

FAUNA SILVESTRE Y ACCIDENTES DE TRÁFICO EN ASTURIAS

WILDLIFE AND TRAFFIC ACCIDENTS IN ASTURIAS

ÍÑIGO GARCÍA MARTÍNEZ DE ALBÉNIZ

Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos
Universidad de Cantabria.
Avda. de los Castros n.º 44. 39005 Santander

JUAN ANTONIO RUIZ DE VILLA

Demarcación de Carreteras del Estado en Cantabria
C/ Vargas n.º 53 (9.º). 39071 Santander

JORGE RODRÍGUEZ HERNÁNDEZ

GITECO - Departamento de Transportes y Tecnología de Proyectos y Procesos
Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos
Universidad de Cantabria
Avda. de los Castros n.º 44. 39005 Santander.

RESUMEN: *Los accidentes de tráfico con animales silvestres son un problema creciente en muchas partes del mundo y un importante aspecto de los conflictos entre humanos y vida silvestre con incidencia en la seguridad vial y en las poblaciones animales. En este trabajo se analizan los accidentes (n= 6 377) registrados por las autoridades de carreteras y de caza en Asturias en el periodo 2007-2014. Los resultados muestran las especies implicadas, que atañen principalmente al jabalí (*Sus scrofa*), envuelto en el 60,36 % de los siniestros, y al corzo (*Capreolus capreolus*), en el 29,95 %, así como la distribución geográfica, los patrones mensuales, diarios y horarios de ocurrencia y la evolución de los siniestros, debatiéndose sus posibles causas y consecuencias. Los aspectos tratados pueden ayudar al diseño de medidas de mitigación y a la gestión de las poblaciones silvestres.*

PALABRAS CLAVE: *ecología de las carreteras, seguridad vial, colisiones fauna silvestre – vehículos, ungulados silvestres, conflictos humanos, vida silvestre.*

ABSTRACT: *Wildlife-vehicle collisions are a rising problem in many parts of the world and constitute an important part of the conflicts between humans and wildlife. They have an impact on both road safety and animal populations. This work analyses the accidents (n=6 377) registered by the road and hunting authorities in Asturias between 2007 and*

2014. The results show that the species affected are mainly the wild boar (*Sus scrofa*) and the roe deer (*Capreolus capreolus*), involved in the 60.36 % and 29.95 % of accidents respectively. The results also include geographic distribution of accidents, as well as their evolution and monthly, daily and hourly patterns. Finally, possible reasons and consequences of accidents are considered. The issues taken into account may help design a series of mitigating actions regarding the management of wildlife population.

KEY WORDS: road ecology, traffic safety, wildlife-vehicle collisions, wild ungulates, human wildlife conflicts.

Introducción

Los atropellos son uno de los principales efectos de las carreteras sobre la fauna silvestre (Iuell *et al.*, 2003). Los estudios que analizan su repercusión sobre los vertebrados ofrecen resultados diversos, aunque la mayor parte de los trabajos indican que los anfibios son el grupo más perjudicado (Glista *et al.*, 2007 y D'Amico *et al.*, 2015). Por contra, los mamíferos nunca encabezan los grupos más afectados y la mayor relevancia corresponde a los micromamíferos (Seiler y Helldin, 2006; Ruiz-Capillas *et al.*, 2015).

Sin embargo, los atropellos de animales de mediano y gran tamaño, y los siniestros a ellos asociados, son un problema creciente en buena parte del mundo, especialmente en los países desarrollados (ver, por ejemplo, Farrell y Tappe, 2007; Hussein *et al.*, 2007; Balčiauskas y Balčiauskienė, 2008; Eloff y Van Niekerk, 2008; Rowden *et al.*, 200; Tajchman *et al.*, 2010; Morelle *et al.*, 2013; Putzu *et al.*, 2014; Kruuse *et al.*, 2016), consecuencia del incremento del tráfico y de la expansión de algunas especies silvestres. España no es ajena a esta situación y las provincias de la mitad septentrional peninsular y, en particular, las del cuadrante noroccidental son las más afectadas (Sáenz de Santa María y Tellería, 2015) por lo que en los últimos años han visto la luz estudios referidos a ellas (Díaz-Varela *et al.*, 2011, Lagos *et al.*, 2012, Rosell *et al.*, 2012, Mondelo *et al.*, 2014, Valero *et al.*, 2015). En este trabajo se aborda el tema en el ámbito geográfico de Asturias; una de las regiones españolas con mayor incidencia de accidentes con fauna silvestre (Sáenz de Santa María y Tellería, 2015).

1. Material y métodos

1.1. Área de estudio

Asturias (noroeste de España) tiene 10 602 km² y 1 058 975 habitantes (INE, 2015). Cuenta con 5 059 km de vías interurbanas integradas en las Redes

de Carreteras del Estado y de la Comunidad Autónoma, perteneciendo el 16,88% a la primera y el 83,12% a la segunda (Ministerio de Fomento 2014a y Consejería de Fomento, Ordenación del Territorio y Medio Ambiente 2015). El 8,93% de las vías son de alta capacidad, aunque este porcentaje ha ido variando a lo largo del periodo de estudio, en el que su longitud pasó de 350 km en 2007 a 460 km en 2014 (Ministerio de Fomento 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014a). Los indicadores «km de carretera/km²» y «km de carretera/1 000 habitantes» están por encima de la media nacional (Ministerio de Fomento 2014a), lo que se corresponde con una red que da servicio a una población asentada de forma muy dispersa sobre el territorio (el 54,88% de la población vive en los tres concejos más poblados de la zona central que suman una superficie de apenas el 4% del suelo regional, pero la región cuenta con 6 944 entidades singulares de población –INE, 2015–). La intensidad del tráfico en la red ha mostrado en el periodo estudiado una tendencia decreciente y ha oscilado entre 6 212,5 millones de vehículos-km en 2007 y 5 240,3 millones de vehículos-km en 2014, absorbiendo la red estatal una media del 63 61% del mismo (Ministerio de Fomento 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014a).

1.2. Accidentes con animales silvestres

Se ha trabajado con los datos suministrados, para el periodo 2007-2014, por:

- La Demarcación de Carreteras en Asturias, basados en los accidentes registrados por el sistema ARENA (Accidentes: REcogida de iNformación y Análisis) de la Dirección General de Tráfico en la Red de Carreteras del Estado en la Comunidad Autónoma.
- El sistema SEVIPA (SEguridad Vial del Principado de Asturias), dependiente de la Dirección General de Infraestructuras y Transportes del Principado de Asturias, que traslada, para la red de carreteras de la Comunidad Autónoma, la información sobre siniestralidad suministrada por el sistema ARENA.
- Los servicios de conservación integral de la red de la Demarcación de Carreteras en Asturias, que retiran animales muertos de los viales e intervienen en la restauración de la vialidad tras los accidentes.
- El Servicio de Caza de la Dirección General de Recursos Naturales del Principado de Asturias, que emite, a petición de los implicados en los siniestros, certificaciones sobre la titularidad de los terrenos cinegéticos que rodean las carreteras.

