

INCIDENCIA DE ATROPELLOS DE MAMÍFEROS SILVESTRES NO CINEGÉTICOS EN LA RED VIARIA DE LA COMUNIDAD AUTÓNOMA DE ARAGÓN (2012-2014)

David VIDAL-VALLÉS¹
Ernesto PÉREZ-COLLAZOS²

RESUMEN.— La red viaria se ha identificado como un importante agente antrópico de transformación ambiental que supone una amenaza para la conservación de la fauna silvestre y genera una grave problemática: los atropellos. En la Comunidad Autónoma de Aragón, entre los años 2012 y 2014, se detectaron 338 atropellos de mamíferos silvestres no cinegéticos, que afectaron a once especies diferentes, de las que el tejón y la garduña fueron las de mayor incidencia (132 y 80 casos, respectivamente). La distribución espacial de los atropellos de mamíferos detectados en Aragón fue relativamente heterogénea en el espacio y se advirtió un mayor número de atropellos en marzo. Fueron identificados nueve puntos negros para mamíferos, seis en la provincia de Zaragoza y tres en la provincia de Huesca. Se proponen una serie de recomendaciones de gestión con el fin de reducir este factor de amenaza sobre los mamíferos.

ABSTRACT.— Roads have been identified as an important agent of environmental transformation, which affects animal wildlife conservation and

Recepción del original: 21-10-2016

¹ Escuela Politécnica Superior de Huesca. Universidad de Zaragoza. Carretera de Cuarte, s/n. E-22071 HUESCA. davidvidalvalles@gmail.com

² Departamento de Ciencias Agrarias y del Medio Natural. Escuela Politécnica Superior de Huesca. Universidad de Zaragoza. Carretera de Cuarte, s/n. E-22071 HUESCA. ernextop@unizar.es

constitutes a major threat to several species. 338 road kills affecting 11 different species have been acknowledged in the Spanish region of Aragón (2012-2014). Among these species, European badger and stone marten were identified as most threatened (132 and 80 road kills, respectively). Road kill spatial distribution of mammals was heterogeneous but a higher incidence of casualties in march was pinpointed. Zaragoza province showed the highest number of black spots (6), followed by Huesca province (3). Some mitigation measurements have been suggested in order to lower mortality on roadways and reduce this threat to mammals.

KEY WORDS.— Black spots, road kill mitigation, *Martes foina*, *Meles meles*, Aragón (Spain).

INTRODUCCIÓN

Aunque consideramos la mortalidad de fauna silvestre por atropello como un problema de conservación global, la construcción de carreteras y los volúmenes de tráfico siguen aumentando a nivel mundial, principalmente en Europa del Este, China, India y Sudamérica (VAN DER REE y cols., 2011; GARRIGA y cols., 2017). En España, el último siglo ha estado asociado a un gran desarrollo de la red viaria (200 000 kilómetros; MAGRAMA, 2013). La existencia de estas vías y su incremento constituye uno de los agentes antrópicos de transformación ambiental más importantes, ya que actúan como barreras para el movimiento de la fauna silvestre y reducen la conectividad de las poblaciones. Además, los atropellos constituyen un factor directo de presión sobre diversas especies de fauna (D'AMICO y cols., 2015), que derivan en un aumento de las tasas de extinción locales y en la disminución de las tasas de recolonización (SHEPARD y cols., 2008; MARTÍNEZ-FREIRÍA y BRITO, 2012).

En Europa, unas 300 personas mueren y 30 000 resultan heridas a causa de las más de 500 000 colisiones anuales que se producen con ungulados silvestres, lo que se convierte en un problema de seguridad vial (GROOT BRUINDERINK y HAZEBROEK, 1996; GAGNON y cols., 2007). En España, el coste económico de las colisiones con fauna se valora en 105 millones de euros al año (SÁENZ DE SANTA MARÍA y TELLERÍA, 2015). Las estimaciones del número de atropellos en distintos países europeos permiten dimensionar la gravedad del problema. En Alemania, se calcula que 250 000 mamíferos silvestres mueren anualmente en las carreteras (RACC, 2011) y en Eslovenia, entre el año 2004 y 2008, se detectaron 42 140 atropellos de mamíferos

silvestres (POKORNY, 2006). En España, en el periodo 1990-1992, 14 644 mamíferos fueron atropellados en las carreteras (PMVC, 2003) y se identificaron 74 600 casos de atropellos de animales durante el periodo 2006-2012 (SÁENZ DE SANTA MARÍA y TELLERÍA, 2015).

Aún no hay estimaciones precisas del número de atropellos a nivel global, pero la cifra de vertebrados atropellados anualmente podría superar los 1000 millones de ejemplares (PMVC, 2003). Es por esto por lo que algunos autores han definido las redes viarias como sumideros o puntos calientes de extinción de individuos y, en algunos casos, de poblaciones (FAHRIG y RYTWINSKI, 2009). Cabe destacar que los atropellos afectan potencialmente a toda la fauna; sin embargo, los animales carroñeros u oportunistas pueden verse afectados de una manera mucho más intensa si para su alimentación aprovechan como recurso los animales previamente atropellados, lo que puede repercutir negativamente en sus densidades poblacionales (GRILO y cols., 2009).

Este artículo busca determinar las especies de mamíferos silvestres no cinegéticos con mayor incidencia de atropello en Aragón, así como identificar su ubicación espacial y temporal, con el fin de proponer medidas específicas de conservación. Para ello se ha empleado la base de datos del Centro de Recuperación de Fauna Silvestre (CRFS) de La Alfranca, que solo incluye especies silvestres no cinegéticas, dejando de lado datos relevantes de ungulados, lagomorfos y suidos. A pesar de ello, este artículo es una aproximación relevante a la identificación de los puntos negros que afectan a mamíferos silvestres no cinegéticos.

MATERIAL Y MÉTODOS

Elaboración de los mapas de atropello de mamíferos

El área de estudio corresponde a la red viaria de la Comunidad Autónoma de Aragón (11 509 kilómetros; MINISTERIO DE FOMENTO, 2014). La información de partida para la elaboración de los mapas de atropello se obtuvo de la base de datos del CRFS de La Alfranca del Gobierno de Aragón. Esta base de datos recopila información sobre vertebrados terrestres recogidos en el campo, heridos o muertos, en cualquier punto de Aragón, y que terminan ingresados en el CRFS por diferentes causas. La base de datos fue depurada y se seleccionaron únicamente los registros que hacían referencia a mamíferos.

