mortalitat de fauna (2003-2018), eriçó, *Atelerix algirus vagans*, Menorca.

Analysis of the Hedgehog (*Atelerix algirus vagans*) mortality in the road network of Menorca, Balearic Islands (2003-2018)

Wildlife road mortality is one of the major impacts that roads have on terrestrial ecosystems. This infrastructure leads to habitat fragmentation and habitat degradation and interferes with population connectivity. Wildlife road-kill studies provide population estimates, detect blackspots and allow to the implementation of road-kill and accident rate mitigation measures.

In 2003 and 2008, surveys were conducted to quantify wildlife road mortality in the road network of the island of Menorca, Balearic Islands. From these two surveys, the summer and autumn campaigns data are taken to estimate Hedgehog *Atelerix algirus vagans* (Leareboullet, 1842) mortality. The comparison of these surveys using the road-kill rate, allows to interfere the state of the population, and the spots and seasons of higher mortality, related with landscape features and infrastructure characteristics of the road. This study also makes an approximation to the mortality probability of this species in relation to the permeability of the road.

From the results gathered in 2003 and 2018 it is estimated that Hedgehog population is stable, and that mortality is not directly related to traffic rate, but to the characteristics of the road, the nearby habitats and to the available road accesses.

This is the first work published in the Balearic Islands about survey comparisons of wildlife mortality, in particular about Hedgehog. With these results it is possible to establish mechanisms for the minimization of road mortality using wildlife crossing. It also provides data for future studies.

Keywords: Roads, Wildlife mortality (2003-2018), Hedgehog, *Atelerix algirus vagans*, Menorca.

Històricament la relació entre l'home i el medi natural ha provocat una progressiva transformació del territori, intensificada en les últimes dècades a causa d'un increment de la població, la sobreexplotació de recursos i una capacitat tecnològica sense precedents (Santos & Tellería, 2006), ocasionant repercussions significatives en la biodiversitat (García, 2011). Un factor clau de transformació del territori és la fragmentació d'hàbitats, considerada com una de les principals causes de la crisi global de biodiversitat, i una de les majors amenaces per a la conservació d'hàbitats i ecosistemes singulars (Rosselló-Melis & Lorenzo-Lacruz, 2017). Aquesta fragmentació disminueix la superfície d'hàbitats i ecosistemes disponibles per a les espècies (Forman, 1995; Santos & Tellería, 2006). Un dels elements més rellevants en la fragmentació dels hàbitats és el canvi d'usos del sòl, el que es tradueix amb una pèrdua d'alguns ambients que queden interromputs per altres: com l'aparició d'urbanitzacions o monocultius que, en determinats contextos territorials induïx a la fragmentació, amb un canvi en la matriu paisatgística que es tradueix, sobretot, pel canvi d'usos del sòl. La pèrdua de superfície i l'increment de fragments modifica la matriu territorial que, a causa de la transformació, presenta una relació entre perímetre/superfície major (Santos & Tellería, 2006). Les causes que expliquen la fragmentació són diverses i la construcció d'infraestructures de transport n'és una de les principals (Gurrutxaga & Lozano, 2010).

Les vies de comunicació són un dels agents rellevants de fragmentació d'hàbitat i transformació dels sistemes naturals (Saunders et al., 1991; Wittmeyer et al., 2009). L'efecte barrera es produeix per la mortalitat sobre la via, per les pertorbacions que les infraestructures provoquen i l'impediment físic, o per la influència i els canvis en les conductes dels animals que viuen al seu entorn (Rosell & Álvarez, 2003). Alguns dels impactes directes de camins i carreteres són: la pèrdua i alteració de l'hàbitat, la mortalitat dels animals a les carreteres, els abocaments de substàncies contaminants i l'efecte barrera que dificulta l'intercanvi de les poblacions silvestres (Forman & Alexander, 1998; Jacobson, 2005), així com canvis en la conducta reproductiva de distintes espècies (Birkan et al., 1994). El que ha suposat un gran avenç per a la societat moderna, també ha suposat una gran amenaça per a la fauna, degut a l'elevat nombre d'atropellaments, que a la llarga pot arribar a propiciar aïllaments poblacionals

o freqüents col·lisions (Álvarez, 2003). Com a conseqüència d'aquesta constant alteració del medi, algunes espècies d'animals s'han vist condicionades a canviar determinats patrons de conducta, modificant així alguns dels seus hàbits d'explotació dels recursos (Rosell et al., 1997). La mortalitat de fauna per atropellament és un dels principals impactes que tenen les carreteres sobre els ecosistemes; juntament amb la pèrdua i fragmentació dels hàbitats, l'efecte barrera o la generació de pertorbacions com el soroll, la llum, l'emissió de contaminants o l'augment de les activitats humanes a l'entorn de les infraestructures (Forman et al., 2003; Rosell et al., 2003; Iuell et al., 2005). Un altre cas és el de les infraestructures elèctriques en el cas de rapinyaires (Negro et al., 1989). La casuística dels atropellaments és diversa i, depenent de l'espècie implicada, pot representar un impacte per a les poblacions a nivell local o un greu problema de conservació en aquelles espècies més amenaçades.

Les barreres establertes pels eixos de transport representen un impediment significatiu per al desplaçament de la fauna silvestre (van der Griff et al., 2013; Ibsch et al., 2016), afectant el flux entre diferents poblacions (Cuyckens et al., 2016). Aquests eixos són una font important de mortalitat de fauna ja que travessen les seves rutes migratòries i àrees de campeig, interferint en el seu lliure desplaçament (Bager & Rosa 2010; Cramer et al., 2015). L'atropellament dels animals es relaciona amb diferents factors, tant extrínsecs, com el tipus de vegetació, orografia o les condicions climàtiques (Garriga et al., 2017), com intrínsecs, com ara el grup taxonòmic, l'abundància o el comportament de les espècies (Seiler 2005; Seijas et al., 2013). L'impacte dels atropellaments sobre les poblacions de vertebrats s'ha demostrat com un dels factors més importants de mortalitat no natural directa de la fauna vertebrada (Trombulak & Frissell, 2000; Fahrig & Rytwinsky, 2009), actuant les carreteres com un depredador inespecífic, i sent la primera causa de mortalitat de moltes espècies (Teixeira et al., 2013).

La fauna silvestre tendeix a estar associada a hàbitats específics, per la qual cosa és d'esperar que aquest factor influeixi en l'abundància i distribució dels atropellaments (Clevenger et al., 2003). La composició i abundància dels atropellaments poden presentar canvis al llarg de l'any donat que certs patrons de conducta, com migracions, reproducció, aparellament, disponibilitat de recursos i abundància d'espècies, estan associats amb canvis estacionals (Arroyabe et

al., 2006; Cuyckens et al., 2016). No obstant això no hi ha un patró temporal únic (Taylor & Goldingay 2010). Hi ha treballs on es va trobar una relació entre el nombre de animals atropellats i l'estació de l'any (Turci & Bernarde 2009; da Rosa & Bage 2012; de Freitas et al., 2015) i treballs on aquest factor no va tenir influència (da Silva Oliveira & da Silva 2012). Tampoc es pot concloure que un grup taxonòmic sigui en particular més susceptible de ser atropellat i és possible que això depengui d'altres factors intrínsecs (Arroyabe et al., 2006). Treballs duts a terme a Amèrica del Sud, Europa i els Estats Units, mostren xifres preocupants del nombre d'animals atropellats (Carvalho & Mira 2011; D'Amico et al., 2015). Aquest impacte s'ha descrit com a molt important en alguns països de centre i nord d'Europa, on durant els anys 1959 i 1960 es va realitzar un dels primers estudis europeus per avaluar l'impacte de les carreteres sobre la fauna (Hodson, 1960, 1962). S'han fet estimacions de mortalitat i, per exemple, als Estats Units d'Amèrica s'estima com un dels 5 primers impactes negatius sobre els ocells amb projeccions entre els 60 i 80 milions d'ocells morts a l'any (Erickson et al., 2005). Un altre estudi considera que diàriament se n'atropellen un milió a totes les autopistes del país (Noss, 2002).

La valoració de la importància ecològica dels atropellaments de fauna ha de considerar la mida de les poblacions de les espècies afectades, així com la seva taxa de reclutament, ja que contràriament a la predació natural, la taxa de mortalitat per atropellament sembla no estar directament relacionada amb la densitat de població, sinó que hi ha factors eco-etològics que comporten que afectin de manera diferent a les espècies. Conseqüentment els efectes són més destacats en les espècies menys abundants i amenaçades (Rosell et al., 2003) i per a les quals els atropellaments són una de les seves principals causes de mortalitat (Rodríguez & Delibes 1992; Ferreras et al., 1992; Palazón et al., 2008).

Segons Rosell et al., (1997) els atropellaments poden afectar un ampli ventall d'espècies. És el cas dels amfibis, que creuen massivament certs trams de carretera durant les seves migracions estacionals cap als punts d'aigua on es reproduïxen; els rèptils, que sovint utilitzen l'asfalt com a punt de calor; les aus o els carnívors, que es veuen atrets per la vegetació dels marges de la via o pels insectes o micromamífers que hi viuen. Algunes espècies d'ocells granívors recorren els marges de determinades vies per tal de trobar i seleccionar petits grans de sorra que els ajudin a digerir les llavors.

Determinats mamífers ungulats, a part d'alimentar-se de la vegetació que creix als marges de les vies, es veuen atrets a llepar la sal que s'aboca a les carreteres quan aquestes estan gelades. També s'ha detectat en determinades espècies de carnívors un cert grau d'oportunitisme, donat que han descobert que les carreteres són una font alternativa d'aliment, alimentant-se així d'altres animals que recentment han mort atropellats (Cuyckens et al., 2016). Tots aquests tàxons, en particular els carnívors i ungulats, que tenen extenses àrees de campeig, es veuen obligats a creuar les vies en els seus desplaçaments amb el conseqüent risc que comporta per a la seguretat viària.

Antecedents de mortalitat de fauna a les carreteres de les illes Balears

La recollida de dades sobre mortalitat de fauna per atropellament és cabdal per diagnosticar i emprendre mesures per reduir aquesta problemàtica. Quan s'analitza la situació a les illes Balears podem observar com també la modernització i l'ampliació de la xarxa viària està ocasionant periòdicament nombrosos atropellaments de la fauna. A les Balears, Muntaner (2004) esmentà la preocupació per l'increment, modernització i ampliació de la xarxa viària i les conseqüències que se'n deriven amb l'atropellament de *Bufo viridis*. Aquest autor indicà que aquest factor és molt important a totes les illes, però especialment a Mallorca i Eivissa. A Mallorca i Menorca, Alcover i Jaume (1983), en un estudi biomètric del mostel (*Mustela nivalis*), esmentaven que aquest animal s'alimentava com a necròfit d'animals atropellats a les carreteres. Rosell (2018) exposava que la reducció de les causes de mortalitat de fauna a la xarxa viària de Balears és un repte a abordar amb base a diagnòstics acurats que identifiquin trams de major impacte.