Conjugando esa información se ha construido una base de datos única que contiene, para el conjunto de los accidentes y atropellos, los datos considerados esenciales —fecha, carretera y pk (con precisión hectométrica)— y, para la mayoría de ellos, otros relativos a la especie implicada y circunstan-

cias diversas. A partir de los datos sobre el pk se ha procedido a la georreferenciación de los siniestros.

El uso de estos datos conlleva dos problemas. El primero, que el origen de buena parte de ellos procede de una declaración voluntaria del damnificado en el hipotético siniestro, por lo que la atribución de la responsabilidad a una especie silvestre puede ser interesada. Para poner en evidencia la influencia de esta fuente de error hemos procedido a comparar para las principales especies implicadas y en la Red de Carreteras del Estado los datos en principio más fiables, los de los servicios de conservación integral, que pueden ser considerados no interesados, con el resto.

El segundo problema tiene que ver con la propia voluntariedad de la declaración, que puede proporcionar una visión minusvalorada de la verdadera magnitud del problema, dado que si no hay daños pueden no presentarse atestados (Morell *et al.* col., 2013; Steiner *et al.* col., 2014; Sáenz de Santamaría y Tellería, 2015). Aunque el número y diversidad de las fuentes de información permitiría suponer que el conjunto de datos comprende la práctica totalidad de las colisiones en el periodo considerado, se han aplicado técnicas de marcaje-recaptura para hacer una estimación del alcance real del fenómeno y poder así calibrar la representatividad de nuestra base de datos.

1.3. Análisis de los datos

En el análisis se ha utilizado la prueba de Chi cuadrado (χ^2) para señalar diferencias estadísticamente significativas respecto a la distribución de las frecuencias que se esperaría al azar cuando se trataba de variables que no se ajustan a una distribución normal (distribución mensual, diaria u horaria de los accidentes) o cuando se pretendía comparar la distribución observada con una distribución esperada de los datos. Se han empleado regresiones lineales y correlaciones simples para poner a prueba las relaciones entre los accidentes y otras variables tales como la intensidad del tráfico, la longitud de las vías de alta capacidad o la intensidad de caza. Para los análisis estadísticos y la realización de las gráficas se utilizó, según los casos, Excel 2010 o R versión 3.1.2.

Igualmente, se ha considerado cada fuente de información o sistema de registro como una campaña independiente de captura y marcaje para aplicar las técnicas de Lincoln-Petersen para dos muestras en la red de carreteras de la Comunidad Autónoma y de Schnabel de muestras múltiples en la red del Estado a fin de calcular el número probable de accidentes de este tipo que realmente ocurren en Asturias.

Para la georreferenciación de los siniestros se ha usado la capa de los pk de la versión digital del Mapa de Tráfico 2014 (Ministerio de Fomento 2014b) para las carreteras de la red estatal y de la Agenda de Carreteras del Principado de Asturias (Dirección General de Infraestructuras y Transporte

2014) para las de la red autonómica. El tratamiento de la información georreferenciada se ha realizado con ArcGis 9.3, habiéndose adscrito cada accidente a su pk correspondiente para determinar el número de siniestros en cada kilómetro de carretera.

2. Resultados

2.1. Importancia de la siniestralidad por fauna, evolución interanual y tipo de vehículos implicados

Los accidentes en los que intervienen animales sueltos en Asturias ascendieron en el periodo 2007-2014 a 7 755. De ellos, 6 377 corresponden a animales silvestres, lo que supone el 82,23 % de los primeros.

Las colisiones con o provocadas por animales silvestres supusieron el 21,31 % del total de los siniestros registrados en la región en ese periodo, aunque su importancia fue distinta en cada año. Como se observa en la figura 1, hasta 2012 la situación fue alcista, tanto en el número absoluto de accidentes, como en su importancia relativa en el conjunto de la siniestralidad por cualquier causa (en 2007 suponían el 18,01 % de los accidentes, mientras que en 2012 llegaron al 26,45 %). A partir de ese año comenzaron a descender a un ritmo medio próximo al 11 % anual, aunque su importancia relativa era toda-

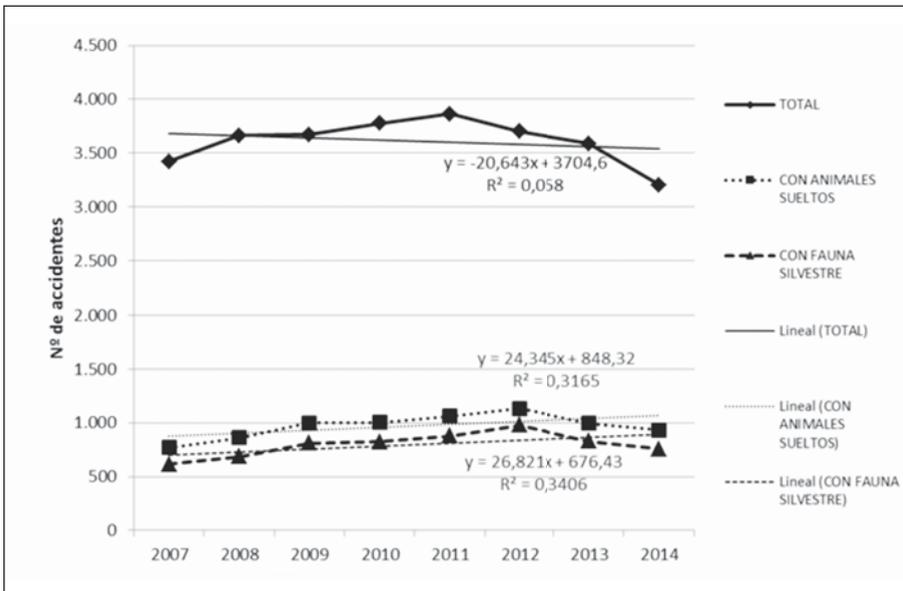


Figura 1. Evolución de la siniestralidad total, provocada por animales sueltos y por fauna silvestre en Asturias durante el periodo 2007-2014.

vía mayor que al inicio del periodo (23,60 % en 2014). Este escenario hace que la tendencia de la siniestralidad general en el conjunto del periodo descienda, mientras que las de los accidentes con fauna silvestre o con animales sueltos (domésticos o silvestres) tengan una pendiente positiva, aunque en todos los casos el coeficiente de determinación es bajo.

Siendo parecida, la evolución no ha sido idéntica en la Red de Carreteras del Principado de Asturias que en la del Estado y, en ella, en las vías de alta capacidad que en las convencionales. Así, como muestra la figura 2, la caída ha sido más fuerte en la autonómica que en la estatal y, en esta última, en las vías convencionales que en las de alta capacidad que, en la segunda parte del periodo, igualan o superan a las primeras en número absoluto de siniestros por fauna silvestre.