Mediante geoprocetos y herramientas de ArcMap 10.1, se creó una capa de puntos en formato *shapefile* que representa los atropellos detectados en la red viaria de la Comunidad Autónoma de Aragón en el periodo 2012-2014. Para cada registro se añadió manualmente, en forma de atributo, la siguiente información: especie del animal atropellado, el mes y el año en que se detectó el atropello y la pertenencia o no a alguna de las siguientes categorías de amenaza: “En peligro de extinción”, “Vulnerable”, “Sensible a la alteración de su hábitat” (Decreto 181/2005). A la capa de puntos con los atropellos (2012-2014) se le superpuso la red viaria de Aragón, descargada de la *Infraestructura de datos espaciales de Aragón*, y se procedió al diseño final del mapa.

Con la finalidad de conocer las especies con mayor incidencia de atropello, se adaptaron las siguientes categorías propuestas por TENÉS y cols. (2007): “Bajo” (de 0 a 3,99 atropellos al año), “Moderado” (de 4 a 6,99 atropellos al año), “Alto” (de 7 a 23,99 atropellos al año) y “Muy alto” (más de 24 atropellos al año, es decir, dos o más atropellos al mes).

Determinación de la incidencia temporal de los atropellos

Con la ayuda de los atributos añadidos de forma manual al sistema de información geográfica (SIG), se determinó la temporalidad de los atropellos de mamíferos silvestres no cinegéticos en Aragón.

Identificación de puntos negros para mamíferos en Aragón

Para identificar los puntos negros en Aragón, se añadió al mapa de atropellos de mamíferos silvestres (2012-2014) una malla formada por cuadrículas de 10 × 10 kilómetros. Los puntos negros se identificaron mediante el conteo del número de atropellos que se detectaron en cada una de las cuadrículas. Con el objeto de determinar la relevancia de los puntos negros, se han definido tres rangos de incidencia (baja, moderada y alta) en función del número de atropellos detectados en cada cuadrícula de 10 × 10 kilómetros: “Incidencia baja” (de 6 a 6,99), “Incidencia moderada” (de 7 a 9,99) e “Incidencia alta” (10 o más). Esta información se volcó al SIG, generando un mapa de puntos negros por atropello de mamíferos silvestres en Aragón en el periodo 2012-2014. Las pruebas estadísticas se realizaron con el programa PAST (HAMMER y cols., 2001).

RESULTADOS

Especies afectadas por los atropellos

Se detectaron 338 atropellos, que afectaron a once especies diferentes (tabla 1). Se ha determinado que el erizo de los Balcanes (*Erinaceus roumanicus*; Barrett-Hamilton, 1900), la marmota alpina (*Marmota marmota*; Linnaeus, 1758), la comadreja (*Mustela nivalis*; Linnaeus, 1766) y la marta (*Martes martes*; Linnaeus, 1758) presentan una incidencia de atropello baja (1, 1, 3 y 5 atropellos, respectivamente); mientras que el gato montés (*Felis silvestris*; Schreber, 1777) y el erizo europeo (*Erinaceus europaeus*; Linnaeus, 1758), una incidencia moderada (14 y 17 atropellos, respectivamente). La ardilla roja (*Sciurus vulgaris*; Linnaeus, 1758), la gineta (*Genetta genetta*; Linnaeus, 1758) y la nutria (*Lutra lutra*; Linnaeus, 1758) presentan una incidencia alta (27, 28 y 30 atropellos, respectivamente); y la garduña (*Martes foina*; Erxleben, 1777) y el tejón (*Meles meles*; Linnaeus, 1758) son las especies más afectadas mostrando una incidencia muy alta (80 y 132 atropellos, respectivamente) (tabla 1).

Tabla 1. Listado de las especies de mamíferos silvestres atropellados en la Comunidad Autónoma de Aragón durante el periodo 2012-2014.

| Familia | Nombre común | Nombre científico | Número de atropellos | Incidencia |
|----------------------------|-----------------------|-----------------------------|----------------------|------------|
| Erinaceidae | Erizo europeo | <i>Erinaceus europaeus</i> | 17 | Moderada |
| | Erizo de los Balcanes | <i>Erinaceus roumanicus</i> | 1 | Baja |
| Felidae | Gato montés | <i>Felis silvestris</i> | 14 | Moderada |
| Mustelidae | Tejón | <i>Meles meles</i> | 132 | Muy alta |
| | Garduña | <i>Martes foina</i> | 80 | Muy alta |
| | Nutria | <i>Lutra lutra</i> | 30 | Alta |
| | Marta | <i>Martes martes</i> | 5 | Baja |
| | Comadreja | <i>Mustela nivalis</i> | 3 | Baja |
| Sciuridae | Ardilla roja | <i>Sciurus vulgaris</i> | 27 | Alta |
| | Marmota alpina | <i>Marmota marmota</i> | 1 | Baja |
| Viverriidae | Gineta | <i>Genetta genetta</i> | 28 | Alta |
| Número total de atropellos | | | 338 | |
| Número de especies | | | 11 | |