A l'illa de Mallorca, Parpal (2004) realitzà un estudi sobre les causes d'entrada d'aus al Centre de Recuperació de Fauna Silvestre entre els anys 2003 i 2004, i exposà com a principals causes d'entrada els atropellaments. Trenado et al., (2007) realitzaren un estudi de carnívors de Mallorca, entre 2006 i 2009, detectant que la mortalitat del 80,3% eren *Martes martes*, el 11,5% de *Mustela nivalis* i el 8,2% de *Genetta genetta*. Pinya et al. (2008) analitzaren la mortalitat del mart (*Martes martes*) a les carreteres al llarg de l'any 2007, coincidint la màxima mortalitat dels exemplars recollits als mesos estivals. Monserrat & Pons (2017) analitzaren les causes accidentals de mortalitat de

rapinyaires, des del 2004 al 2016, atribuint el 54% dels casos de mort a l'atropellament. Gayà & Pons (2018) analitzen les entrades de l'òliba (*Tyto alba*) al Consorci per a la Recuperació de la Fauna de les Illes Balears (2004-2017), observant que la majoria de les entrades es trobaven relacionades amb les infraestructures antròpiques, entre elles les carreteres, proposant que s'haurien d'adaptar aquestes per crear el menor impacte possible sobre la fauna. Roselló-Melis (2016) proposava 9 passos de fauna entre la serra de Tramuntana i el Pla, ja que la fragmentació de l'hàbitat està associada a infraestructures com les carreteres (Roselló-Melis & Lorenzo-Lacruz, 2017).

A l'illa de Menorca Mayol (1992) comptabilitzà en camins rurals la mortalitat de 38 individus de *Tarentola mauritanica* un dia del mes de juliol en un tram de 1.500 m. De Pablo (2004, 2017) estimà la incidència de l'electrificació sobre el milà, *Milvus milvus*, amb una mortalitat associada a l'increment de la xarxa d'electrificació rural i del subministrament elèctric per a noves urbanitzacions, atribuint a les electrificacions la segona causa de mortalitat, amb una incidència del 45% dels 64 milans trobats morts entre 1991 i 1999. El Grup Ornitològic de les Balears (GOB) de Menorca, al 2001, estimà que la mortalitat de fauna a les carreteres era de 15.807 animals morts anualment, on l'eríç era l'espècie més afectada, suposant un 24% dels animals morts dels tres trams que mostrejaren al llarg de tot un any. Roig-Munar & Comas-Lamarca (2003) analitzaren la mortalitat en 20 trams de carreteres amb un mostreig de 12 mesos, i amb la dada estimada de 14.583 animals morts, dels quals 2.160 eren eriçons. Comas-Lamarca et al. (2004) i Roig-Munar et al.

(2004) realitzaren l'anàlisi de la mortalitat de vertebrats atropellats a les carreteres de Menorca, estimant que els màxims d'incidents es donaven en períodes estivals. Roig-Munar et al., (2012) publicaren les dades completes del treball de mortalitat de fauna del 2003, on estimaven que aquesta era especialment elevada a l'estiu i a la tardor, quan l'increment de l'activitat biològica coincideix amb un increment del nombre de vehicles que circulen per la xarxa viària: d'hivern a l'estiu la taxa de mortalitat es multiplicà gairebé per 10, passant de 0,051 ex/km/dia (mitjana hivernal) a 0,471 ex/km/dia (mitjana estival), i on l'eríç suposà el 41,5% del total de la fauna morta. Johnson et al. (2012) analitzaren la possible mortalitat de l'eríç a tres passos canadencs del nord de l'illa durant 4 anys, recuperant 118 eriçons (106 vius i 12 morts). Aquest estudi donà lloc a la instal·lació de rampes de fauna dins els passos canadencs per evitar la mortalitat de l'eríç associada a aquestes infraestructures. García-Vendrell (2018) analitzà 23 trams de carreteres en cinc mesos, estiu i tardor, seguint parcialment la metodologia de Roig-Munar i Comas-Lamarca (2003), i comptabilitzant una mortalitat de 669 animals, dels quals el 53,6% eren eriçons, tot i no fer-ne una comparativa de mortalitat entre l'any 2001, 2003 i 2018. Pel que fa a les illes Pitiüses, Eivissa i Formentera, no es té constància d'estudis associats a la mortalitat de fauna a les carreteres.

Eriç (*Atelerix algirus*)

Atelerix algirus vagans (Lereboullet, 1842) (Eriaceidae) és una espècie de mamífer de mida petita que forma part de l'ordre Eulipotyphla, grup monofilètic de mamífers placentaris que inclou als eriçons,



FIGURA 1. Imatges de l'eríç (*Atelerix algirus vagans*) al medi natural de Menorca. Fotos: GOB de Menorca.

Hedgehog photos (*Atelerix algirus vagans*) in the wild in Menorca. Photos: GOB de Menorca.

musaranyes i talps. Anteriorment se'l situava en l'ordre insectívora però estudis recents van demostrar que es tractava d'un clade polifilètic (Douady et al., 2002). *Atelerix algirus* és una espècie endèmica de la regió mediterrània, i la seva distribució original se situa en el nord d'Àfrica, des del Marroc fins a Líbia, encara que va ser introduït a l'Europa continental per part de l'home (Lapini, 1999). A les illes Balears el van introduir els Almohades sobre el segle XIII (Morales et al., 2008) i a les illes Canàries en 1890 (Hutterer 1983); també se'l troba a les illes de Djerba i Malta. Actualment s'han descrit 4 subespècies, *Atelerix algirus algirus* al Nord d'Àfrica i a la vessant mediterrània de la península Ibèrica: *Atelerix algirus caniculus* a les Illes Canàries, *Atelerix algirus girbanensis* a Tunísia i *Atelerix algirus vagans* a les Illes Balears i algunes regions del vessant oriental de la península Ibèrica (Fig. 1). Aquesta última subespècie es caracteritza per tenir una menor grandària i una coloració més pàl·lida (Corbet, 1988). Una anàlisi de l'*Atelerix algirus* de Menorca comparat amb eriçons de Catalunya va detectar petites diferències entre mostres insulars i l'erizó continental de la Catalunya del Sud (Pérez-Serra et al., 2008). No obstant això, un estudi recent nega que hi hagi prou diversitat genètica com per considerar l'existència de subespècies (Khaldi et al., 2016).

Aquesta espècie viu preferentment a altituds d'entre 0 i 400 m, encara que pot arribar a alçades superiors, 900 m en el cas del Marroc (Lapini, 1999). Segons Gosálbez (1987) la seva àrea de distribució estaria per sota de la isohieta dels 700-800 mm de precipitació anual, no obstant Ruiz-Romero (1995) considera que la dorsal pluviomètrica límit és la de 600 mm. Es troba en una varietat d'hàbitats, incloent semi-desert, matoll mediterrani sec, praderies, pastures, camps de conreu i jardins, de vegades molt a prop dels habitatges humanes. Però amb major freqüència es troben a les zones àrides (Lapini, 1999; Palomo & Gisbert, 2002) i mengen, durant la nit, invertebrats, petits vertebrats, carronya i, fins i tot, fongs. El període reproductor és prou ampli, i sembla que les cries neixen entre juny i octubre (Lange, 1985). L'espècie és presa de la naturalesa com a animal de companyia (Palomo & Gisbert 2002), capturats localment, i es menja a tota la regió mediterrània nord-africana. Al Marroc s'utilitza localment amb finalitats mèdiques i apareix en els mercats locals de bruixeria. A les Balears ha estat objecte de caça i consum fins a temps recents preturístics; a Mallorca hi havia cans eriçoners per la seva caça.

L'estudi i estat de les seves poblacions és difícil de registrar a causa dels seus hàbits nocturns, per tant, no hi ha prou dades disponibles per poder estimar les corresponents densitats de població. No obstant això, sembla que en general les poblacions d'erizó estan minvant a la Mediterrània (Amori et al., 2008) ja que poden estar limitades per la disponibilitat d'hàbitat adequat (Palomo & Gisbert 2002). Les poblacions a les Balears, en base a dades d'atropellaments semblen ser molt més abundants que a la península Ibèrica (Comas-Lamarca et al., 2004). En quant a densitats, estudis fets a Gran Bretanya troben valors que van dels 0,23-0,25 eriçons/ha a zones rurals (Doncaster, 1994), fins els 0,83 eriçons/ha a camps de golf situats a la perifèria de ciutats (Reeve, 1981). A zones de pastures i plantacions de pins de Nova Zelanda s'han trobat densitats de 2,5 individus/ha (Parkes, 1975). A Uist, Escòcia, es calculen densitats entre 0,3-0,5 eriçons/ha (Scottish Natural Heritage, 2008). Al parc de la serralada Litoral (Barcelona) la densitat d'erizó europeu és, presumiblement, inferior a la indicada per a les zones rurals de Gran Bretanya, ja que una part important del parc està ocupada per coníferes, ambient no massa adient per a l'espècie (Blanco, 1998). Pel que fa als desplaçaments dels eriçons s'han realitzat experiments sobre la dispersió de l'erizó europeu (*Atelerix europaeus*), al Parc Natural de Collserola, on Cahill et al. (2011) entre 2006 i 2008 van realitzar un treball de radio-seguiment de 15 eriçons amb l'objectiu de conèixer la capacitat d'adaptació dels individus recuperats una vegada alliberats, comparar la seva resposta dispersiva en funció del lloc de solta, i caracteritzar les diferents problemàtiques a les quals s'enfronta per incidir en la seva conservació. Els eriçons alliberats en zona forestal es van dispersar significativament més lluny durant els dies posteriors al seu alliberament, en contrast amb els exemplars alliberats en proximitat a masies. Els exemplars alliberats tendeixen a mostrar àrees de dispersió similars, independent del lloc de solta; les àrees de dispersió variaren considerablement de mitjana, ja que la distància va ser d'1 km, amb un màxim de 3,9 km. Es va detectar una tendència de dispersió cap a les àrees de l'ecotò més perifèriques i periurbanes del parc, la dispersió cap aquestes àrees i el seu ús repercutia en els eriçons, a causa del límit abrupte que hi ha entre l'espai protegit i la zona urbana.