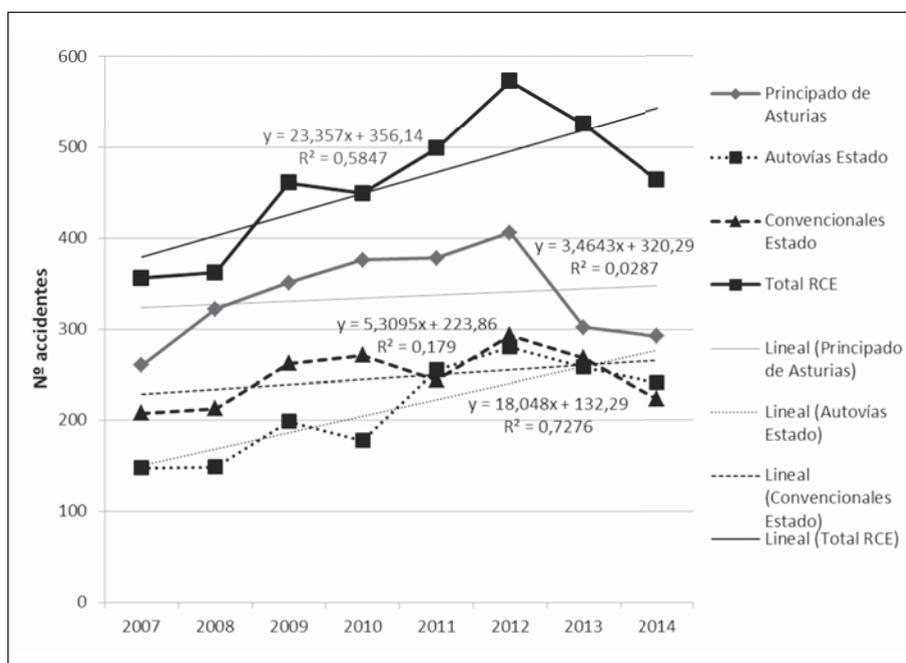


Figura 2. Evolución de la siniestralidad provocada por fauna silvestre en la Red de Carreteras del Principado de Asturias, en el conjunto de la Red de Carreteras del Estado en Asturias, y en las autovías y en las carreteras convencionales de esta última.

La evolución de la siniestralidad por fauna en relación con el tráfico que soporta cada tipo de vial se expresa en la figura 3, en la que se ve que la tasa de accidentes en las vías de alta capacidad es sensiblemente inferior a la registrada en las carreteras convencionales y que la distancia entre ambas, en la red estatal, se ha ido agrandando a medida que avanzaba el periodo.

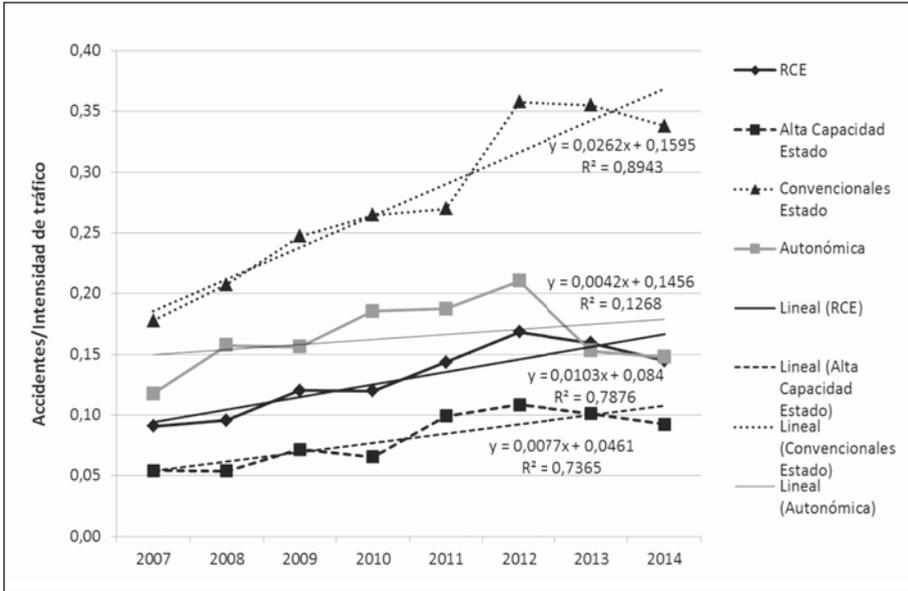


Figura 3. Accidentes/Intensidad tráfico en el conjunto de la Red de Carreteras del Estado en Asturias, en sus vías de alta capacidad y convencionales y en la Red de Carreteras del Principado.

En 4 543 siniestros se ha contado con información referida a los vehículos implicados en ellos, resultando ser mayoritariamente turismos (tabla 1).

Tabla 1. Tipología de vehículos implicados en accidentes con animales silvestres (N = 4 543)

Tipo de vehículo	Nº de siniestros	%
Camiones	50	1,11
Autobuses	7	0,15
Furgonetas	269	5,93
Turismos	4 178	91,96
Ciclomotores y motocicletas	15	0,32
Otros	24	0,52

2.2. Especies involucradas y distribución por años y tipo de vías

Las especies que han intervenido en los accidentes provocados por fauna silvestre se muestran en la tabla 2. Los ungulados, con cerca de un 92 %, son los responsables de la mayoría de ellos, correspondiendo al jabalí y al corzo

una posición predominante, mientras el venado y el rebeco ocupan una marginal. La mayoría de las especies identificadas singularmente no presentan ningún nivel de amenaza en su estado de conservación en España o en Asturias, aunque el oso constituye una excepción ya que está considerado como «en peligro crítico» (Palomo *et al.*, 2007; Norey y García-Rovés, 2007). En todo caso, el siniestro registrado no implica un atropello de un oso, sino un accidente, según el informe, de un vehículo al esquivar un oso presente en la carretera.

Tabla 2. Distribución por especies (o grupos faunísticos) y por año de los accidentes provocados por fauna silvestre en Asturias en el periodo 2007-2014.