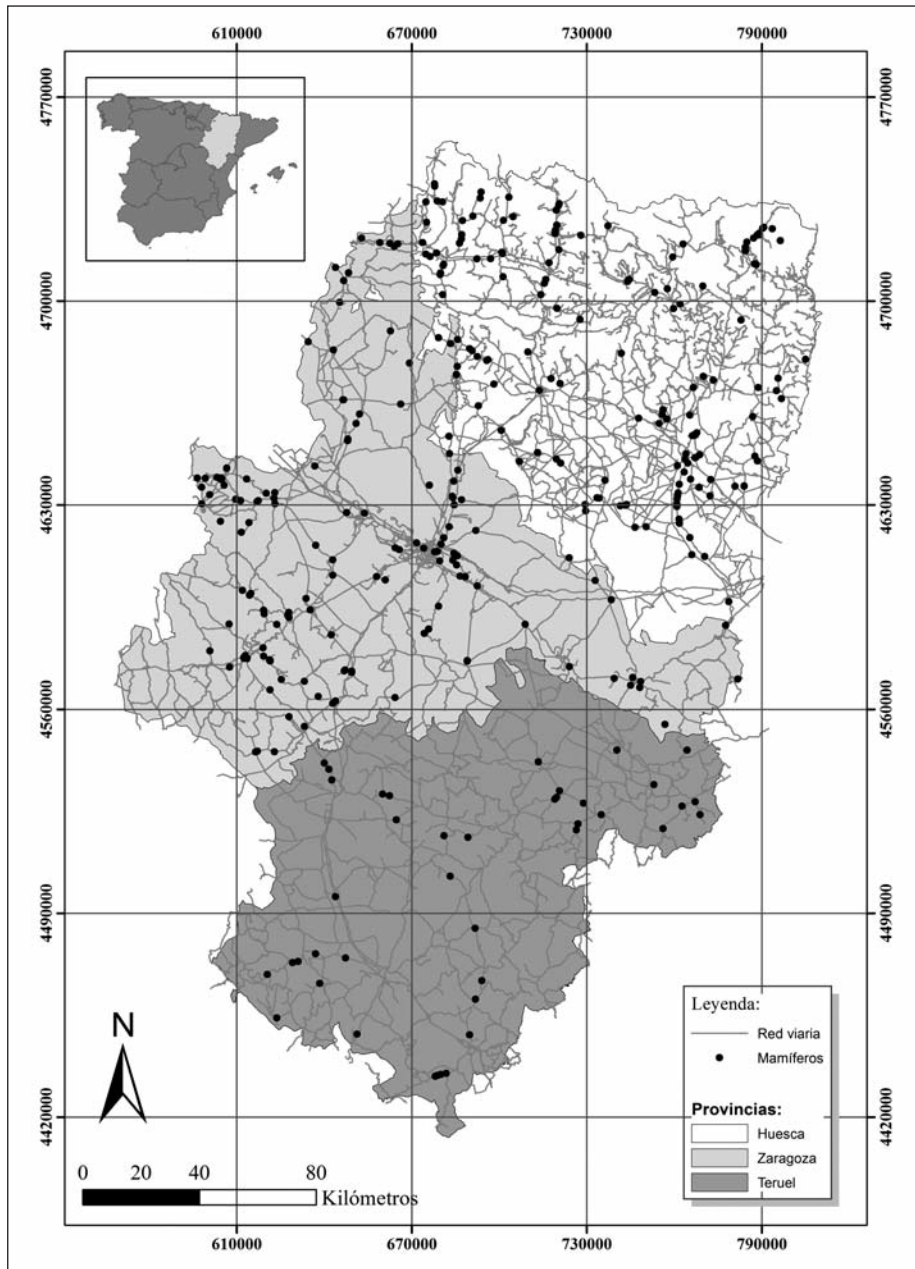


Fig. 1. Distribución espacial de los atropellos de mamíferos silvestres no cinegéticos (n = 338) detectados en la red viaria de la Comunidad Autónoma de Aragón durante el periodo 2012-2014.

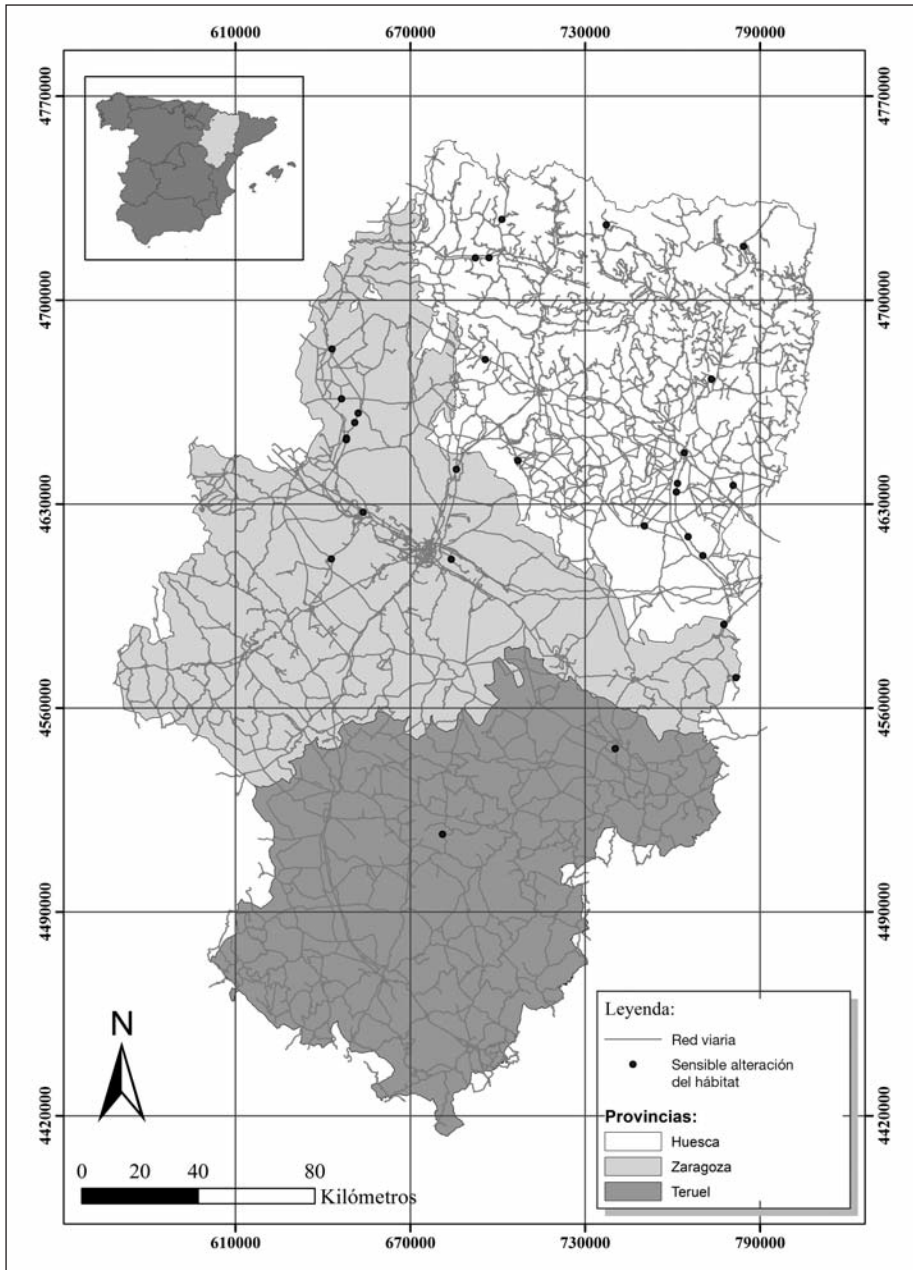


Fig. 2. Distribución espacial de los atropellos de mamíferos incluidos en el *Catálogo de especies amenazadas de Aragón* ($n = 30$) durante los años 2012-2014. Todos los puntos corresponde a *Lutra lutra* (Linnaeus, 1758).

Distribución espacial de los atropellos

Se detectó una distribución relativamente heterogénea, ubicándose en las provincias de Huesca y Zaragoza el 87,6% de los atropellos (161 y 135 atropellos, respectivamente) (fig. 1). La única especie atropellada e incluida en las máximas figuras de protección según el decreto 181/2005 es la nutria, catalogada como “Sensible a la alteración del hábitat” (SAH) (fig. 2).

Temporalidad de los atropellos

Marzo se identificó como el mes con mayor incidencia de atropellos (51 casos), mientras que los meses de junio, julio y diciembre registraron los valores mínimos con 17, 14 y 15 casos, respectivamente (fig. 3).

En cuanto a las especies con mayor incidencia de atropello, el tejón registra un patrón similar al general, con una alta incidencia en los meses de marzo y septiembre (26 y 13 atropellos, respectivamente) y una baja incidencia en diciembre (3). En el caso de la garduña, agosto y marzo son los meses con mayor incidencia de atropello (13 y 10), siendo los valores mínimos los de noviembre (2) y diciembre (2).