La troballa d'erizons morts és un fet comú a les carreteres durant primavera i estiu. Hainard (1971) indica que els atropellaments són la causa major de

mortalitat. Podem trobar referències sobre mortalitats d'ericons degudes a atropellaments a carreteres de poca circulació (Garnica & Robles, 1986). En un estudi sobre la viabilitat de les poblacions d'ericons als Països Baixos, Bergers i Nieuwenhuizen (1999), assenyalaren com a primer factor limitant la mida i la qualitat de les taques d'hàbitats disponibles i, en segon lloc, la presència de carreteres. A Menorca (Comas-Lamarca et al., 2004) indicà que, en un any de mostreig, l'erizó representa el 43,9% dels mamífers morts atropellats a les carreteres. Al Centre de Recuperació de Fauna de Collserola l'erizó europeu (*Atelerix europaeus*) fou el mamífer del qual s'enregistraren més incidències d'atropellament: un 22% dels mamífers en 15 anys de seguiment (Tenés et al., 2007).

Aquesta espècie té tot un seguit de figures de protecció tant a nivell nacional com internacional. Està considerada una espècie silvestre en règim de protecció especial pel Catàleg Nacional d'Espècies Amenaçades tant a la península Ibèrica com a les illes Balears. També es troba en l'Annex IV de la Directiva d'Hàbitats com una espècie d'interès comunitari amb una protecció estricta. A més, està inclosa en dos apèndixs del Conveni de Berna; Apèndix II (Espècies de fauna estrictament protegides) i Apèndix III (Espècies de fauna protegides). La Unió Mundial per a la Conservació de la Natura (UICN) va incloure al 2008 entre les amenaces més importants la mortalitat accidental a les carreteres.

Objectius

L'objectiu fonamental del treball és comparar les dades obtingudes als informes tècnics realitzats per Roig-Munar & Comas-Lamarca (2003) i el realitzat per García-Vendrell (2018), ambdós encarregats per la mateixa institució, el Consell Insular de Menorca, i amb similars metodologies tot i que amb períodes de mostreig diferents. És per això que l'estudi comparatiu parteix de la síntesis i equiparació dels valors i unitats de mostreig comparables d'ambdós estudis: l'aplicació de l'índex de mortalitat de cada tram (Seijas et al., 2013); i la seva relació amb la tipologia de via i els seus índex de mobilitat de vehicles (IMD); així com el valor de probabilitat d'atropellament de cada via.

Es parteix dels objectius comuns d'ambdós estudis, on Roig-Munar & Comas-Lamarca (2003) i García-Vendrell (2018) establien els següents objectius comuns, tot i que amb diferències poc significatives:

- * Identificar els grups faunístics més afectats i

caracteritzar la mortalitat associada als diferents tipus de carreteres que componen la xarxa viària bàsica, i avaluar-ne l'estacionalitat, tot i que aquest punt difereix en els períodes d'anàlisi. Mentre Roig-Munar & Comas-Lamarca (2003) analitzaren un any natural, amb la realització de 4 campanyes de mostreig (hivern, primavera, estiu i tardor), García-Vendrell (2018) sols analitzà 5 mesos en el període estiu i tardor.

- * Identificar punts negres d'atropellaments i establir una xarxa de trams de mostreig que pugui ser mostrejada en anys successius per obtenir dades comparables amb les de l'estudi. Tot i la proposta realitzada al 2003 aquesta no es tornà a replicar parcialment fins al 2018.

Metodologia

A l'estudi del 2003 es van recórrer i caracteritzar 20 trams de mostreig que en conjunt suposaren 102,7 km de diferents tipologies de carreteres de titularitat dels ajuntaments i del Consell Insular de Menorca, suposant el 37,1% de la xarxa viària de l'illa. L'estudi de 2018 sols analitzà les vies de titularitat del Consell Insular de Menorca, definint 21 trams de mostreig amb un total de 175,1 km suposant el 63,2% de les vies de l'illa. Per ambdós estudis no es varen tenir en compte les condicions meteorològiques prèvies al mostreig i, tal vegada és un aspecte a tenir present de cara al comportament de la fauna.

La metodologia de mostreig consistí en fer campanyes de censos d'animals atropellats a la xarxa viària, realitzats als matins amb condicions meteorològiques favorables. En cada mostreig es van recórrer les vies dues vegades, una per a cada sentit de la circulació. El temps transcorregut entre mostreig i mostreig per cadascun dels estudis va variar, mentres Roig-Munar & Comas-Lamarca (2003) establien freqüències de mostreig per temporada de entre 6 i 8 dies, García-Vendrell (2018) realitzà una mitjana de freqüència de mostrejos entre 28 dies i 32 dies, fet que pot donar lloc a una pèrdua d'informació per depredació i/o desaparició del cos per rodadura. Segons García-Vendrell (2018) les dilatades freqüències de mostreig causen un gran baix d'estimació, allunyant-la de la realitat.

Tots els recorreguts es varen efectuar en cotxe, circulant de a uns 20-30 km/h, en el cas de Roig-Munar & Comas-Lamarca (2003) els recorreguts foren realitzats per dues persones.

Els dos estudis consideren les vies rodades de l'illa, excloent-ne els camins i les pistes sense asfalt; es consideren les característiques de cada via analitzada (com

ara amplada, IMD, secció tipus, presència d'obres de drenatge, etc.); l'hàbitat circumdant (presència de punts d'aigua, masses forestals, ANEIs, etc.) i els usos de sòl predominants.

La taxa d'atropellament per grup taxonòmic es va calcular tenint en compte els individus atropellats registrats i la longitud de la ruta (Seijas et al., 2013; Monroy, 2015). El valor així obtingut (individus atropellats per km) permet comparar els atropellaments dels dos estudis i la seva comparació amb altres territoris, tot i les freqüències de mostreig.

Els trams mostrejats als dos estudis es considera que cobreixen tota la tipologia de vies rodades de Menorca, tant pel que fa als aspectes físics (amplada, traçat, usos del sòl circumdant) com d'ús (velocitat mitjana, intensitat de circulació, etc.). Segons Roig-Munar & Comas-Lamarca (2003) es podent diferenciar 5 categories de vies, simplificades en 3 per García-Vendrell (2018), segons els criteris establerts pel departament de Carreteres del Consell Insular de Menorca. Es tenen present les següents categories basades en Roig-Munar & Comas-Lamarca (2003):

Vies principals (Vp): carreteres amples, de més de dos carrils, amb circulació de vehicles densa i ràpida. Aquest tipus correspon només a la carretera general de Maó a Ciutadella (Me-1).

Vies residencials (Vr): carreteres d'amplada mitjana, que uneixen nuclis de població no eminentment turístics; hi circulen cotxes tot l'any, sense que l'estacionabilitat hi sigui marcada.

Vies d'ús residencial-turístic (Vrt): trams que suporten circulació rodada tot l'any, d'intensitat baixa

o mitjana, i que a l'estiu experimenten un increment considerable.

Vies turístiques (Vt): vies d'amplada variable que solen presentar alta intensitat de circulació exclusivament a l'estiu ja que donen accés a nuclis eminentment turístics.

Vies de lleure (Vl): vies de poca amplada que només accedeixen a platges o espais de lleure sense cap ús residencial. Són camins asfaltats d'ús agrari o estival d'accés a platges, tipologia sols analitzada al 2003.

En base a la comparativa metodològica i de resultats dels dos estudis (Roig-Munar & Comas-Lamarca, 2003; García-Vendrell, 2018) es prenen les dades rellevants d'erizons atropellats segons l'estudi de Comas-Lamarca et al. (2004) a 9 carreteres de Menorca (Taula 1) que han estat treballades en ambdós estudis. L'estudi comparatiu sols pren com a dades el període d'estiu i tardor, ja que foren mostrejats als dos estudis, i coincideixen amb el màxim de mortalitat de fauna i d'activitat biològica (Roig-Munar et al., 2012). Tot i no tenir els trams els mateixos kilòmetres mostrejats, l'estudi de García-Vendrell (2018) permet destriar les dades d'individus per km, i d'aquesta manera homogeneïtzar les dades de 2003 i 2018. Les carreteres seleccionades i analitzades per realitzar la seva comparació sumen un total de 83,9 Km.

Àrea d'estudi

La societat menorquina participa de les pautes generals que es donen a nivell balear i estatal en les quals les necessitats de transport es resolen majoritàriament en base al transport privat per carretera.

Origen-destí	Nom	Tipus	Km	Amplada (m)	Carrils	Voravia	Delimitat
<i>Origin-destination</i>	<i>Name</i>	<i>Type</i>	<i>Km</i>	<i>Width (m)</i>	<i>Lanes</i>	<i>Roadside</i>	<i>Delimitation</i>
Carretera d'es Grau	Me-5	VRT	6,5	10	2	Si	Parcial
St. Climent cala'n Porter	Me-12	VRT	5,6	9	2	No	Si
Carretera Maó Ciutadella	Me-1	VP	45	18	2	Si	Si
Ferries Cala Galdana	Me-22	VT	6	10	2	No	Si
Alaior a Migjorn	Me-16	VRT	3,9	10	2	Si	Si
Mercadal a Fornells	Me-15	VRT	4	9	2	No	Si
Migjorn a Ferreries	Me-20	VRT	4,2	9	2	No	Si
Ciutadella cap d'Artrutx	Me-24	VT	4,5	10	2	Si	Si
St. Lluís es Castell	Me-6	VR	4,2	9	2	No	Si

TAULA 1. Carreteres mostrejades per l'estudi comparatiu de sinistralitat de l'erizó a les carreteres de Menorca (2003-2018). Observem l'origen i destí, el nom i el tipus de la via, els km mostrejats a cadascuna de les vies, l'amplada mitja, el nombre de carrils, presència de voravia i la seva delimitació.

Surveyed roads for the road-kill comparative study in Menorca roads (2003-2018). Indicated are: road origin and destination, road name and type, surveyed km in each road, median width, number of lanes, presence of roadsides and its delimitation.

L'índex de motorització a Menorca arriba als 867 vehicles per cada 1.000 habitants (any 2018), generant-se a les carreteres entorn de 75.000 viatges interurbans per dia. Les zones amb més densitat de xarxa viària són aquelles ocupades per urbanitzacions extensives, ja que ocupen el 4,5% del territori i engloben el 8,16% de la xarxa viària. Les zones de vegetació natural o agrària tenen una densitat menor de carreteres, gran part d'elles delimitades per propietats privades, amb parets seques i/o afloraments rocosos.