Especie	AÑO								TOTAL	%	\bar{X}
	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014			
<i>Sus scrofa</i>	360	391	471	487	541	605	512	482	3 849	60,36	481,13
<i>Capreolus capreolus</i>	205	232	279	281	250	270	224	169	1 910	29,95	238,75
<i>Cervus elaphus</i>	15	21	15	12	10	10	10	10	103	1,62	12,88
<i>Rupicapra pyrenaica</i>	1		1						2	0,03	0,25
<i>Ungulados</i>	581	644	766	780	801	885	746	661	5 864	91,96	733
<i>Vulpes vulpes</i>	19	17	21	21	29	35	43	45	230	3,61	28,75
<i>Meles meles</i>	9	15	17	17	37	41	29	40	205	3,21	25,63
<i>Genetta genetta</i>		1				2	1		4	0,06	0,50
<i>Lutra lutra</i>				1					1	0,02	0,13
<i>Canis lupus</i>	1	1	3			1			6	0,09	0,75
<i>Ursu sarctos</i>							1		1	0,02	0,13
Carnívoros sin identificar	1	1				2			4	0,06	0,50
<i>Carnívoros</i>	30	35	41	39	66	81	74	85	451	7,07	51,25
<i>Phasianus colchicus</i>	3			1	2		1		7	0,11	0,88
Rapaz diurna	2	1		2		3	1		9	0,14	1,13
Rapaz nocturna				1					1	0,02	0,13
<i>Corvus corone</i>							1		1	0,02	0,13
Pato	1				2	1	1	1	6	0,09	0,75
Perdiz	1								1	0,02	0,13
Aves sin identificar			2		1	1	1		5	0,08	0,63
<i>Aves</i>	7	1	2	4	5	5	5	1	30	0,47	3,75
<i>Sin identificar</i>	1	3	3	2	3	8	5	7	32	0,50	4
TOTAL	619	683	812	825	875	979	830	754	6 377	100	797,13

En el periodo estudiado se ha producido una transformación en la relación entre el número de accidentes de jabalí y de corzo, que ha aumentado notablemente en favor de los primeros. Los resultados de la matriz de correlaciones entre el cociente «accidentes de jabalí/accidentes de corzo» y las «capturas de jabalí por cacería/capturas de corzo por cacería», por una parte, y los «kilómetros de vías de alta capacidad», por otra, se recogen en la tabla 3 y muestran la fuerte relación existente, estadísticamente significativa para $p \leq 0,01$.

Tabla 3. Matriz de correlaciones entre «accidentes de jabalí / accidentes de corzo», «capturas de jabalí por unidad de esfuerzo / capturas de corzo por unidad de esfuerzo» y «kilómetros de vías alta capacidad».

	$N.^\circ \text{ acc. jabalí} / N.^\circ \text{ acc. corzo}$	$\text{capt. jabalí por cacería} / \text{capt. corzo por cacería}$	$\text{km de vías alta capacidad}$
N.º acc. jabalí / N.º acc. corzo	1		
Capt. jabalí por cacería / capt. corzo por cacería	0,795137812	1	
km de vías alta capacidad	0,907480459	0,6364362	1

La distribución por especies no es homogénea entre los distintos tipos de viales. Así, si nos atenemos a los dos principales ungulados, vemos en la tabla 4 que es mucho más equilibrada en las carreteras convencionales que en las vías de alta capacidad.

Tabla 4. Distribución de los siniestros provocados por corzos y jabalíes en vías convencionales y en vías de alta capacidad en Asturias durante 2007-2014.

Tipo de vial	% de accidentes	
	corzo	jabalí
Convencionales	42,34	57,66
Alta capacidad	08,92	91,08

2.3. Representatividad de los datos y estimación del número real de accidentes

La tabla 5 presenta la distribución de frecuencias de los accidentes con registros considerados de mayor fiabilidad frente al resto en la Red de Carreteras del Estado para las dos especies de ungulados mayoritarias. Su comparación presenta un ajuste estadísticamente significativo en los dos tipos de viales considerados (viales de alta capacidad $\chi^2=0,54028975$, g. l.=1, $p=0,01$; viales convencionales $\chi^2=2,277\ 660\ 93$, g. l.=1, $p=0,01$).

Tabla 5. Distribución de los registros de ungulados según la fiabilidad de los sistemas de registro en la Red de Carreteras del Estado en Asturias.

	Viales de alta capacidad				Viales convencionales			
	Jabalí		Corzo		Jabalí		Corzo	
	N	%	N	%	N	%	N	%
Registros de mayor fiabilidad	851	92,80	66	7,20	523	70,39	220	29,61
Registros de menor fiabilidad	431	90,92	43	9,08	678	63,54	389	36,46

En la tabla 6 se muestra el resultado de la aplicación de los sistemas de «marcaje-recaptura» a la estimación del número de accidentes con fauna silvestre en el Principado de Asturias en 2007-2014.

Tabla 6. Resultados de la aplicación de los sistemas de «marcaje-recaptura» a la estimación del número de accidentes con fauna silvestre en el Principado de Asturias 2007-2014. (registros ARENA = registros SEVIPA o DEMARCACIÓN-ARENA).

	1ª	2ª captura		3ª captura			
	captura	Registros CAZA		Registros CONSERVACIÓN			
	N.º	N.º	N.º	N.º	N.º	N.º	N.º
Red de Carreteras	registros ARENA	registros también en ARENA	registros totales	registros también solo en ARENA	registros también solo en CAZA	registros a la vez en ARENA y CAZA	registros totales
Autonómica	2 406	1 826	2 105	-	-	-	-
Estatal	2 700	1 993	2 247	278	40	894	1950
Total	5 106	-	4 342	-	-	-	1950

2 774
(IC_{95%}=
2 750-2797)

3 726,7335
(IC_{95%}=
3 726,7244
-3 726,7427)

6 500,7335

La tabla 7 expone la comparación entre el número de siniestros por fauna silvestre registrado en este trabajo (número mínimo de accidentes) y el número de colisiones de ese tipo que se estima pueden realmente existir calculado por los mencionados sistemas, que suponen un 1,94 % más.

Tabla 7. Comparación entre el número de siniestros por fauna silvestre contemplado en este trabajo (número mínimo) y el número de colisiones de ese tipo que se estima pueden realmente existir calculado por sistemas de marcaje-recaptura.

Red de Carreteras	N.º mínimo de accidentes registrados	N.º de accidentes estimados por marcaje-recaptura
Autonómica	2 685	2 774
Estatad	3 692	3 727
Total Asturias	6 377	6 501

2.4. Patrones de la siniestralidad por fauna silvestre

El mayor número de accidentes con animales silvestres se produce desde el otoño a finales del invierno y a principios de la primavera (figura 4).

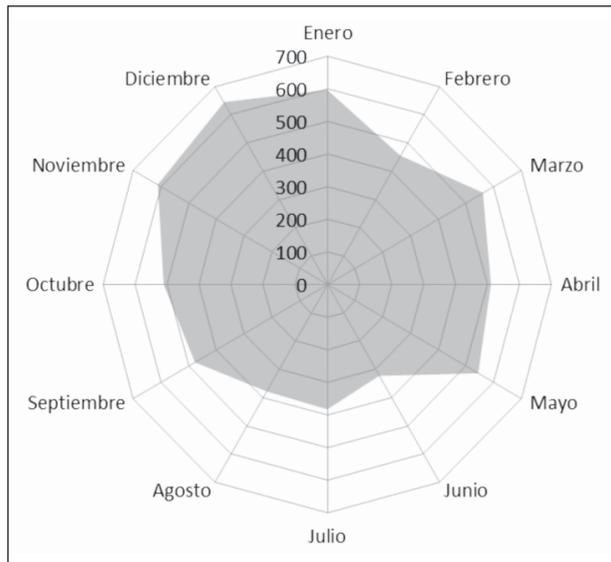


Figura 4. Distribución mensual de los accidentes provocados por especies silvestres en las carreteras de Asturias, periodo 2007-2014.