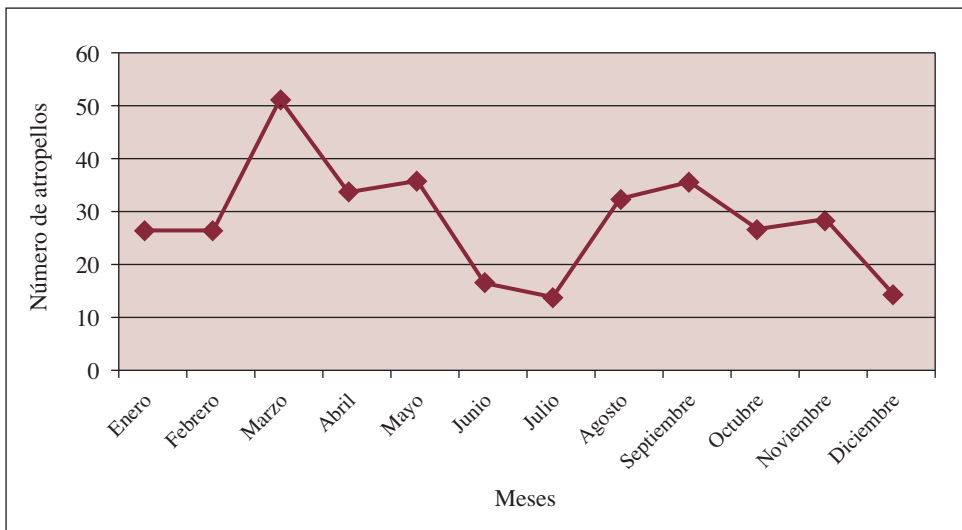


Fig. 3. Temporalidad de los atropellos de mamíferos silvestres no cinegéticos en la Comunidad Autónoma de Aragón durante los años 2012-2014.

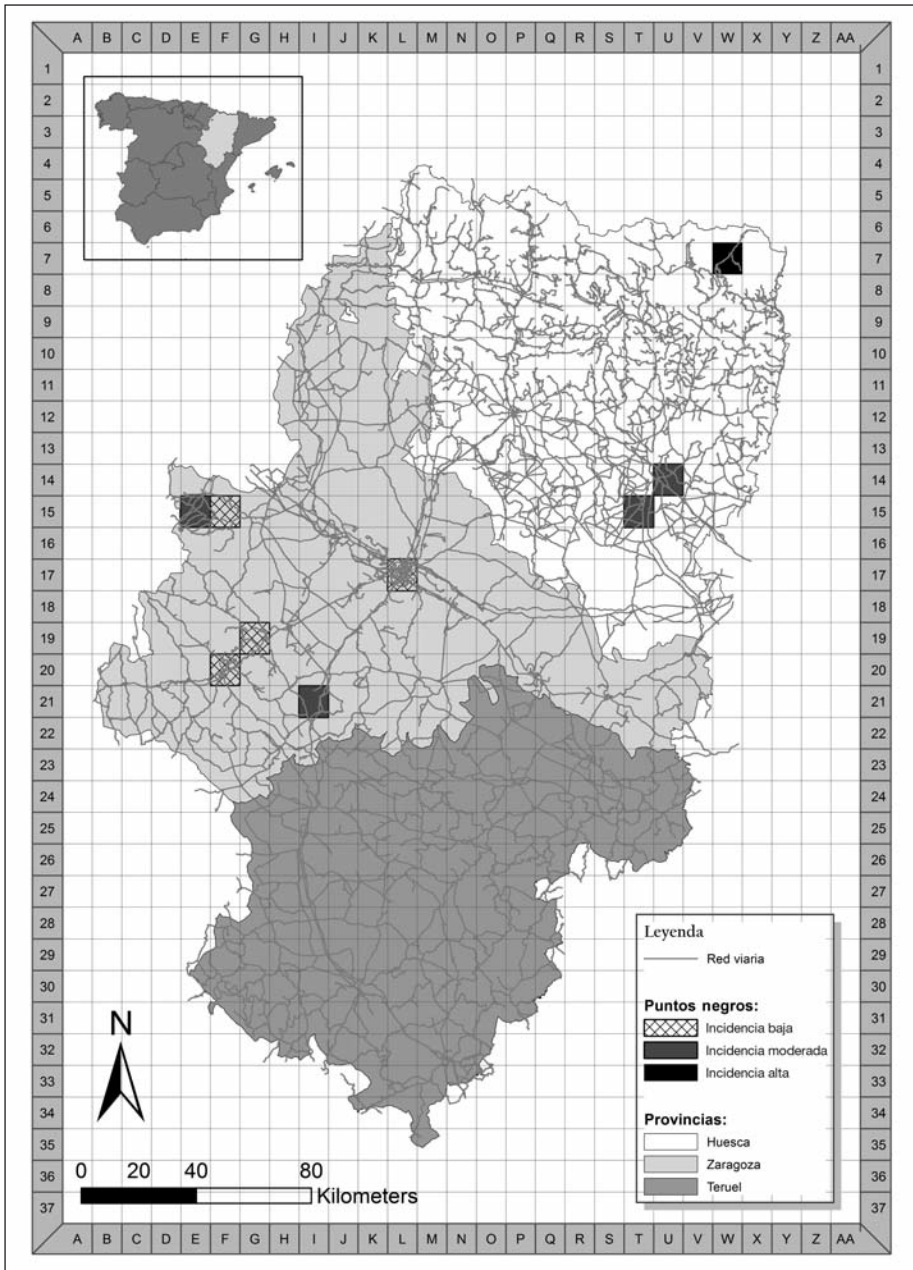


Fig. 4. Localización de los puntos negros con incidencia de atropellos de mamíferos silvestres no cinegéticos en la Comunidad Autónoma de Aragón durante los años 2012-2014.

Identificación de los puntos negros en Aragón

Se han identificado nueve puntos negros para mamíferos en los que se han detectado 62 atropellos. Cuatro de ellos presentan una incidencia de atropello baja, cuatro moderada y uno alta (fig. 4). En la provincia de Zaragoza, se encuentra el mayor número de puntos negros (6), seguido de la provincia de Huesca (3). En la provincia de Teruel no se han detectado puntos negros para mamíferos (fig. 4). De los 62 atropellos detectados, 29 (47%) afectaron a tejones y 16 (26%) a garduñas. Es decir, un 73% de los atropellos en los puntos negros afectaron a ambas especies.

Los puntos negros de la provincia de Zaragoza se ubican en la ciudad de Zaragoza (L17), en el entorno de Grisel y Vera de Moncayo (E15 y F15), en la A-2 a la altura de Morata de Jalón (G19) y Calatayud (F20), y en la A-23 a la altura de Paniza (I21). Mientras que los puntos negros de la provincia de Huesca se ubican en Benasque (W7), en Monzón (U14) y en la A-1234 entre Albalate de Cinca y Pueyo de Santa Cruz (T15) (fig. 4).