La distribució dels usos del sòl en un radi de 100 m de les carreteres és molt semblant a l'afectació directa de la xarxa. D'aquesta manera tenim que més del 50% del territori inclòs en un radi de 100 m al voltant de la carretera està conformat per camps extensius de pastures, el segueixen en extensió la vegetació natural i els camps en procés d'abandó. La resta de usos existents són poc importants. Aquesta variable d'usos no ha sofert canvis en els darrers anys. Una visió general de l'estructura territorial de l'illa induïda pels usos del sòl ens ofereix que l'ús que més extensió ocupa és el de

pastures extensives, mentre que el segon ús en extensió és la vegetació natural, sobretot boscos i garrigues, que coincideixen, en bona part, amb els actuals espais naturals classificats com a Àrees Naturals d'Especial Interès (ANEI) (Fig. 2). La principal activitat agrària de Menorca és la ramaderia, per això els camps tenen una extensió important, coincidint amb els hàbitats prioritaris de l'erizó. Les variables agràries no han canviat en els darrers anys, on l'estructura de cobertes del sòl no ha sofert canvis significatius, però en la darrera dècada hi ha una aforestació important, augmentat les cobertes arbustives i forestals per abandó agrícola. La ramaderia no ha variat els darrers anys de forma significativa, però sí el canvi d'orientació de la vaca de llet cap a la vaca de carn, i de farratge a vinya i oliveres, que no són prou significatives de moment perquè afectin al territori i als hàbitats dels mamífers. En els casos que les finques agràries han estat fragmentades per una carretera es troben passos de fauna soterrats que donen lloc a la circulació del bestiar, i també de fauna silvestre, entre les tanques (Fig. 3A). Altres passos de

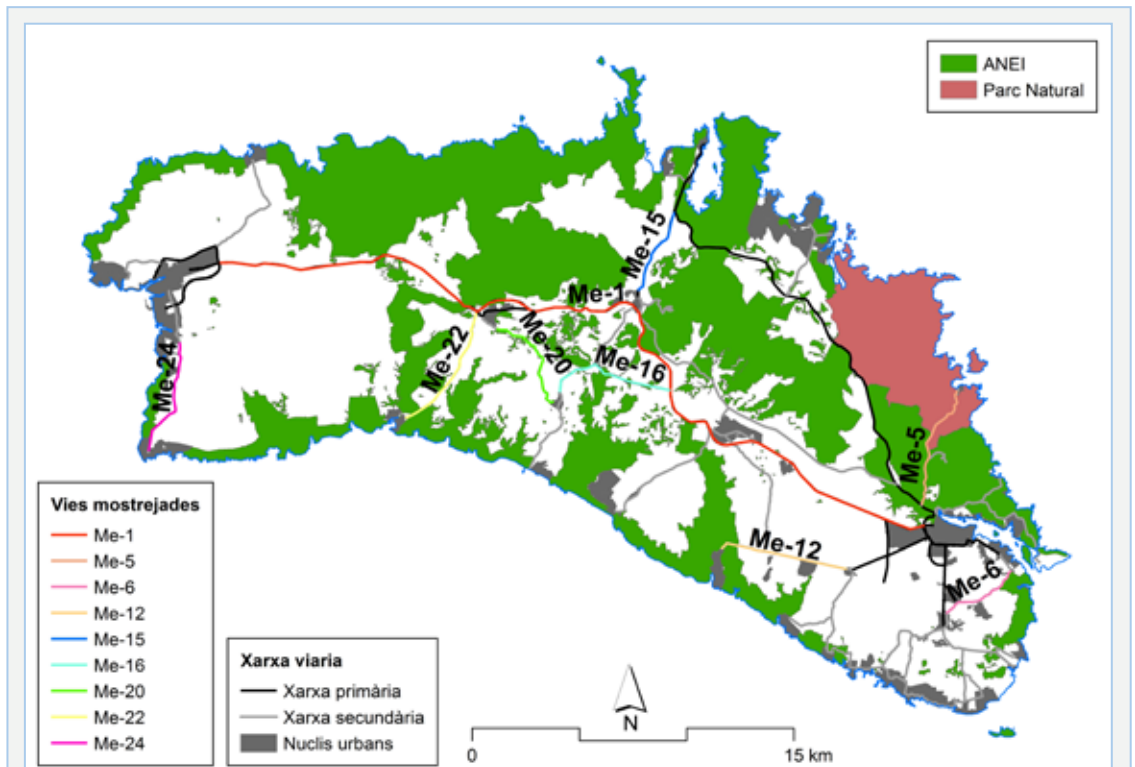


FIGURA 2. Vies mostrejades per l'anàlisi de sinistralitat 2003 i 2018 (Taula 1) a les carreteres de Menorca.

Surveyed roads for the analysis of accident rate 2003 i 2018 (Table 1) in Menorca roads.

fauna són aquells de nova construcció, realitzats a la carretera Me-1 (Fig. 3B), així com tota la xarxa torrencial que drena i es troba soterrada a moltes de les carreteres. A les vies mostrejades no hi ha hagut canvis.

Les vies mostrejades a ambdós estudis presenten similars tipologies de secció i voravies (Taula 1, Fig. 2), on gairebé totes les vies disposen de delimitació amb paret seca o afloraments corresponents als desmunts de construcció, i moltes d'elles amb vegetació de tipus arbustiu. Es pot descriure breument la xarxa analitzada com:

* Carretera d'es Grau, Me-5 de 6,5 km, connecta Maó amb es Grau. El primer tram de la via travessa un paisatge en mosaic dominat principalment per camps i conreus. La segona meitat travessa per ambients boscosos. Quasi tota la via presenta delimitació amb paret seca, excepte d'alguns lloc inundables on no hi ha delimitació amb la xarxa. La totalitat de la via es troba dins ANEI i el seu tram final transcorre per la zona del Parc Natural de l'Albufera des Grau. Al llarg dels anys analitzats no hi ha hagut canvis estructurals o de millores de la infraestructura de la via ni canvis d'usos del sòl.

* Carretera Maó a cala'n Porter, Me-12 de 5,6 km (Fig. 4A). És una via sense voravia i encaixada entre parets seques i/o afloraments rocosos. Travessa per diversos terrenys agrícoles delimitats per murs de pedra en sec i dona accés a alguns nuclis residencials, i gairebé no disposa de voravia. Al llarg dels anys analitzats hi ha hagut canvis estructurals de la infraestructura de la via, com és l'amplada i la creació de passos de fauna. Pel que fa als seus usos del sòl associats no hi ha hagut canvis, més bé un abandonament dels camps de conreus sense forestació progressiva.

* Carretera Maó-Ciutadella, Me-1 de 45 km (Fig. 4b), és la carretera principal que travessa tota l'illa, començant a Maó i finalitzant a Ciutadella. Es tracta d'una via molt transitada que presenta dos carrils majoritàriament amples. La totalitat de la via es troba limitada per parets seques, algunes a distàncies superiors als 20 m, coincidint a la zona de servitud de carreteres, i ocupades per vegetació de tipus arbustiu. La via en gran part del seus trams presenta voravies i sols travessa ANEI a la zona de Ferreries. Al llarg del recorregut la via envolta 3 municipis, Ferreries, es Mercadal i Alaior, i es configura com l'eix vertebrador de la xarxa viària de l'illa, presentant trams rectilinis que travessen principalment per zones de camps i terres agrícoles, i connecten amb altres vies menors i entrades a llocs. En el darrer any s'han realitzat obres

de millora al llarg de la via, eixamplant la secció en el tram de Ferreries a Ciutadella i entre Maó i Alaior, tot i que aquests darrer tram no està acabat. També s'han realitzat alguns passos de fauna associats a les noves obres. Els canvis d'usos del sòl no són destacables.

* Carretera Ferreries a Cala Galdana, Me-22 de 7,5 km (Fig. 5A). Aquesta enllaça la carretera Me-1 amb cala Galdana. Es tracta d'una via relativament estreta. Està delimitada per pedra en sec, ja sigui a les voravies o a les zones associades a talussos. Travessa per diferents zones ANEI i cal destacar nombrosos passos de fauna agrícola entre finques fragmentades per la via. La via confronta majoritàriament amb camps de cultiu en estat d'abandonament o aforestació. Al llarg dels anys analitzats no hi ha hagut canvis estructurals o de millores de la infraestructura de la via ni canvis d'usos del sòl.

* Carretera Alaior a es Migjorn Gran, Me-16 de 3,91 km (Fig. 5B). Aquesta enllaça el tram de la carretera Me-1 que es troba prop d'Alaior amb la meitat de la Me-18 que arriba fins es Migjorn Gran. És una via curta, relativament ampla, que es troba envoltada, majoritàriament, per camps de conreu amb delimitació de paret seca i vegetació de tipus arbustiu. Al llarg dels anys analitzats no hi ha hagut canvis estructurals o de millores de la infraestructura de la via ni canvis d'usos del sòl vinculats als seus entorns més immediats.

* Carretera es Mercadal a Fornells, Me-15 de 9,02 km. És una carretera força estreta i sense voravies que connecta es Mercadal amb Fornells. La via presenta diversos trams rectes i travessa principalment per camps que es troben delimitats per murs de pedra i algunes zones boscoses. Al llarg dels anys analitzats no hi ha hagut canvis de millores de la infraestructura de la via ni canvis d'usos del sòl.

* Carretera Ferreries a es Migjorn Gran, Me-20 de 6,76 km. És tracta d'una via estreta, amb doble sentit de circulació, sense voravies o bé voravies molt estretes. Travessa principalment per zones agràries, tot i que algun tram trobem ambients boscosos. Al llarg dels anys analitzats hi ha hagut canvis estructurals o de millores de la infraestructura de la via en un tram concret amb l'amplada de la secció de la via. Pel que fa als usos del sòl associats no hi ha hagut canvis en la seva cobertura.

* Carretera Ciutadella al cap d'Artrutx, Me-24 de 4,5 Km. És una carretera estreta que presenta majoritàriament trams força rectilinis. La via travessa per diversos camps de conreus, molts d'ells en estat



d'abandonament amb una delimitació de la via per paret seca. Al llarg dels anys analitzats no hi ha hagut canvis estructurals o de millores de la infraestructura de la via ni canvis d'usos del sòl.