El reparto semanal (figura 5) muestra una distribución estadísticamente significativa diferente de la esperada al azar ($\chi^2=67,70362239$; g. l.=6; $p \leq 0,01$), situándose los sábados y domingos el número de accidentes por encima de la media ($\bar{X}=911$).

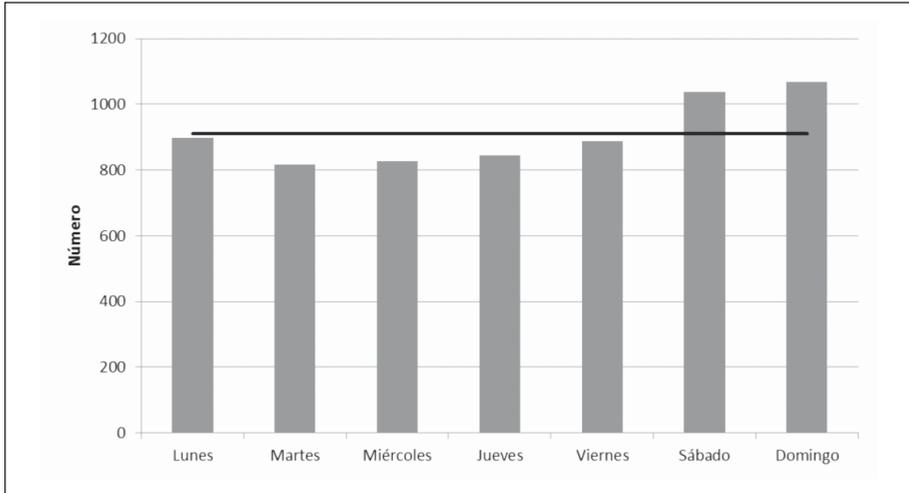


Figura 5. Distribución de la siniestralidad por fauna silvestre en las carreteras de Asturias, periodo 2007-2014, según días de la semana (\bar{X} =línea horizontal).

La concentración horaria muestra una marcada tendencia al oscurecer, en la franja situada entre las 20 y las 23 horas (figura 6).

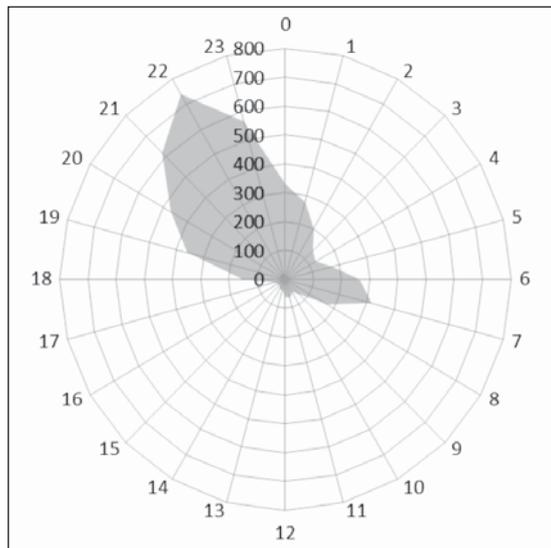


Figura 6. Distribución horaria de los accidentes provocados por fauna silvestre en las carreteras de Asturias, periodo 2007-2014 (n=5 335).

No obstante, el patrón de las dos principales especies implicadas, jabalí y corzo, es muy diferente. En el caso del jabalí (figura 7), se produce una concentración de siniestros después del ocaso del otoño-invierno, de tal manera que el 54,01 % de los accidentes ocurren en los meses comprendidos entre septiembre y enero, mostrando un reparto de frecuencias mensuales ($\chi^2=352,2377241$; g. l.=11; $p\leq 0,01$) y por tramos horarios ($\chi^2=86,92709549$; g. l.=3; $p\leq 0,01$) estadísticamente significativa diferente de las esperadas al azar.

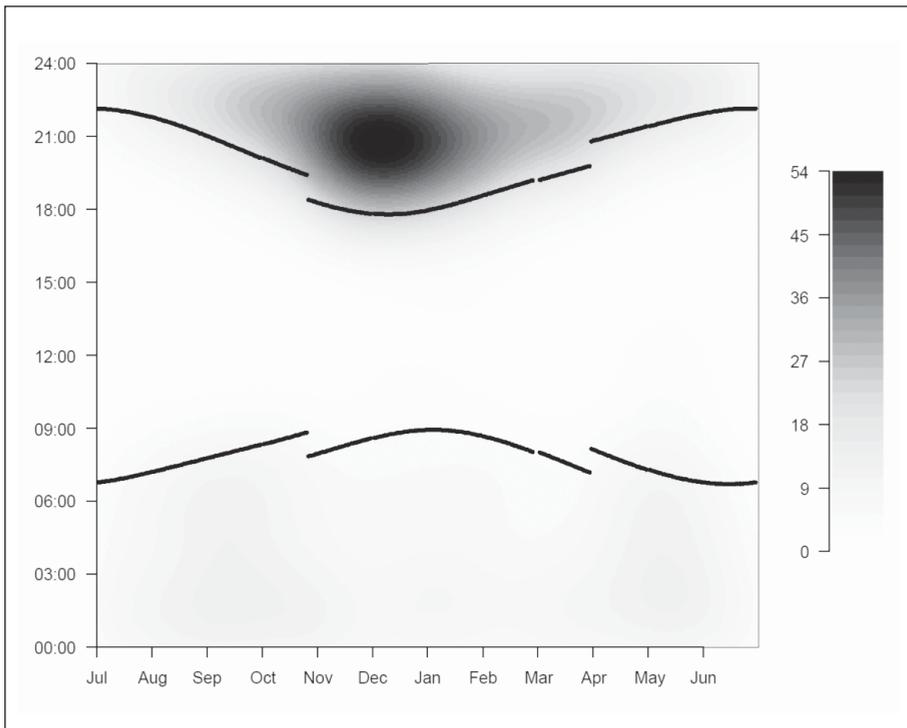


Figura 7. Distribución de la densidad de frecuencia absoluta conjunta de los accidentes con jabalí a lo largo del año y de la hora del día (las líneas negras señalan el orto y el ocaso) (n=3 260).