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Aspectos metodológicos

Determinar el número de atropellos en áreas pequeñas resulta un objetivo metodológico relativamente sencillo de llevar a cabo. Sin embargo, a medida que se aumenta la escala, los muestreos se hacen cada vez más complejos debido a las siguientes causas: i) la imposibilidad de que una sola persona muestree áreas demasiado extensas, lo que conlleva que todos los integrantes de la investigación presenten el mismo nivel de preparación, lo cual habitualmente resulta complicado; ii) los muestreos se deberían realizar simultáneamente, ya que se ha constatado la desaparición de la mayoría de los animales atropellados en un plazo inferior a las 24 horas (PMVC, 2003); iii) los muestreos deberían emplear el mismo tipo de desplazamiento, ya que se ha demostrado que dependiendo de este (caminando, bicicleta, coche), la detección de animales pequeños, especialmente de micromamíferos, se ve afectada (RUIZ-CAPILLAS y cols., 2015), y iv) en áreas grandes resulta difícil mantener el esfuerzo de muestreo (día y noche), lo que tiene como consecuencia una subrepresentación de especies diurnas o nocturnas, en función de las horas en las que se realizan el o los muestreos (GRILO y

cols., 2009). Por ello resulta difícil pensar en un muestreo adecuado para superficies tan extensas como Aragón. De ahí que hayamos decidido emplear la base de datos del CRFS de La Alfranca. A pesar de las limitaciones que esta información pueda tener —(i) ausencia de datos de especies cinegéticas, ii) ausencia de datos de especies de pequeño tamaño, iii) sesgos relacionados con las zonas con menor / mayor presencia de Agentes para la Protección de la Naturaleza, iv) datos eliminados que no disponían de fecha o topónimos—, constituye una fuente de información valiosa que ha permitido una aproximación al problema de los atropellos en nuestro territorio. Varias investigaciones sobre los atropellos y su mitigación se han basado en otras bases de datos, mostrando su valía y relevancia (TENÉS y cols., 2007; GUNSON y cols., 2010; SÁENZ DE SANTA MARÍA y TELLERÍA, 2015).

Especies afectadas por los atropellos

El tejón resultó ser la especie con mayor número de atropellos detectados en Aragón (132 casos; tabla I). En Reino Unido, la mortalidad por atropello de esta especie supera la mortalidad por causas naturales como la depredación y las enfermedades, con una estimación de 50 000 muertes cada año (40% de la población adulta; CLARKE y cols., 1998). En Aragón, el tejón es atropellado principalmente en carreteras nacionales (106 de los 132 atropellos de la especie; $p < 0,001$), lo que coincide con el patrón detectado por otros autores, en el que las carreteras con calzada ancha, altas cargas de tráfico y alta velocidad de circulación permitida (autopistas y auto-vías) actúan a modo de barrera para los mamíferos (RILEY y cols., 2006; GRILO y cols., 2009), disuadiendo a los tejones de cruzar grandes carreteras (CLARKE y cols., 1998; BEKKER y DEKKER, 2009).

En relación con la garduña, a pesar de que se considera como una especie generalista que utiliza una amplia gama de hábitats y alimentos, un modelo desarrollado por SANTOS-REIS y cols. (2004) refleja que las preferencias de hábitat de la especie son i) masas forestales dominadas por alcornocales, ii) matorrales y iii) sotos fluviales. Sin embargo, estas preferencias de hábitat no son suficientes para establecer una relación entre la distribución de la especie y los atropellos detectados. La distribución espacial de los atropellos de garduña en Aragón muestra una clara

relación con las carreteras nacionales y autonómicas (al igual que en el caso del tejón), detectándose en ellas 65 de los 80 atropellos de la especie (81,2%; $p < 0,001$).

Teniendo en cuenta el número de individuos detectados atropellados por año (tejón: 37 en 2012, 46 en 2013 y 49 en 2014; y garduña: 36 en 2012, 25 en 2013 y 19 en 2014) es muy posible que la dinámica poblacional de dichas especies pueda verse afectada. Lo que estaría de acuerdo con otras investigaciones en donde se afirma que los atropellos suponen una reducción significativa de las poblaciones afectadas llegando a provocar incluso la extinción local de algunas especies (SEILER y FOLKESON, 2006; FAHRIG y RYTWINSKI, 2009). No obstante, otros autores consideran que ninguna de las especies de mamíferos atropellados con mayor frecuencia presenta tasas lo suficientemente elevadas como para afectar al tamaño poblacional, suponiendo únicamente una seria amenaza para aquellas especies recogidas en catálogos y listas rojas nacionales (COLINO, 2011). En definitiva, la mortalidad por atropello es una mortalidad añadida a la producida por otras causas y, por tanto, disminuir esta presión mejorará la conservación de las poblaciones de dichas especies.

Otras especies como la nutria, la gineta y la ardilla roja también presentan una alta incidencia de atropello (tabla 1). La nutria presenta una amplia movilidad, generalmente de decenas de kilómetros (CLAVERO y cols., 2003), lo que junto con el incremento de sus poblaciones (RUIZ-OLMO, 2007) ha derivado en un alto número de atropellos. DELIBES (1990) detectó seis nutrias atropelladas en Aragón (1975-1990), número reducido en comparación con el detectado en este artículo. Quince de los 30 atropellos de nutria se detectaron en la provincia de Huesca (fig. 2), coincidiendo con el área de recuperación poblacional de la especie.

Estudios sobre la gineta en España (PÉREZ-GARCÍA, 2007; PALAZÓN y RAFART, 2010) indican que esta especie no utiliza la red viaria como área de alimentación ni carroñeo (PMVC, 2003), por lo que los casos de atropello detectados pueden deberse a la movilidad de la especie y, por tanto, podrían haber sido evitados con la implantación de pasos de fauna. Igual sucede con la ardilla roja, especie que presenta frecuentes cruces de pistas en zonas forestales con ambientes boscosos, hecho constatado en la A-1514 en el municipio turolense de Manzanera (5 atropellos), y en áreas periurbanas

donde existen poblaciones asentadas (TENÉS y cols., 2007), como es el caso de Jaca (3 atropellos).

Temporalidad de los atropellos

El mes con mayor incidencia de atropellos fue marzo (fig. 3), pero diversos autores señalan los meses de mayo, junio y julio como los de mayor incidencia para los mamíferos, asociando la alta mortalidad en las carreteras con los periodos de cría y dispersión juvenil de las especies (GRILLO y cols., 2009; GARRIGA y cols., 2017), aunque cabe resaltar que dichos estudios incluyen un alto número de especies cinegéticas que presentan altas tasas de atropello. En Aragón, se identificó un ligero incremento de la incidencia de atropellos de mamíferos (muy inferior al detectado en marzo) en el mes de mayo y en los de agosto y septiembre asociado, posiblemente, al periodo de cría y celo de los mamíferos.