* Carretera de Sant Lluís a es Castell, Me-6 de 4,9 km. Aquesta uneix els dos nuclis urbans per una via secundària. Es troba envoltada per ambients agrícoles i per camps i està delimitada per paret seca i sense voravia. Al llarg dels anys analitzats no hi ha hagut canvis estructurals o de millores de la infraestructura de la via ni canvis d'usos del sòl.

Resultats

Es presenten els resultats de les campanyes d'estiu i tardor dels anys 2003 i 2018 referents als grups més afectats: els mamífers. En concret, l'erizó (*Atelerix algirus vagans*), va suposar una mortalitat el 2003 del 41,5% de la fauna analitzada i el 2018 del 53,6%. Segons les dades obtingudes per Roig-Munar & Comas-Lamarca (2003), la màxima abundància i diversitat d'espècies atropellades va ocórrer a l'estiu, amb més de la meitat de tots els mamífers atropellats al llarg de l'any (55,5%) i de totes les espècies mostrejades (13 en total); a la tardor la mortalitat era una quarta part del total amb 8 espècies diferents. Segons les dades de García-Vendrell (2018) al llarg de la campanya es van quantificar 579 animals morts, on amb l'aplicació del factor d'estacionalitat, no s'observà una marcada diferència pel que fa a l'índex de mortalitat de l'estiu (0,61) respecte al de la tardor (0,47). Els resultats exposats en aquest

treball corresponen a 9 carreteres de l'illa (Taula 1, Fig. 2). Ambdós estudis, juntament amb el del GOB (2001) estableixen l'erizó com l'espècie més afectada per la sinistralitat de fauna a les carreteres de l'illa (Fig. 6).

A la Taula 2 es presenten els valors dels individus d'erizó comptabilitzats a les 9 carreteres mostrejades (Fig. 2) en temporada d'estiu i tardor dels anys 2003 i 2018. Per poder realitzar un estudi comparatiu d'ambdós treballs es sintetitzen els valors per equiparar-los amb l'aplicació de l'índex o taxa de mortalitat de cada tram, seguint la metodologia de Seijas et al. (2013), on la taxa de mortalitat equival al nombre d'individus morts dividit pels km de la via mostrejada.

Observem que els màxims atropellaments es donen en els períodes de màxima activitat de l'espècie, durant el període reproductor, els mesos d'estiu, juliol i agost, llevat de casos puntuals, com és el cas de la via Me-24, on la taxa és la mateixa a l'estiu i a la tardor de 2018, però força incrementada, en 2 punts, entre la tardor de 2003 i de 2018. La taxa de mortalitat estimada presenta un patró similar per tipologia de carreteres amb poques diferències entre el 2003 i 2018. Aquest fet, que quinze anys després les taxes de mortalitat són similars, ens pot fer pensar que la població es troba relativament estable. En alguns casos, tal i com esmentava García-Vendrell (2018), pot indicar estimacions a la baixa degut a les freqüències de mostreig, podent establir que les taxes establertes no presenten grans diferències per tipologia de carreteres i temporades malgrat els períodes de mostreig presenten diferències (Fig. 7). En

Individus comptabilitzats					Taxa de mortalitat				
<i>Specimens detected</i>					<i>Mortality rate</i>				
Via	Estiu 2003	Tardor 2003	Estiu 2018	Tardor 2018	Estiu 2003	Tardor 2003	Estiu 2018	Tardor 2018	2003-2018
Road	Summer 2003	Autumn 2003	Summer 2018	Autumn 2018	Summer 2003	Autumn 2003	Summer 2018	Autumn 2018	2003-2018
Me-5	4	1	6	1	0,6	0,2	0,9	0,2	0,5
Me-12	7	2	7	4	1,3	0,4	1,3	0,7	0,9
Me-1	46	31	42	29	1,0	0,7	0,9	0,6	0,8
Me-22	8	3	13	4	1,3	0,5	2,2	0,7	1,2
Me-16	14	4	11	3	3,6	1,0	2,8	0,8	2,1
Me-15	18	7	19	8	4,5	1,8	4,8	2,0	3,3
Me-20	5	3	5	2	1,2	0,7	1,2	0,5	0,9
Me-24	13	3	12	12	2,9	0,7	2,7	2,7	2,2
Me-6	1	2	1	3	0,2	0,5	0,2	0,7	0,4
Promig					1,8	0,7	1,9	1,0	1,8

TAULA 2. Mostrejos d'erizons atropellats a les 9 carreteres (2003 i 2018) i taxes de mortalitat.

Road-kill hedgehog in the 9 studied roads (2003 i 2018) and road-kill rate.

nombres absoluts els individus mostrejats presenten similars nombres en captures a l'estiu i tardor de 2003 i 2018, on la mitjana de la taxa de les 9 carreteres varia entre 0,1 a l'estiu i 0,3 a la tardor (Taula 2).

Cal fer esment que al llarg dels mostrejos (2003 i 2018) les carreteres analitzades no foren objecte d'obres d'adequació per la millora dels corredors ecològics ni passos de fauna. Podem observar a la Fig. 7 i a la Taula 2 que la variabilitat entre anys és escassa pel que fa a taxa de mortalitat de 6 carreteres, mentre que les carreteres Me-22, Me-16 i Me-15 presenten diferències poc significatives en període estival de 2003 amb puntes de la taxa a l'estiu en dues carreteres, mentre que a la Me-16 és a l'estiu de 2018. Dues de les tres carreteres presenten un patró comú de tipus de secció i voravia, la Me-22 i Me-15, mentre que la Me-16 presenta una secció tipus més ample, amb voravies i rectes, tot i que aquests fets no permeten explicar les diferències, i aquestes sembla que s'han d'atribuir a les freqüències de mostreig.

Relació amb intensitat mitjana diària (IMD)

En base als resultats exposats és d'esperar que la taxa d'atropellament sigui força més elevada, especialment per a la temporada alta, període en el qual l'activitat turística s'estén arreu de l'illa, el que sovint sobreesatura la xarxa viària de vehicles, i coincideix amb la màxima activitat biològica de l'espècie. L'aplicació de l'índex d'atropellaments i la freqüència d'aquests depenen d'una sèrie de factors com puguin ser la densitat de vehicles que circulen, la velocitat, l'amplada de les vies i/o l'espai natural pel qual travessen les vies (Arroyave et al., 2006) i la sinuositat de la via. Segons Roig-Munar & Comas-Lamarca (2003) l'increment de mortalitat a l'illa es dispara entre la primavera i l'estiu, en superar una IMD de 10.000 vehicles/dia, que es considera que és el límit de permeabilitat de les carreteres per a la fauna (Rosell & Álvarez, 2003; Carretero & Rosell, 2000). Per a IMD superiors a 10.000 vehicles/dia la carretera és una barrera pràcticament infranquejable i pocs individus intenten creuar-la i, per als que ho



FIGURA 6. Imatges d'erizons (*Atelerix algirus vagans*) atropellats l'estiu de 2019, entre juliol i agost, a la xarxa viària de Menorca.

Photos of runed-over Hedgehogs (*Atelerix algirus vagans*) in 2019 summer, between July and August, at the Menorca road network.

fan, les possibilitats d'aconseguir-ho són molt baixes (Müller & Berthaud, 1997). Si es té en compte que, a més, els animals més afectats i analitzats en aquest treball, els eriçons (Figs. 1 i 6), tenen un comportament lent, nocturn i que es queden aturats un cop enlluernats pels vehicles, s'explica aquest increment tan gran de la mortalitat estiuenca com en l'annual (Comas-Lamarca et al., 2004). Aquest augment no és directament proporcional a l'increment de la circulació, sinó que respon al fet de superar la barrera dels 10.000 vehicles/dia, a la tipologia de la via i a la característica d'aquesta pel que fa a la seva accessibilitat i no a la seva secció.

Per establir la relació entre la IMD i la taxa de mortalitat de la via s'han pres com a referència les dades de les estacions de la carretera Me-1 de l'any 2003, de la carretera Me-22 i Me-24 de l'any 2006 per analitzar les taxes del treball de Roig-Munar & Comas-Lamarca (2003) i les dades de l'any 2015 pel treball de García-Vendrell (2018). El criteri de selecció d'aquestes dades ha estat motivat per la presència de dades contínues de les tres carreteres. En general es poden observar (Taula 3, Fig. 8A) uns índexs d'atropellament més elevats pels mesos d'estiu que pels mesos de la tardor. Les dades IMD poden servir, en certa manera, per relacionar la taxa d'atropellament de la fauna amb el trànsit de la xarxa viària.

Els resultats, a priori, semblen que mostren unes tendències similars pel que respecta a les dades IMD i les taxes d'atropellament de la fauna per temporada i any (2003-2018), on els valors IMD són més elevats durant l'estiu que a la tardor, tot i no ser la relació mortalitat IMD homogènia (Fig. 8A). Observem que en les taxes d'atropellament els valors més alts es concentren a l'estiu, i algunes es troben associades als llindars de 10.000 vehicles dia, destacant les carreteres Me-1 i Me-24 que presenten majors IMD i que coincideixen amb la carretera principal de l'illa i amb una carretera d'accés a una zona turística i zones residencials.