Por su parte, el del corzo (figura 8) presenta una mayor acumulación primaveral, un reparto más equilibrado entre el amanecer y el atardecer, y unos hábitos menos estrictamente vinculados a la oscuridad. De marzo a mayo se concentran el 36,91 % de los accidentes, con un reparto de frecuencias también desigual de la esperada al azar ($\chi^2=165,4596859$; g. l.= 11; $p\leq 0,01$), circunstancia que concurre en la distribución por tramos horarios ($\chi^2=25,87614015$; g. l.=3; $p\leq 0,01$).

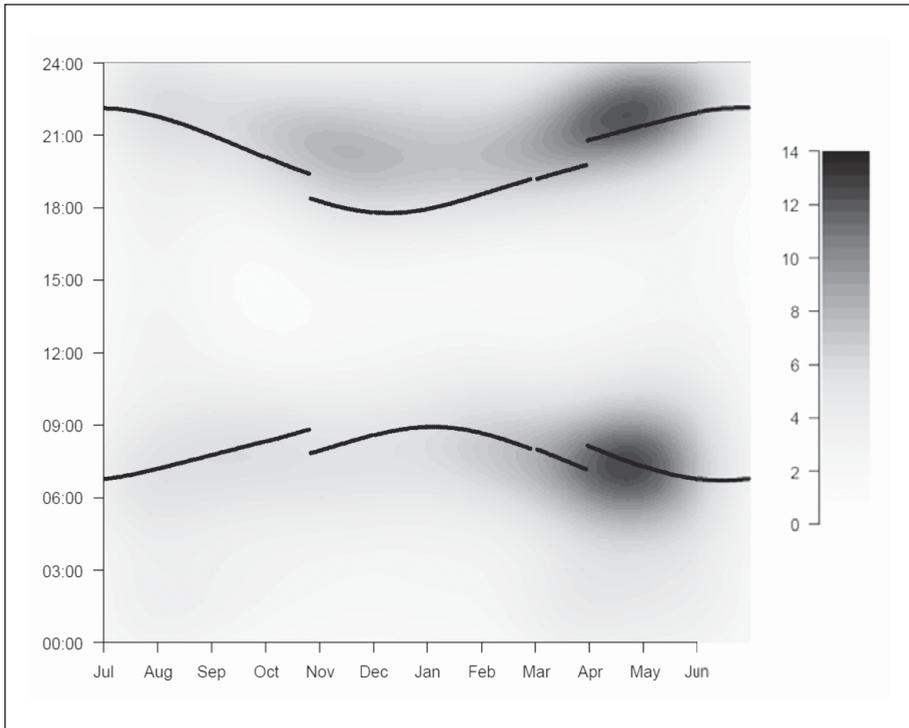


Figura 8. Distribución de la densidad de frecuencia absoluta conjunta de los accidentes con corzo a lo largo del año y de la hora del día (las líneas negras señalan el orto y el ocaso) (n=1 679).

2.5. Distribución espacial

La distribución territorial de los accidentes es muy desigual. La gran mayoría se acumulan en el área central y en la franja litoral de las dos alas de la región (figura 9), donde los accidentes vienen a ser un continuo que afectan, en mayor o menor grado, a todos los puntos kilométricos de sus principales viales.

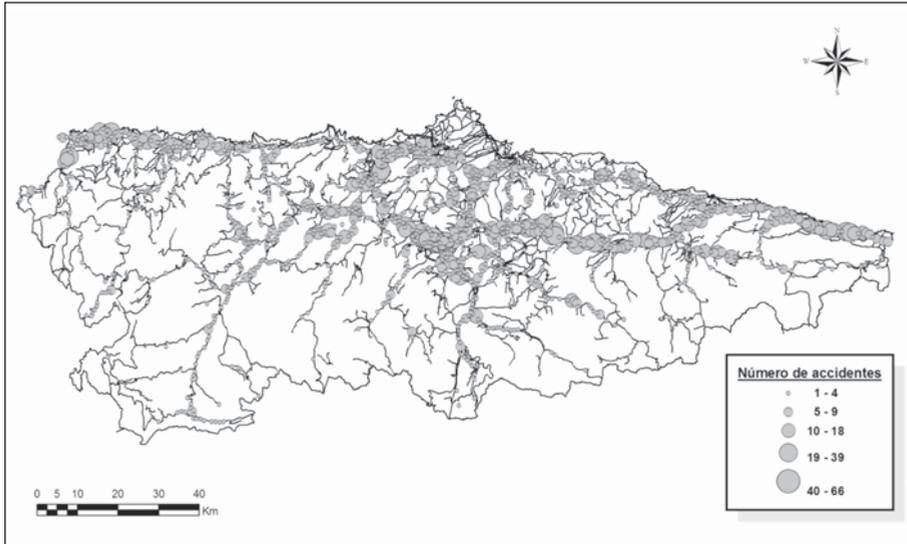


Figura 9. Distribución geográfica de los accidentes con fauna silvestre 2007-2014 por pk en las carreteras de Asturias.

La figura 10 muestra las celdas de la retícula UTM de 10x10 km donde se han producido accidentes con las cuatro especies con mayor número de ellos: jabalí, corzo, zorro y tejón, respectivamente.

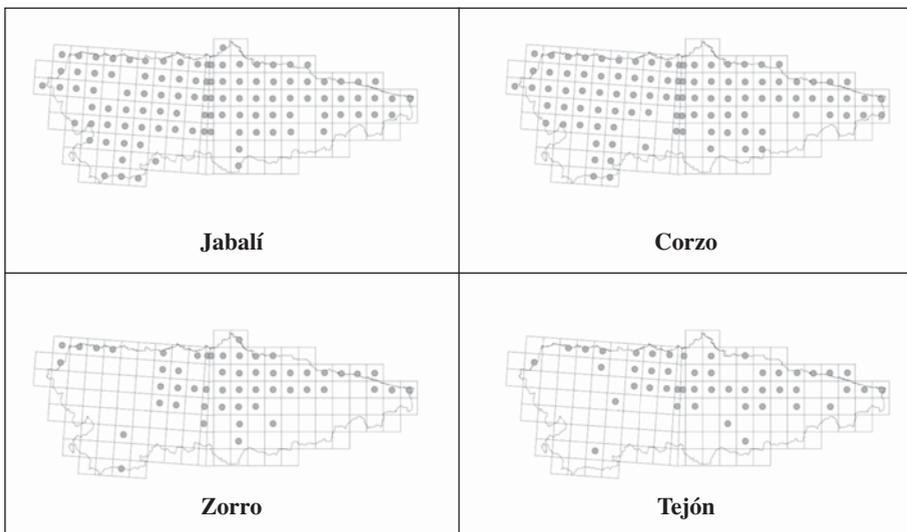


Figura 10. Celdas de la retícula UTM de 10x10 km donde se han producido accidentes con jabalí y tejón en el periodo 2007-2014.

3. Discusión

El problema de los subregistros en los accidentes con ungulados no dificulta la investigación con las bases de datos existentes para la elaboración de modelos de predicción y el desarrollo de estrategias para reducir la siniestralidad, pues los análisis son fiables incluso con tasas muy elevadas (Snowt *et al.*, 2015). Sin embargo, sí puede tener repercusión cuando también interesa su incidencia sobre las poblaciones silvestres.