En todos los meses del año se detectaron atropellos de tejón, mamífero con mayor incidencia de atropello, siendo marzo el mes más crítico (26 casos). Diversos estudios señalan el mes de marzo como un periodo vulnerable para los machos debido al aumento de las actividades de vagabundeo de los individuos, comportamiento que se puede relacionar con la alta incidencia de atropello detectada en Aragón (PMVC, 2003). Por el contrario, la mortalidad por atropello de las hembras es mayor tras la gestación y amantamiento de las crías, cuando estas incrementan su actividad y exposición al tráfico hasta conseguir la independencia de la camada (GROOT BRUINDERINK y HAZEBROEK, 1996; SEILER, 2003). La muerte de las hembras lactantes probablemente implica la muerte de sus cachorros, resultando ser un periodo crítico para la supervivencia de la camada (SEILER, 2003). GRILLO y cols. (2009) afirman que los atropellos de tejón son más habituales en los primeros meses del año, detectándose en marzo el 24% de los atropellos, cifra similar al 20% obtenido en Aragón. Entre marzo y agosto, periodo de celo del tejón, se localizaron en Aragón el 57% de los atropellos de la especie, valor claramente inferior al identificado por otros autores (82%; PMVC, 2003). A pesar de la reducción de la actividad de los tejones durante el invierno, se constató entre los meses de noviembre y febrero el 25% de los atropellos, cifra muy superior al 6% identificado por PMVC (2003) en concordancia con diversos estudios sobre el tejón realizados en Reino Unido

(SKINNER y cols., 1991). El patrón temporal de atropellos de tejón se corresponde con el detectado por CLARKE y cols. (1998) con un notable incremento de la mortalidad en invierno / primavera (enero-marzo), un menor incremento en verano / otoño (julio-septiembre) y un descenso de la mortalidad en otoño / invierno (octubre-diciembre).

En el caso concreto de la garduña, el periodo más vulnerable para los individuos adultos coincide con la fase de alimentación de las crías, cuando los padres (que solo se unen en el periodo de celo, el resto del tiempo son animales solitarios) visitan la camada de forma reiterada hasta diez veces por noche (GRILO y cols., 2009). La mortalidad de hembras es particularmente crítica durante este periodo, ya que los cachorros dependen totalmente de su madre (BLANCO, 1998). En el periodo de celo se detectó el 27% de los atropellos, siendo agosto el mes más vulnerable de todo el año (13 casos). La primavera y el verano son estaciones con una alta mortalidad para la garduña (61%) y a partir de septiembre se produce un descenso gradual del número de atropellos, siendo noviembre y diciembre los meses con menor incidencia para la especie, detectándose en las estaciones de otoño e invierno el 39% de los atropellos.

En el caso de la nutria, cruzan las carreteras con frecuencia al no poder seguir el cauce del río, lo cual obliga a los ejemplares a subir hasta el nivel de la calzada y atravesarla. Es habitual que los machos frecuenten la carretera (sobre todo en invierno y primavera) cuando se encuentran en búsqueda de pareja y, por este motivo, se trasladan de un río a otro o recorren continuamente su área de campeo (PMVC, 2003). En Aragón, el 66% de los atropellos de nutria se detectó en invierno y primavera, siendo febrero el mes que presentó mayor incidencia para la especie (5 atropellos). En verano / otoño se detectaron 10 atropellos (33%) y los únicos meses en los que no se detectó ningún atropello a lo largo del año fueron julio y septiembre. Por el contrario, la gineta no parece ser más vulnerable a los atropellos en ningún periodo fenológico concreto de su ciclo de vida, probablemente debido a que no tiene un periodo de reproducción restringido como otras especies (GRILO y cols., 2009). En el caso de la ardilla roja, el 55% de los atropellos (15 casos) se ha detectado durante el periodo reproductor de la especie, comprendido entre los meses de enero y julio (PURROY, 2007).

Distribución espacial de los atropellos y puntos negros en Aragón

Los puntos negros de mamíferos se distribuyen de forma heterogénea en el espacio, probablemente debido a la amplia movilidad terrestre de este grupo taxonómico, concentrándose dos tercios de ellos en la provincia de Zaragoza y el tercio restante en la de Huesca. Estos resultados son similares a los detectados por SÁENZ DE SANTA MARÍA y TELLERÍA (2015), quienes reportan un bajo número de atropellos anuales para Teruel. Sin embargo, sus resultados indican que la provincia de Huesca tiene mayor tasa de atropellos que la de Zaragoza, aunque bien es cierto que dicho estudio incluye animales cinegéticos y que su tasa de atropellos en la provincia de Huesca es alta debido a la diversidad de ecosistemas que ofrecen los Pirineos, las sierras prepirenaicas y la extensa red fluvial. Nuestros resultados indican una mayor presencia de puntos negros en la provincia de Zaragoza, aunque cabe resaltar que dichos puntos se corresponden geográficamente con zonas con una alta presencia de Agentes para la Protección de la Naturaleza, y, por tanto, podría tratarse de áreas con un muestreo mucho más detallado que el del resto del territorio aragonés.

A pesar de que el tejón y la garduña son las especies de mamíferos más vulnerables a los atropellos (73%), el erizo europeo se ha mostrado como la especie con mayor incidencia en el punto negro para mamíferos de la ciudad de Zaragoza (cuadrícula L17; fig. 4). En España, no se considera que el erizo europeo tenga problemas de conservación, excepto en áreas periurbanas como consecuencia de los atropellos y otras causas que pueden amenazar a poblaciones debilitadas (HUIJSER, 1999; CAHILL y cols., 2011), como podría ser el caso de Zaragoza. Por otra parte, resulta llamativo que la mitad de los puntos negros de la provincia de Zaragoza se asocien a tramos de autovía (fig. 4) cuando CLARKE y cols. (1998) y GRILO y cols. (2009) afirman que altos volúmenes de tráfico actúan como una barrera para los mamíferos. En los puntos negros ubicados en las autovías (G19, F20 y I21; fig. 4), las especies más afectadas fueron el tejón (13 atropellos) y la garduña (5 atropellos), siendo un resultado contradictorio al patrón general identificado, donde los atropellos de estas especies ocurren principalmente en carreteras nacionales y autonómicas; lo que llevaría a sospechar de la presencia de deficiencias en el vallado perimetral de estas vías o de altas densidades de estos mamíferos en las proximidades de esos puntos negros.

Determinar los puntos de la red viaria donde la incidencia de atropello es mayor resulta imprescindible para implementar medidas de gestión que permitan reducir este factor de amenaza. Por tanto, las siguientes medidas de gestión se proponen para los nueve puntos negros detectados y, especialmente, para las especies con mayor incidencia de atropello.