S'observa a la Fig. 8B que algunes carreteres amb menor densitat de vehicles, coincidint amb la tardor, presenten majors taxes d'atropellament; aquestes són atribuïbles a la tipologia de via i els entorns més immediats, com ara usos del sòl, sinuositat de la via i a la presència de voravies. Aquesta poca correlació entre dades fa pensar que la mortalitat de l'erizó a les carreteres no només es veu condicionada per la quantitat de vehicles circulants a l'illa, especialment per la circulació nocturna, sinó també per altres factors biòtics i abiòtics que s'han de tenir presents, entre els que

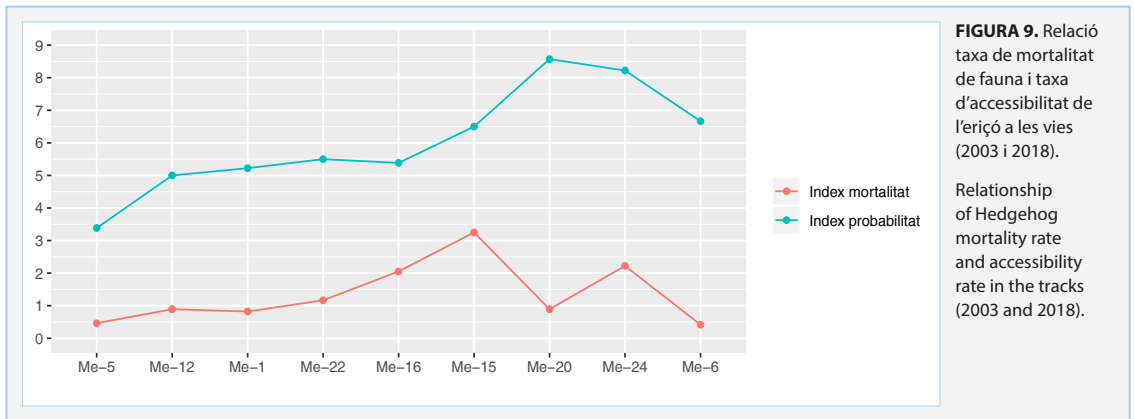
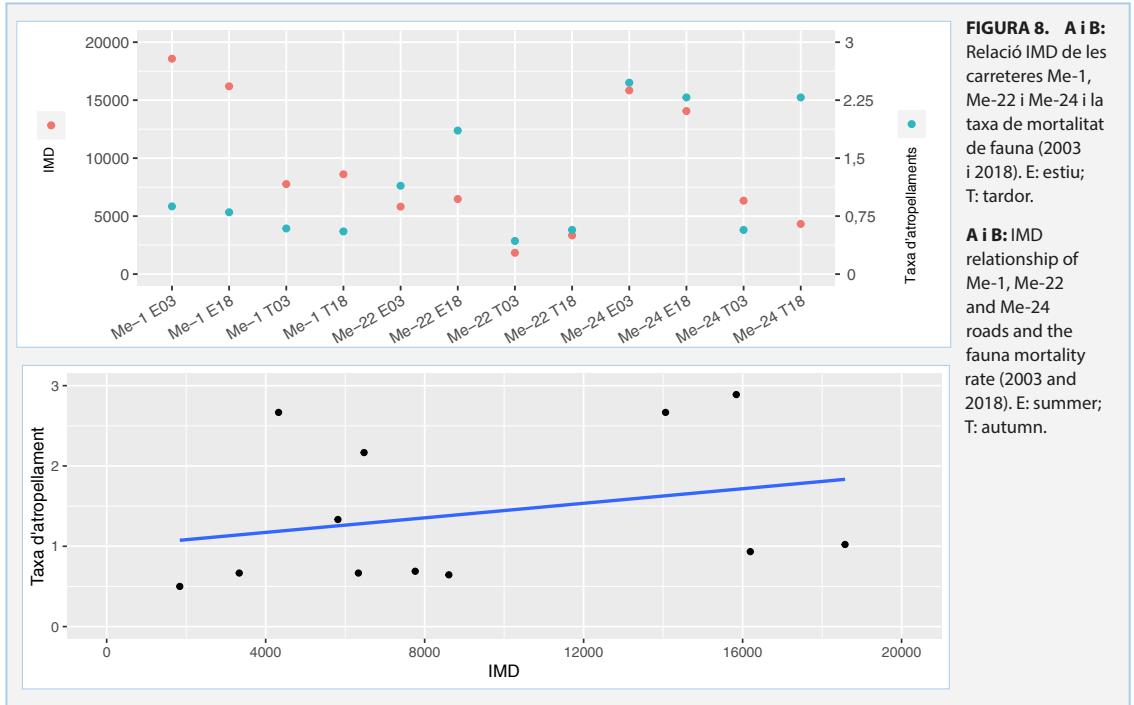
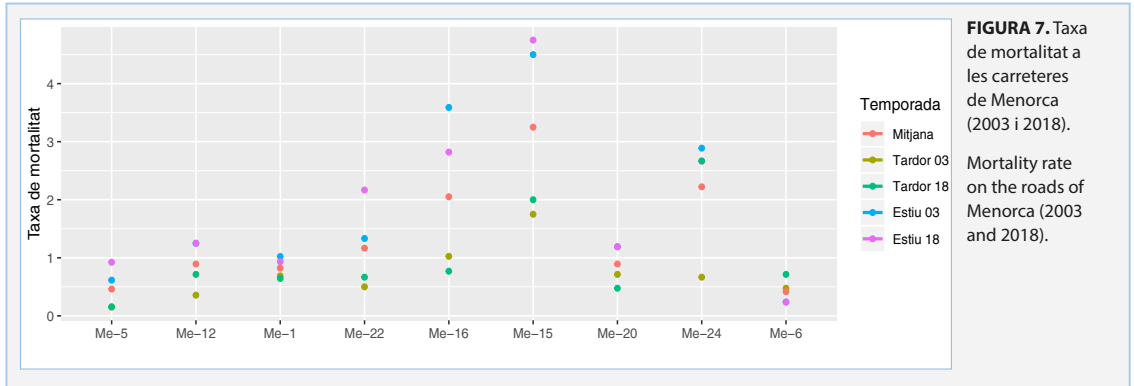
caldria destacar la velocitat. També els resultats de la Fig. 8B no confirmen en el cas de l'illa les postulacions de Rosell & Álvarez (2003) i Carretero & Rosell (2000) que esmenten que l'increment de mortalitat s'incrementa en superar una IMD de 10.000 vehicles/dia, límit de permeabilitat de les carreteres per a la fauna, ja que les carreteres amb major densitat presenten valors de mortalitat inferiors a les de menor trànsit.

Relació amb aspectes d'accessibilitat de la fauna a la via

En base a les dades observades (Figs. 7, 8A i 8B) es tendeix a pensar que la mortalitat de fauna de l'erizó no només es veu condicionada per la quantitat de vehicles que hi circulen, sinó també per altres factors biòtics i abiòtics associats a les immediacions de la via. Considerant les dades obtingudes entre mortalitat de fauna i IMD s'observa que no hi ha una relació directa en algunes vies que tot i no superar el llindar de 10.000 vehicles/dia, la taxa de mortalitat segueix elevada en períodes d'estiu i tardor, més encara quan la majoria dels vehicles que circulen ho fan de dia, que és quan l'erizó no presenta activitat biològica.

Per establir una taxa de probabilitat d'accés a la via adaptat a l'erizó, i partint de la base que les carreteres mostrejades presenten totes, excepte, i de forma parcial, la via Me-5 (Taula 1), una delimitació amb paret seca o afloraments rocallosos (fet que dificulta l'accés a la via per part de l'erizó) es proposa en aquest treball l'anàlisi de la permeabilitat o accessibilitat d'aquestes. Per establir aquesta permeabilitat es parteix de la premissa que les carreteres no han sofert entre 2003 i 2018 modificacions dels accessos a la via, és per açò que es pren com a referència el nombre d'accessos a la via; portells, camins rurals o tanques agràries, que permeten el trànsit de l'erizó, i es divideix pels Km mostrejats, seguint la metodologia de Seijas et al. (2013), obtenint una taxa de la possibilitat de sinistralitat de l'erizó associada a cada via i als usos del sòl associats (Fig. 2).

El resultat reflectit a la Fig. 9 mostra una relació directa amb la taxa de sinistralitat i la taxa de probabilitat d'accés a la via i l'entorn més immediat. Aquesta relació és homogènia per totes les vies excepte per la carretera Me-20, corresponent a la carretera de Migjorn a Ferreries, que transcorre per un espai mosaic agroforestal amb una carretera sense voravies i força sinuosa, així com la presència de dos nuclis rurals o hortals, àmbits força freqüentats per l'erizó, fet que



pot afavorir la sinistralitat agreujada pel nombre d'accessos a la via associats a finques d'extensions considerables. Així mateix la via Me-6, entre St. Lluís i es Castell, també presenta una relació inversa i pot ser degut al tractar-se d'una carretera amb accessos a nombroses cases rurals i hortals, ambients favorables a l'eríçó, i una via sinuosa i sense voravies. Apreciem que hi ha més relació entre la probabilitat d'accés per part de l'eríçó a la via que no amb la IMD (Fig. 8A-B), ja que els hàbits nocturns de l'eríçó es troben més influenciats per la presència d'habitats, per l'accés a la via i la presència de voravies que no a la IMD.

Conclusions

Els resultats exposats en aquest treball són una comparativa de les taxes de mortalitat d'eríçons a les carreteres de Menorca realitzats l'any 2003 i l'any 2018. La consulta de l'estudi de García-Vendrell (2018) posa de manifest bé una manca de coordinació o coneixement, per part de l'administració contractant, dels documents de la mateixa natura existents al propi departament (GOB, 2001; Roig-Munar & Comas-Lamarca, 2003), o bé una manca d'interès en determinar l'estat de la qüestió, fet demostrat en la consulta del buidat bibliogràfic del treball de García-Vendrell (2018) on es posa de manifest que es consultà l'article Monserrat & Pons (2017), que cita el treball de Roig-Munar et al. (2012) sobre la mortalitat de fauna a les carreteres de Menorca.

Metodològicament els dos treballs parteixen de mostres amb temporalitat i freqüències diferents, i que no han pogut ser testades els seus possibles marges d'error en les dues temporades comparades. Malgrat tot, un cop realitzada la comparativa, es considera necessari seguir amb l'anàlisi de mortalitat de fauna. Com a mínim a les 9 carreteres ja mostrejades, amb un mínim 2 mostres per cadascuna de les 4 temporades anuals i la rèplica a 7-8 dies per evitar la pèrdua d'informació de la fauna atropellada per rodadura o carronyisme i de forma bianual. D'aquesta manera es podria fer el seguiment respecte als dos treballs esmentats i tindre una visió de l'evolució de la situació.

La major mortalitat es dona en els períodes de màxima activitat de l'espècie, durant el període reproductor (juliol i agost). El patró d'atropellament o sinistralitat es repeteix en els anys analitzats. Malgrat tot no es troba una relació directa entre IMD i taxa de mortalitat degut a les conductes nocturnes de l'eríçó i a les tipologies de les vies. L'estudi determina que els

patrons d'atropellament es troben més lligats a condicions externes com són la velocitat dels vehicles i l'accessibilitat de la via a nuclis turístics o residencials. Les rutes que discorren per espais naturals protegits no incrementen el seu efecte sobre les poblacions d'eríçó a causa de la major diversitat i densitat d'animals existents. Fora d'aquestes àrees, la fragmentació i els canvis de sòls i infraestructures agràries antròpiques, com portells, camins i cases rurals, promouen la dispersió dels eríçons entre l'hàbitat fragmentat augmentant la seva sinistralitat.

L'estudi comparatiu pot ser pres com a base per establir que les poblacions d'eríçons a l'illa són estables, en base a les taxes de mortalitat determinades a les dues campanyes de tardor i estiu de l'any 2003 i 2018. Si les dades de mortalitat s'han mantingut i les variables associades a les vies (IMD, passos de fauna, millores viàries i usos del sòl) no han canviat al llarg de les darreres dècades, això pot ser un indicador de l'estabilitat de la població. Malgrat tot, atesa la manca d'estudis poblacionals, aquesta hipòtesi és plausible però no està testada.