En este caso, es improbable que el acumulado de las cuatro fuentes de información abarque la totalidad de los accidentes, pero la cifra real no debe ser mucho mayor, como apunta el resultado de la aplicación de las técnicas de marcaje-recaptura. La mayor subrepresentación debe darse en colisiones con vehículos pesados donde los daños potenciales siempre son más pequeños, así parece indicarlo que en el 7,19 % de los siniestros registrados intervengan estos vehículos, cuando representan el 9 % del tráfico. Igualmente, puede afectar a las especies de menor tamaño, como sugiere el hecho de que Balseiro *et al.* (2011) analizaran durante 2006-2010, en un estudio sobre la tuberculosis bovina, tejones procedentes de atropellos en términos municipales donde nuestros datos no ofrecen resultados.

Las limitaciones que se derivan de la inexistencia de una fuente de datos única es un aspecto tratado en trabajos de este tipo (Huijser *et al.*, 2008; Vanlaar *et al.*, 2012). La principal cuestión es la fiabilidad de los datos. El hecho de que se haya encontrado un ajuste estadísticamente significativo al comparar, en la Red de Carreteras del Estado, los resultados entre los sistemas de registro en principio más y menos fiables indica que recogen idéntica realidad y permiten dar por aceptables los datos provenientes de todas las fuentes.

En definitiva, las pruebas señalan que la base de datos formada es un reflejo cierto y ajustado de la realidad en el periodo considerado y que, por tanto, los resultados tienen detrás, a estos efectos, suficiente potencia estadística.

El aumento de los accidentes provocados por la fauna silvestre suele relacionarse con el crecimiento de la red viaria y del volumen de tráfico, el incremento de la velocidad, la expansión de especies como el corzo y, sobre todo, el jabalí y la escasez de medidas correctoras de la fragmentación del hábitat que causan las carreteras (Langbein *et al.*, 2011). La disminución detectada en los años 2013 y 2014 en Asturias puede ser un simple diente de sierra dentro de esa tendencia general o el preludio de un cambio positivo que habrá que confirmar en próximos años. El hecho de que también haya disminuido la relación entre accidentes e intensidad de tráfico insinúa que nos encontramos ante el segundo supuesto.

Existe una aparente contradicción entre el mayor aumento de los accidentes a lo largo del periodo en las autovías que en las vías convencionales, hasta llegar a sobrepasar los que se producen en éstas últimas en el caso de la red

estatal, y la considerablemente menor tasa de crecimiento, de la relación accidentes/intensidad de tráfico en esos viales. Ello viene a plasmar la paradoja de que las vías de alta capacidad tienen, en principio, una mayor incidencia sobre la fauna silvestre, en lo que se refiere a animales afectados por atropellos, pero a la vez una significativamente menor sobre la siniestralidad. Desde la perspectiva de la fauna, se podría decir que si todo el tráfico que circula por las vías de alta capacidad lo hiciera por los viales convencionales el número de atropellos sería aún mucho mayor. Sin duda ello tiene que ver con los vallados que circundan las autovías, pero el diferente reparto de accidentes entre jabalí y corzo en las vías convencionales y de alta capacidad refleja que el cerramiento usual parece bastante efectivo para impedir el acceso a la calzada del pequeño cérvido, pero mucho menos para frenar al suido.

El incremento de la longitud de las autovías a lo largo del periodo estudiado es el factor que mejor explica la evolución de la relación entre el número de accidentes de jabalí y de corzo. No obstante, los resultados de la matriz de correlaciones entre el cociente «accidentes de jabalí/accidentes de corzo» y los «kilómetros de vías de alta capacidad» y las «capturas de jabalí por cacería/capturas de corzo por cacería» obligan a considerar también el devenir de las poblaciones de estas dos especies. En efecto, para que se produzca un accidente tienen que coincidir en el tiempo y en el espacio un vehículo y un animal, y dado que las poblaciones de jabalí están en expansión, y así lo registran las capturas por unidad de esfuerzo (animales abatidos/cacerías realizadas) que desde 2007 a 2014 han pasado de 0,95 a 1,31, la probabilidad de que esa concurrencia suceda debe haberse incrementado. Por el contrario, ese mismo índice para el corzo ha disminuido de 0,89 a 0,79 en rececho y de 0,53 a 0,31 en batida.

La expansión del jabalí también puede constatarse atendiendo a la distribución geográfica de los accidentes con esta especie. Al comparar las cuadrículas ocupadas en el mapa de la figura 10 con la información contenida en la correspondiente ficha del Atlas y Libro Rojo de los Mamíferos Terrestres de España (Rosell y Herrero, 2007), 34 cuadrículas que en el Atlas estaban vacías resultan ahora cubiertas, incumbiendo en su mayoría a celdas ubicadas en la costa y en el área central. Colino-Rabanal y Peris (2016) ya habían mostrado la utilidad de emplear la siniestralidad con fauna para complementar la información obtenida por otras fuentes en la elaboración de mapas de distribución de ungulados e incluso habían señalado que esta fuente era especialmente válida en las zonas donde la red de carreteras era más tupida y circulaban más vehículos por ella. En nuestro caso, entre las cuadrículas cubiertas se encuentran las de las ciudades de Oviedo, Gijón, Avilés y Mieres que reúnen en su entorno buena parte de los accidentes con animales silvestres, y que corresponden a términos municipales que Nores *et al.* (1995) habían dado con presencia ocasional de la especie o a parroquias rurales que a finales del siglo XX no contaban con ella (Nores *et al.*, 1992).

Esta acumulación de accidentes alrededor de las grandes ciudades asturianas se produce debido a la influencia de vías con intensidades de tráfico muy elevadas, entre las que se encuentran, por ejemplo, la A-8 a su paso por Gijón y Avilés, la A-66 en Mieres o Gijón y la A-63, la A-64, la O-11 y la O-12 en Oviedo, todas de alta capacidad y con IMD elevadas (entre 18 000 y 52 000). Estas intensidades de tráfico superan, por mucho, los límites del marco conceptual expresado por Seiler (2003), generalmente aceptado, de que las carreteras con tránsitos de vehículos diarios superiores a 10 000 incrementan el efecto barrera, haciendo que los animales rehúyan la vía y los accidentes disminuyan.