Recomendaciones de gestión

1. Teniendo en cuenta que nuestros resultados parten de una base de datos y no de un muestreo *in situ*, se recomienda realizar un seguimiento de los atropellos en los puntos negros detectados antes de realizar cualquier tipo de gestión, con el fin de corroborar la intensidad de los atropellos en estos.

2. Se recomienda retirar del firme de la calzada, de los arcenes y de las cunetas, con la mayor celeridad posible, los cadáveres de animales atropellados, evitando así el posible efecto llamada de especies carroñeras / oportunistas.

3. Con el fin de reducir la incidencia de atropello del tejón, se recomienda instalar un vallado perimetral que impida el paso de mamíferos a la red viaria en cada uno de los nueve puntos negros para mamíferos identificados y en la A-1512 desde Caudé hasta Albarracín (provincia de Teruel), así como situar pasos subterráneos (perpendiculares a la infraestructura) cada 200-400 metros en dichos puntos y vías. En cuanto al diseño del vallado y de los pasos subterráneos, se deberían seguir las recomendaciones técnicas de IUELL y cols. (2003) y del MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE (2006). Se aconseja construir refugios (setos y arbustos) en los accesos a los pasos para orientar a los animales hacia la entrada y se propone realizar un seguimiento de la efectividad de los pasos de fauna a través de un control de huellas y rastros y el empleo de cámaras de fototrampeo. Esta infraestructura aumentará la conectividad entre poblaciones y evitará que otros vertebrados sean atropellados.

4. Para reducir la incidencia de atropello de la garduña, se recomienda llevar a cabo las medidas indicadas para el tejón en los puntos negros (fig. 4) y en las vías A-1234 desde Fraga hasta Monzón, A-1202 desde Santa Eulalia de Gállego hasta Fuencalderas y A-1503 desde Morés hasta Jarque, donde se ha detectado la mayor incidencia de atropellos de esta especie.

Estas medidas favorecerán la conservación de especies como el erizo europeo, la marta, la comadreja, la nutria, la gineta y el gato montés.

5. En el caso de la nutria, especie catalogada como SAH (Decreto 181/2005), se recomienda realizar censos demográficos y un muestreo *in situ* de los atropellos, con el objetivo de determinar si este factor puede estar amenazando la supervivencia de las poblaciones. En ese caso, se aconseja construir una red de pasos de fauna subterráneos, combinados con un cerramiento perimetral que guíe a los animales a la entrada, de características similares a los pasos de fauna expuestos anteriormente. La ubicación de esta red de pasos de nutria tendrá lugar en la comarca zaragozana de Cinco Villas donde se concentra el 23% de los atropellos de nutria, concretamente en el Pantanico del Vedado, el Lagunazo de Moncayuelo, y las estancas de Bolaso, Gancho, Sabinar, Castiliscar y Escorón.

6. Para asegurar la eficacia a largo plazo de los pasos inferiores de fauna, se recomienda realizar una inspección del drenaje, por lo menos seis veces al año, puesto que la inundación y acumulación de residuos en las entradas puede suponer un problema. Asimismo, la vegetación de las entradas de la estructura también requiere de un mantenimiento adecuado para evitar que cubra y obstaculice los accesos a los pasos. Para garantizar la eficacia de los cerramientos perimetrales, se recomienda comprobar el estado de los vallados con una periodicidad trimestral durante el primer año de su funcionamiento y, posteriormente, al menos una vez al año (MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE, 2006). Teniendo en cuenta que marzo fue un mes crítico para los mamíferos silvestres no cinegéticos, se aconseja realizar las operaciones de mantenimiento del vallado antes de este periodo.

7. Se recomienda diseñar una campaña de concienciación por una conducción precavida y respetuosa con la fauna. Además, se propone la instalación de señales de reducción de velocidad en cada uno de los nueve puntos negros detectados y en los espacios naturales protegidos.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la Dirección General de Conservación del Medio Natural del Departamento de Agricultura, Ganadería y Medio Ambiente del Gobierno de Aragón la autorización al acceso y al uso de la información relativa a

ejemplares ingresados por causa de atropello en el Centro de Recuperación de Fauna Silvestre de La Alfranca. Especialmente a Manuel Alcántara, María Cortés, Chabier González, José Manuel Sánchez y Juan Fernández.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BEKKER, H., y J. DEKKER (2009). Effectiveness of mitigation measures to reduce road mortality in The Netherlands: Badger, *Meles meles*. En P. J. Wagner, D. Nelson y E. Murray (eds.), *Proceedings of the 2009 International Conference on Ecology and Transportation*: 613-624. The Center. North Carolina State University (USA). Raleigh.
- BLANCO, J. C. (1998). *Mamíferos de España. Guía de campo*. Planeta. Barcelona. 464 pp.
- CAHILL, S., F. LLIMONA, A. TENÉS, S. CARLES y L. CABAÑEROS (2011). Radioseguimiento post recuperación de erizos europeos (*Erinaceus europaeus* Linnaeus, 1758) en el Parque Natural de la Sierra de Collserola (Barcelona). *Galemys*, 23: 63-72.
- CLARKE, G. P., P. C. L. WHITE y S. HARRIS (1998). Effects of roads on badger *Meles meles* populations in south-west England. *Biological Conservation*, 86: 117-124.
- CLAVERO, M., J. PRENDA y M. DELIBES (2003). Trophic diversity of the otter (*Lutra lutra* L.) in temperate and Mediterranean freshwater habitats. *Journal of Biogeography*, 30: 761-769.
- COLINO, V. J. (2011). *Contribuciones al análisis de mortalidad de vertebrados en carreteras*. Tesis doctoral. Universidad de Salamanca. 503 pp.
- D'AMICO, M., J. ROMÁN, L. DE LOS REYES y E. REVILLA (2015). Vertebrate road-kill patterns in Mediterranean habitats: Who, when and where. *Biological Conservation*, 191: 234-242.
- Decreto 181/2005, por el que se regula el Catálogo de Especies Amenazadas de Aragón. *BOA*, n.º 114, de 23 de septiembre de 2005: 11527-11532.
- DELIBES, M. (1990). *La nutria (Lutra lutra) en España*. ICONA (Serie Técnica). Madrid. 198 pp.
- FAHRIG, L., y T. RYTWINSKI (2009). Effects of roads on animal abundance: An empirical review and synthesis. *Ecology and Society*, 14: art. 21.
- GAGNON, J., R. SCHWEINSBURG y N. DODD (2007). Effects of roadway traffic on wild ungulates: a review of the literature and case study of Elk in Arizona. En L. Irwin, D. Nelson y K. P. McDermott (eds.), *Proceedings of the 2009 International Conference on Ecology and Transportation*: 449-458. The Center. North Carolina State University (USA). Raleigh.
- GARRIGA, N., M. FRANCH, X. SANTOS, A. MONTORI y G. A. LLORENTE (2017). Seasonal variation in vertebrate traffic casualties and its implications for mitigation measures. *Landscape and Urban Planning*, 157: 36-44.
- GRILO, C., J. A. BISSONETTE y M. SANTOS-REIS (2009). Spatial-temporal patterns in Mediterranean carnivore road casualties: Consequences for mitigation. *Biological Conservation*, 142: 301-313.