L'índex de probabilitat d'atropellament dissenyat en aquest treball pot ser una bona eina per estimar la mortalitat. No obstant això, sols és aplicable a territoris com ara les illes Balears on les carreteres es troben delimitades per infraestructures físiques no poroses, com són les parets seques.

Bibliografia

- Alcover, J.A & Jaume, B. 1983.** Sobre el mostel, *Mustela nivalis* Linnaeus 1758 de les Calears (Carnivora, mustelidae). Bolletí Societat Història Natural Balears, 27: 145-164.
- Álvarez, G. 2003.** Efectos de las infraestructuras lineales de transporte. *Ecologista*, 37: 56-59.
- Amori, G., Hutterer, R., Kryštufek, B., Yigit, N., Mitsain, G. & Palomo, L. J. 2008.** *Atelerix algirus*. In: IUCN 2012. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2012.2.
- Arroyave, M. D. P., Gómez, C., Gutiérrez, M. E., Múnera, D. P., Zapata, P. A., Vergara, I. C. & Ramos, K. C. 2006.** Impactos de las carreteras sobre la fauna silvestre y sus principales medidas de manejo. *Revista Eia*, 5: 45-57.
- Bager, A. & Rosa, C. A. 2010.** Priority ranking of road sites for mitigating wildlife roadkill. *Biota Neotropica*, 10: 149-153.
- Bergers P. & Nieuwenhuizen W. 1999.** Viability of hedgehog populations in central Netherlands. *Lutra*, 42: 65-76.
- Birkan, M., Avignon, T., Reitz, F. & Vignon, V. 1994.** Influence d'un autoroute sur les succès reproducteur de la Perdrix grise (*Perdix perdix*) en plaine de Grande Culture. *Gibier Faune Sauvage, Game Wild*, 11: 207-218.
- Blanco, J. C. 1998.** Insectívoros, Quirópteros, Primates y Carnívoros de la península Ibérica, Baleares y Canarias. Geoplaneta. Barcelona.

- Cahill, S., Llimona, F., Tenés, A., Carles, S. & Cabañeros, L.I.** 2011. Radioseguimiento post recuperación de erizos europeos (*Erinaceus europaeus* Linnaeus, 1758) en el Parque Natural de la Sierra de Collserola (Barcelona). *Galemys*, 23 (núm especial): 63-72.
- Carvalho, F. & Mira, A.** 2011. Comparing annual vertebrate road kills over two time periods, 9 years apart: a case study in Mediterranean farmland. *European Journal of Wildlife Research*, 57: 157-174.
- Carretero, M.A. & Rosell, C.** 2000. Incidencia del atropello de anfibios, reptiles y otros vertebrados en un tramo de carretera de construcción reciente. *Bol. Asoc. Herpetol. Esp.*, 11: 40-44.
- Clevenger, A. P., Chruszcz, B., Gunson & K. E.** 2003. Spatial patterns and factors affecting small vertebrate fauna road-kill aggregations. *Biological Conservation*, 109: 15-26.
- Comas-Lamarca, E., Roig, F. X., Gañán, M., Vila, A. & Cots, R.** 2004. Estimació de la taxa de mortalitat de fauna a les carreteres de Menorca. In: Pons, G.X. (edit.) IV Jornades de Medi Ambient de les Illes Balears, Soc. Hist. Nat. Balears: 114-116.
- Corbet, G. B.** 1988. The family Erinaceidae: a synthesis of its taxonomy, phylogeny, ecology and zoogeography. *Mammal review*, 18(3): 117-172.
- Cramer, P., Olsson, M., Gadd, M. E., van der Ree, R. & Sielecki, L. E.** 2015. Transportation and large herbivores. *Handbook of Road Ecology*: 344-352.
- Cuyckens, G. A. E., Mochi, L. S., Vallejos, M., Perovic, P. G. & Biganzoli, F.** 2016. Patterns and Composition of Road-Killed Wildlife in Northwest Argentina. *Environmental management*, 58: 810-820.
- D'Amico, M., Román, J., De los Reyes, L. & Revilla, E.** 2015. Vertebrate roadkill patterns in Mediterranean habitats: who, when and where. *Biological Conservation*, 191: 234-242.
- da Rosa, C.A. & Bager, A.** 2012. Seasonality and habitat types affect roadkill of neotropical birds. *Journal of Environmental Management*, 97: 1-5.
- da Silva-Oliveira, D. & da Silva, V.M.** 2012. Vertebrados silvestres atropelados na BR 158, RS, Brasil. *Biotemas*, 25: 229-235.
- de Freitas, C. H., Justino, C. S. & Setz, E. Z.** 2015. Road-kills of the giant anteater in south-eastern Brazil: 10 years monitoring spatial and temporal determinants. *Wildlife Research*, 41: 673-680.
- De Pablo, F.** 2004. Bases ecológicas para la elaboración de un plan de recuperación de la población de milanos reales, *Milvus milvus*, en Menorca. Tesis doctoral. Dpto. De Biología Animal (Vertebrados), Facultad de Biología, Universidad de Barcelona.
- De Pablo, F.** 2017. Electrocuación de aves en tendidos eléctricos en la Reserva de Biosfera de Menorca. Años 2016-17. Informe técnico 06/2017. Departament de Medi Ambient i Reserva de Biosfera. Consell Insular de Menorca 43 pp.
- Doncaster, C. P.** 1994. Factors regulating local variations in abundance: field tests on hedgehogs, *Erinaceus europaeus*. *Oikos*, 69: 182-192.
- Douady, C. J., Chatelier, P. I., Madsen, O., de Jong, W. W., Catzeflis, F., Springer, M. S., & Stanhope, M. J.** 2002. Molecular phylogenetic evidence confirming the Eulipotyphla concept and in support of hedgehogs as the sister group to shrews. *Molecular phylogenetics and evolution*, 25(1): 200-209.
- Erickson, W. P., Jonson, G. D. & Young, D. P.** 2005. A Summary and Comparison of Bird Mortality from Anthropogenic Causes with an Emphasis on Collisions. *USDA Forest Service Gen. Tech. Rep.* PSW-GTR-191.
- Fahrig, L. & Rytwinsky, T.** 2009. Effects of roads on animal abundance: an empirical review and synthesis. *Ecol. and Soc.*, 14: 21.
- Ferreras, P.; Aldama, J. J.; Beltrán, J. F. & Delibes, M.** 1992. Rates and causes of mortality in a fragmented population of Iberian lynx *Felis pardina* in Spain. *Biological conservation*, 61: 197-202.
- Forman, R. T. T. & Alexander, L. E.** 1998. Roads and their major ecological effects. *Ann. Rev. Ecol. Syst.*, 29: 207-231.
- Forman, R. T. T.** 1995. *Land mosaic. The ecology of landscapes and regions.* Cambridge University Press. London.
- Forman, R. T. T., Sperling, D., Bissonette, J. A., Clevenger, A. P., Cutshall, C. D. & Dale, V. H.** 2003. *Road ecology: science and solutions.* Islands Press. Washington.
- García-Vendrell, M.** 2018. Seguiment de la mortalitat de fauna a les carreteres de Menorca. Informe tècnic, 59 pp. Consell Insular de Menorca. Menorca, Illes Balears.
- García, D.** 2011. Efectos biológicos de la fragmentación de hábitats: nuevas aproximaciones para resolver un viejo problema. *Ecosistemas*, 20 (2-3): 1-10.
- Garnica, R. & Robles, L.** 1986. Seguimiento de la mortalidad de erizos, *Erinaceus europaeus*, producida por vehículos en una carretera de poca circulación. *Misc. Zool.*, 10: 406-408.
- Garriga, N., Franch, M., Santos, X., Montori, A. & Llorente, G. A.** 2017. Seasonal variation in vertebrate traffic casualties and its implications for mitigation measures. *Landscape and Urban Planning*, 157: 36-44.
- Gayà, C. & Pons, G. X.** 2018. Anàlisi de la sinistralitat de l'Òliba, *Tyto alba* (Scopoli, 1769), a l'illa de Mallorca. *Bolletí de la Societat d'Història Natural de les Balears*, 61: 91-111.
- GOB (Grup d'Ornitologia de les Balears)** 2001. Memòria del projecte seguiment de la mortalitat de vertebrats en carretera. 10 pp. Consell Insular de Menorca. Menorca.
- Gosálbez, J.** 1987. Insectívors i rosegadors de Catalunya. Metodologia d'estudi i catàleg faunístic. Ketres Editora, S.A.
- Gurrutxaga, M. & Lozano, P. J.** 2010. Efectos de la fragmentación de hábitats y pérdida de conectividad ecológica dentro de la dinámica territorial. *Polígonos. Revista de Geografía*, 16: 35-54.
- Hainard, R.** 1971. *Mammifères sauvages d'Europe I: Insectivores, Chéiroptères, Carnivores.* Ed. Delachaux. Neuchatel. <http://www.gobmenorca.com/cibervol> (consultat el 14 d'agost de 2019)
- Hodson, N.L.** 1960. A survey of vertebrate road mortality 1959. *Bird Study*, 7: 224-231.
- Hodson, N.L.** 1962. Some notes on the casualties of bird road casualties. *Bird Study*, 9: 168-173.
- Hutterer, R.** 1983. Über den Igel (*Erinaceus algirus*) der Kanarischen Inseln. *Zeitschrift für Säugetierkunde*, 48: 257-265.
- Ibisch, P. L., Hoffmann, M. T., Kreft, S., Peter, G., Kati, V., Biber-Freudenberger, L., DellaSala, D. A., Vale, M. M., Hobson, P. R. & Selva, N.** 2016. A global map of roadless areas and their conservation status. *Science*, 354: 1423-1427.
- luell, B., Bekker, H., Cuperus, R., Dufek, J., Hlavac, V., Keller, V., Rosell, C., Sangwine, T., Torslow, & N. Wandall, B.** 2005. Fauna y Tráfico. Un manual europeo para la identificación de conflictos y el diseño de soluciones. Servicio de Publicaciones. Organismo Autónomo Parques Nacionales, Ministerio de Medio Ambiente. Madrid.
- Jacobson, S. L.** 2005. Mitigation Measures for Highway-caused Impacts to Birds. *USDA Forest Service Gen. Tech. Rep.* PSW-