- GROOT BRUINDERINK, G. W. T. A., y E. HAZEBROEK (1996). Ungulate Traffic Collisions in Europe. *Conservation Biology*, 10: 1059-1067.
- GUNSON, K. E., G. MOUNTRAKIS y L. J. QUACKENBUSH. (2010). Spatial wildlife-vehicle collision models: A review of current work and its application to transportation mitigation projects. *Journal of Environmental Management*, 92: 1074-1082.
- HAMMER, Ø., D. A. T. HARPER y P. D. RYAN (2001). PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electronica*, 4 (1): 1-9.
- HUIJSER, M.P. (1999). Human impact on populations of hedgehogs *Erinaceus europaeus* through traffic and changes in the landscape: A review. *Lutra*, 42: 39-56.
- IUELL, B., G. J. BEKKER, R. CUPERUS, J. DUFEK, G. FRY, C. HICKS, V. HLAVÁČ, V. KELLER, C. ROSELL, T. SANGWINE, N. TØRSLØV y B. LE MAIRE WANDALL (2003). *Wildlife and Traffic: A European Handbook for Identifying Conflicts and Designing Solutions. COST 341, Habitat Fragmentation due to Transportation Infrastructure*. European Co-operation in the Field of Scientific and Technical Research. Bruselas. 172 pp.
- MAGRAMA (Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente) (2013). *Identificación de áreas a desfragmentar para reducir los impactos de las infraestructuras lineales de transporte en la biodiversidad*. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Secretaría General Técnica (Documentos para la reducción de la fragmentación de hábitats causada por infraestructuras de transporte, 6). Madrid. 260 pp.
- MARTÍNEZ-FREIRÍA, F., y J. BRITO (2012). Quantification of road mortality for amphibians and reptiles in Hoces del Alto Ebro y Rudrón Natural Park in 2005. *Basic and Applied Herpetology*, 26: 7-16.
- MINISTERIO DE FOMENTO (2014). *Anuario estadístico 2014. Capítulo 7: Carreteras*. Ministerio de Fomento. Madrid. 64 pp.
- MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE (2006). *Prescripciones técnicas para el diseño de pasos de fauna y vallados perimetrales*. Organismo Autónomo de Parques Nacionales. Ministerio de Medio Ambiente (Documentos para la reducción de la fragmentación de hábitats causada por infraestructuras de transporte, 1). Madrid. 108 pp.
- PALAZÓN, S., y E. RAFART (2010). Dieta de la gineta común *Genetta genetta* (Linnaeus, 1758) en los hábitats riparios de Navarra. *Galemys*, 22: 3-18.
- PÉREZ-GARCÍA, J. M. (2007). Apuntes sobre la dieta de la gineta *Genetta genetta* en el valle del Henares (Madrid). *Galemys*, 19: 13-21.
- PMVC (2003). *Proyecto de mortalidad de vertebrados en carreteras*. Sociedad para la Conservación de los Vertebrados (SCV) (Documento técnico de conservación, 4). Madrid. 350 pp.
- POKORNY, B. (2006). Roe deer-vehicle collisions in Slovenia: situation, mitigation strategy and countermeasures. *Veterinarski Archiv*, 76: 177-187.
- PURROY, F. J. (2007). *Sciurus vulgaris* (Linnaeus, 1758). *Ficha libro rojo*. En L. J. Palomo, J. Gisbert y J. C. Blanco (eds.), *Atlas y libro rojo de los mamíferos terrestres de España*: 378-380. Dirección General para la Biodiversidad-SECEM-SECEMU. Madrid.

- RACC (Real Automóvil Club de Cataluña) (2011). *Accidentes de tráfico con animales. Análisis de la situación a nivel europeo y español*. 76 pp.
- RILEY, S. P. D., J. P. POLLINGER, R. M. SAUVAJOT, E. C. YORK, C. BROMLEY, T. K. FULLER y R. K. WAYNE (2006). A southern California freeway is a physical and social barrier to gene flow in carnivores. *Molecular Ecology*, 15: 1733-1741.
- RUIZ-CAPILLAS, P., C. MATA y J. E. MALO (2015). How many rodents die on the road? Biological and methodological implications from a small mammals' roadkill assessment on a Spanish motorway. *Ecological Research*, 30: 417-427.
- RUIZ-OLMO, J. (2007). *Lutra lutra* (Linnaeus, 1758). *Ficha libro rojo*. En L. J. Palomo, J. Gisbert y J. C. Blanco (eds.), *Atlas y libro rojo de los mamíferos terrestres de España*: 312-314. Dirección General para la Biodiversidad-SECEM-SECEMU. Madrid.
- SÁENZ DE SANTA MARÍA, A., y J. L. TELLERÍA (2015). Wildlife-vehicle collisions in Spain. *European Journal of Wildlife Research*, 61: 399-406.
- SANTOS-REIS, M., M. J. SANTOS, S. LOURENÇO, T. MARQUES, I. PEREIRA y B. PINTO (2004). Relationships between stone martens, genets and cork oak woodlands in Portugal. En D. J. Harrison, A. K. Fuller y G. Proulx (eds.), *Martens and Fishers in Human-Altered Environments*: 312-314. Springer. Nueva York.
- SEILER, A. (2003). *The toll of the automobile: Wildlife and roads in Sweden*. Doctoral Thesis, Swedish University of Agricultural Sciences. Uppsala. 48 pp.
- SEILER, A., y FOLKESON, L. (2006). *Habitat fragmentation due to transportation infrastructure. COST 341 national state-of-the-art report Sweden*. Grimsö and Linköping. 146 pp.
- SHEPARD, D. B., A. R. KUNHS, M. J. DRESLIK y C. A. PHILLIPS (2008). Roads as barriers to animal movement in fragmented landscapes. *Animal Conservation*, 11: 288-296.
- SKINNER, C., P. SKINNER y S. HARRIS (1991). The past history and recent decline of badgers *Meles meles* in Essex: An analysis of some of the contributory factors. *Mammal Review*, 21: 67-80.
- TENÉS, A., S. CAHILL, F. LLIMONA y F. MOLINA (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: 169-188.
- VAN DER REE, R., J. JAEGER, E. A. VAN DER GRIFT y A. P. CLEVINGER (2011). Effects of roads and traffic on wildlife populations and landscape function: road ecology is moving toward larger scales. *Ecology and Society*, 16: art. 48.