- GTR-191.
- Johnson, L., Pons, G. X. & Roig-Munar, F. X. 2012.** L'erició africà, *Atelerix algirus* (Lereboullet, 1842) (Erinaceidae), i els passos de bestiar canadencs del Cap de Cavalleria (Es Mercadal, Menorca). Bolletí de la Societat d'Història Natural de les Balears, 54: 139-148.
- Khalidi, M., Ribas, A., Barech, G., Hugot, J. P., Benyettou, M., Albane, L., Arrizabalaga, A. & Nicolas, V. 2016.** Molecular evidence supports recent anthropogenic introduction of the Algerian hedgehog *Atelerix algirus* in Spain, Balearic and Canary islands from North Africa. *Mammalia*, 80 (3), 313-320.
- Lange, M. 1985.** Introducción a la biología del erizo moruno de las islas Baleares. Memoria de Licenciatura. Universitat de Barcelona.
- Lapini, L. 1999.** *Atelerix algirus*. In: A. J. Mitchell-Jones, G. Amori, W. Bogdanowicz, B. Kryštufek, P. J. H. Reijnders, F. Spitzberger, M. Stubbe, J. B. M. Thissen, V. Vohralík, and J. Zima (eds), *The Atlas of European Mammals*, Academic Press. London.
- Mayol, J. 1992.** Mortalidad de *Tarentola mauritanica* en caminos rurales de Menorca. Nota preliminar. *Bol. Asoc. Herp. Esp.*, 3: 25-26.
- Monroy, M. C. 2015.** Tasa de atropellamiento de fauna silvestre en la vía San Onofre-María la baja, Caribe Colombiano. *Revista de la Asociación Colombiana de Ciencias Biológicas* 1.
- Montserrat, B. & Pons, G. X. 2017.** Anàlisi de les causes accidentals de mortalitat de rapinyaires a Mallorca des del 2004 al 2016. Bolletí de la Societat d'Història Natural de les Balears, 60: 149-169.
- Müller, S & G. Berthoud 1997.** Fauna and traffic safety. Lausanne, CH: LAVOC.
- Muntaner, J. 2004.** *Bufo viridis* (Laurenti, 1768). Sapo verde. Atlas y Libro Rojo de los Anfibios y Reptiles de España. Tercera impresión. Dirección General de Conservación de la Naturaleza, Asociación Herpetológica Española, Madrid, 110-113.
- Negro, J. J., Ferrer, M., Santos, C. & Regidor, S., 1989.** Eficacia de dos métodos para prevenir electrocuciones de aves en líneas eléctricas de distribución. *Ardeola*, 36: 201-206.
- Noss, R. 2002.** The ecological effects of roads. <http://www.eco-action.org/dt/roads.html> (consultat el 13 d'agost de 2019).
- Palazón, S., Gómez, A. & López de Luzuriaga, J. 2008.** Non natural mortality of European mink (*Mustela lutreola*) in northern Spain. Pòster presentat al Colloque Les mammifères semi-aquatiques des Pyrénées. De la connaissance à la conservation. Saint-Girons, Ariège (França), 5-8 de juny de 2008.
- Palomo, L. J. & Gisbert, J. 2002.** Atlas de los mamíferos terrestres de España. Dirección General de Conservación de la Naturaleza. SECEM-SECEMU, Madrid.
- Parkes, J. 1975.** Some aspects on the biology of the hedgehog, (*Erinaceus europaeus* L.) in the Manawatu, New Zeland. *New Zeland Journal of Zoology*, 2: 463-472.
- Parpal, L. 2004.** Causes d'entrada d'aus al centre de recuperació de fauna silvestre del COFIB 2003-04. Anuari ornitològic de les Balears, 19: 79-98.
- Pérez-Serra A, Vidal O., Sanz N., Pla C. & Roig-Munar F. X. 2008.** Molecular phylogeny of *Atelerix algirus* (Moruno hedgehog) based in 12S ribosomal RNA gene. Foro internacional. Patrimonio Natural y Territorio. San Cristóbal de las Casas, Chiapas (Màxic) presentación en poster.
- Pinya, S., Trenado, S., Parpal, LI & Negre, N. 2008.** Dades preliminars sobre la mort per atropellament de *Martes martes* a les carreteres de Mallorca. Llibre de resums de les V Jornades de Medi Ambient de les Illes Balears. Societat d'Història Natural de Balears, pp 130-131.
- Reeve, N. 1994.** Hedgehogs Poyser Natural History, London.
- Rodríguez, A. & Delibes, M. 1992.** Current range and status of the Iberian lynx *Felis pardina* in Spain. *Biological conservation*, 61: 189-196.
- Roig-Munar, F. X. & Comas-Lamarca, 2003.** Anàlisi de la mortalitat de fauna a les carreteres de Menorca. Informe tècnic. 123 pp. Consell Insular de Menorca. Menorca, Illes Balears.
- Roig-Munar, F. X., Comas-Lamarca, E., Vila, A. & Gañán, M. 2004.** Estimació de les espècies més directament afectades per la circulació rodada a l'illa de Menorca. In: Pons, G.X. (edit.) IV Jornades de Medi Ambient de les Illes Balears, Soc. Hist. Nat. Balears, 112-113.
- Roig-Munar, F. X., Pons, G. X. & Comas Lamarca, E. 2012.** Anàlisi de la mortalitat de vertebrats a les carreteres de Menorca. Bolletí de la Societat d'Història Natural de les Balears, 55: 75-98.
- Rosell, C. & Álvarez, G. 2003.** La fragmentación del hábitat en relación con las infraestructuras de transporte en España. Informe nacional Acción COST 341. Comisión Europea-DGCN-U. Barcelona.
- Rosell, C. 2018.** Carreteres i conservació de la biodiversitat: oportunitats per a la desfragmentació d'hàbitats en el manteniment de vies existents. Llibre de ponències i resums de les VII Jornades de Medi Ambient de les illes Balears, Societat d'Història Natural de Balears: 35-37.
- Rosell, C., Álvarez, G., Cahill, S., Campeny, R., Rodríguez, A. & Seiler, A. 2003.** La fragmentación del hábitat en relación con las infraestructuras de transporte en España. 349 pp. O.A. Parques Nacionales. Ministerio de Medio Ambiente. Madrid.
- Rosell, C., Parpal, J., Campeny, R., Jové, S., Pasquina, A. & Velasco, J. M. 1997.** Mitigation of Barrier Effect of Linear Infrastructures to Wildlife. In: Canters (Ed.) *Habitat Fragmentation & Infrastructures*. Proceedings of the International Conference on Habitat Fragmentation, Infrastructures and the Role of Ecological Engineering, 17-21 September 1995, Maastricht and The Hague, The Netherlands: 367-372.
- Roselló-Melis, R. 2016.** Fragmentación de hábitats protegidos por infraestructuras viarias de transporte en Mallorca: evaluación, diagnóstico y propuestas de gestión. 39 pp. Memòria de treball de fi de grau, Universitat de les Illes Balears.
- Roselló-Melis, R. & Lorenzo-Lacruz, J. 2017.** Natura 2000 network fragmentation caused by road infrastructures in Mallorca. *Cuadernos de Investigación Geográfica*, 43 (1): 329-349
- Ruiz-Romero, S. 1995.** Eriçó fosc. *Erinaceus europaeus* L., 1758. In: Ruiz-Olmo, J. i Aguilar, A. (eds). *Els grans mamífers de Catalunya i Andorra*. 37-41. Lynx Edicions. Barcelona.
- Santos, T. & Tellería, J. 2006.** Pérdida y fragmentación del hábitat: efecto sobre la conservación de las especies. *Ecosistemas*, 15(2): 3-12.
- Saunders, D. A., Hobbs, R. J. & Margules, C. R. 1991.** Biological consequences of ecosystem fragmentation: a review. *Conserv. Biol.*, 5: 18-32.
- Scottish Natural Heritage, 2008.** <http://www.snh.org.uk/pdfs/news/nwuwp03.pdf> (consultat el 14 d'agost de 2019)
- Seijas, A. E., Araujo-Quintero, A. & Velásquez, N. 2013.** Mortalidad de vertebrados en la carretera Guanare-Guanarito, estado Portuguesa, Venezuela. *Revista de Biología Tropical*, 61: 1-18.
- Seiler, A. 2005.** Predicting locations of moose-vehicle collisions in Sweden. *Journal of Applied Ecology*, 42: 371-382.
- Taylor, B. D. & Goldingay, R. L. 2010.** Roads and wildlife: impacts, mitigation and implications for wildlife management in Australia.

Wildlife Research, 37: 320-331.

Teixeira, F. Z., Coelho, A. V. P., Esperandio, I. B. & Kindel, A. 2013.

Vertebrate road mortality estimates: effects of sampling methods and carcass removal. *Biological Conservation*, 157: 317-323.

Tenés A., Cahill S., Llimona F. & Molina G. 2007. Atropellos de mamíferos y tráfico en la red viaria de un espacio natural en el Área Metropolitana de Barcelona: quince años de seguimiento en el Parque de Collserola. *Galemys*, 19 (NE): 169-188.

Trenado, S, Pinya S. & Piña-Villalonga J. M., 2007. Datos preliminares sobre la muerte por atropello de los mamíferos carnívoros silvestres en las carreteras de Mallorca. Poster del Govern de les Illes Balears.

Trombulak, S. C. & Frissell, C. A. 2000. Review of ecological effects of roads on terrestrial and aquatic communities. *Conserv. Biol*, 14: 18-30.

Turci, L. C. B. & Bernarde, P. S. 2009. Vertebrados atropelados na rodovia estadual 383 em Rondônia, Brasil. *Biotemas* 22: 121-127.

van der Grift, E. A., van der Ree, R., Fahrig, L., Findlay, S., Houlahan, J., Jochen, A., Jaeger, G., Klar, N., Madriñan, L. F. & Olson, L. 2013. Evaluating the effectiveness of road mitigation measures. *Biodiversity and Conservation* 22: 425.

Wittmeyer, G., Elsen, P., Bean, W. T., Coleman, A., Burton, O. & Brashares, J. S. 2009. Accelerated human population growth at protected area edges. *Science*, 321:123-126.

Agraïments. L'autor vol agrair a Jaume Vicent els comentaris realitzats sobre el primer text inicial d'aquest treball i sobre l'índex de probabilitat d'atropellament. També vol agrair als dos revisors del treball, a la Dra. Carla García Lozano y a Miquel Truyol Olives, els seus suggeriments i comentaris, ja que aquests considero que han ajudat a la millora del treball.

Rebut el 14.08.19. Acceptat el 26.08.19.