La distribución de accidentes del corzo y del zorro aporta poca información nueva al conocimiento expresado en el mencionado Atlas y Libro Rojo de los Mamíferos Terrestres de España. En el primer caso, se cubren cinco de las seis cuadrículas que permanecían vacías en la correspondiente ficha (San José 2007), lo que prácticamente significa dar por completado el territorio regional. En el del zorro las cuadrículas nuevas son solo seis respecto de la ficha original (Gortázar 2007). Sin embargo, la ampliación de la información relativa al tejón es muy amplia, ya que la comparación con la correspondiente ficha (Revilla *et al.*, 2007) suministra 24 nuevas cuadrículas con localizaciones. La mayoría se encuentran en zonas de densidad media a alta en el modelo elaborado para la especie en Asturias por Acevedo *et al.* (2014), que señalan como los factores más importantes para explicar la abundancia las altitudes bajas, las praderas —circunstancias que concurren en nuestras localizaciones— y los suelos bien drenados.

La utilización de los animales muertos en accidentes de tráfico como técnica de monitoreo de las poblaciones de carnívoros de mediano tamaño requiere de una verificación previa y cuantificación de la relación entre la densidad de animales y el número de accidentes (Baker *et al.*, 2004). No obstante, la tendencia creciente encontrada en el tejón y el zorro en el periodo 2007-2014 parece indicar un paulatino incremento de sus poblaciones, aunque otros factores puedan también haber influido en los resultados.

No existen estimaciones de población publicadas para el jabalí y el corzo en Asturias, pero la comparación con los animales cazados puede darnos una idea sobre la incidencia de los accidentes sobre estas especies. Así, desde la temporada de caza 2006-2007 a la 2014-2015 se han abatido una media de 8 193 jabalíes y 1 319 corzos por año (SADEI, 2015), por lo que los siniestros de vehículos con fauna vienen a ser del orden de algo menos del 6 % y algo más del 18 % de esas cifras, respectivamente. Aunque ninguna de las dos especies tiene un estado de conservación comprometido, sí parece que esta mortalidad adicional del corzo debería ser tenida en cuenta en su gestión en el contexto de su aparente reducción actual, producida quizás como consecuencia de la *Cephenemyia stimulator* o miasis del corzo, que tiene especial incidencia en el noroccidente español (Hidalgo *et al.*, 2012).

Los patrones estacional, diario y horario de los accidentes con jabalíes y corzos son similares a los observados en otros estudios realizados en España (Markina, 1999; Lara *et al.*, 2004; Rodríguez, 2010; Mercado, 2011; Lagos *et al.*, 2012; Rosell *et al.*, 2012) y congruentes con trabajos preliminares en Asturias (Nores, 2008; Menéndez, 2009), habiéndose propuesto diferentes hipótesis para explicar cada uno de ellos. En nuestra opinión parece difícil una interpretación que no los contemple de forma integrada.

No debe desdeñarse el papel que, en el caso del jabalí, pueden tener el celo (que implica movimientos mayores de los machos reproductores, aunque estos apenas deben suponer el 30 % de la población –Nores *et al.*, 2000–) o la caza (citada por la mayoría de los autores a pesar de que algunos trabajos minimicen mucho su influencia en los patrones espacio-temporales de uso del hábitat por la especie –Keuling *et al.*, 2008; Scillitani *et al.*, 2010–). Pero, debería especularse con una respuesta colectiva a distintos factores, como se representa en la figura 11, en la que jugaría un papel importante la búsqueda de alimento en una época de escasez.

Apoya esta explicación colectiva la elevada plasticidad de una especie (Keuling *et al.*, 2009) que adopta estrategias diferentes para enfrentarse a distintas situaciones ambientales (Gamelon *et al.*, 2013). Así, Podgórski *et al.* (2013) hallaron con animales radiomarcados resultados muy diferentes en bosques primigenios extensos y en zonas metropolitanas, similares a las áreas asturianas donde suceden la mayoría de los accidentes. En los primeros, los jabalíes prácticamente no muestran variación en su actividad a lo largo del día, ni en la velocidad de desplazamiento ni en la distancia diaria recorrida

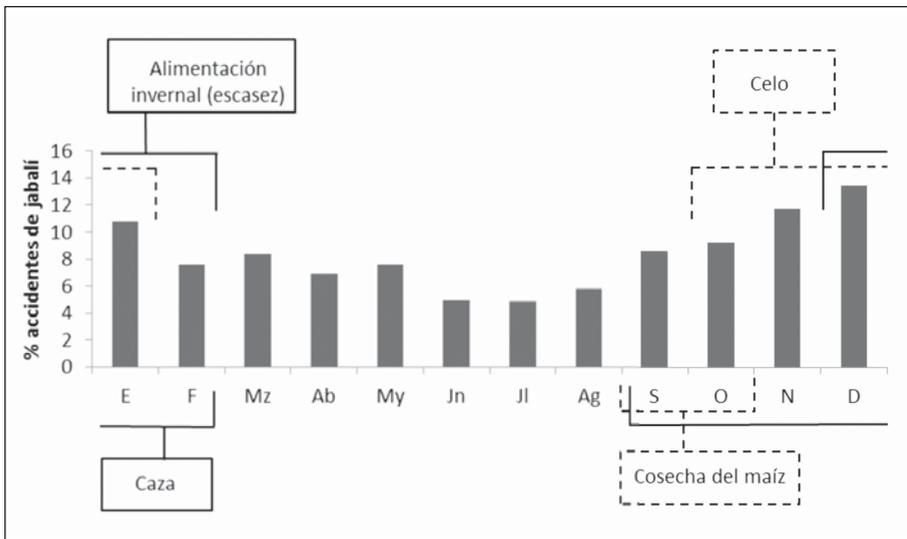


Figura 11. Posibles causas de influencia sobre la siniestralidad con jabalí.

según estaciones. En las segundas, se produce una paralización de la actividad en las horas centrales del día y se registra un incremento notable en la velocidad de movimiento a medida que se producen condiciones de mayor oscuridad o se constata que la distancia que los animales recorren cada día es bastante mayor en otoño e invierno que en primavera y verano. Estos autores interpretaron las diferencias como respuesta a las perturbaciones humanas y disponibilidad alimentaria.

En el caso del corzo puede especularse con una hipótesis similar (figura 12). Klomberg (2012) aporta evidencias de que en Holanda la gran mayoría de los animales accidentados en primavera son ejemplares menores de cuatro años, lo que le hace suponer que la fuerte territorialidad de los machos adultos provoca un aumento de la movilidad de los jóvenes y de los subadultos y, en consecuencia, un incremento de su probabilidad de cruce de las carreteras y un mayor número de siniestros. Por su parte, Bonnot *et al.* (2013) encuentran un uso del hábitat marcadamente diferente entre el día y la noche, con una mayor utilización de los bosques, que suministran protección, cuando hay luz y un mayor uso de hábitats abiertos ricos en forraje en el crepúsculo o en la oscuridad, por lo que concluyen que el alto uso de la foresta durante el día es probablemente una consecuencia de la evitación de las perturbaciones humanas.

Desde esa perspectiva, los corzos serían capaces de prosperar en paisajes altamente humanizados, como todos los de las zonas bajas asturianas, por la modificación de su comportamiento espacial, utilizando con mayor intensi-

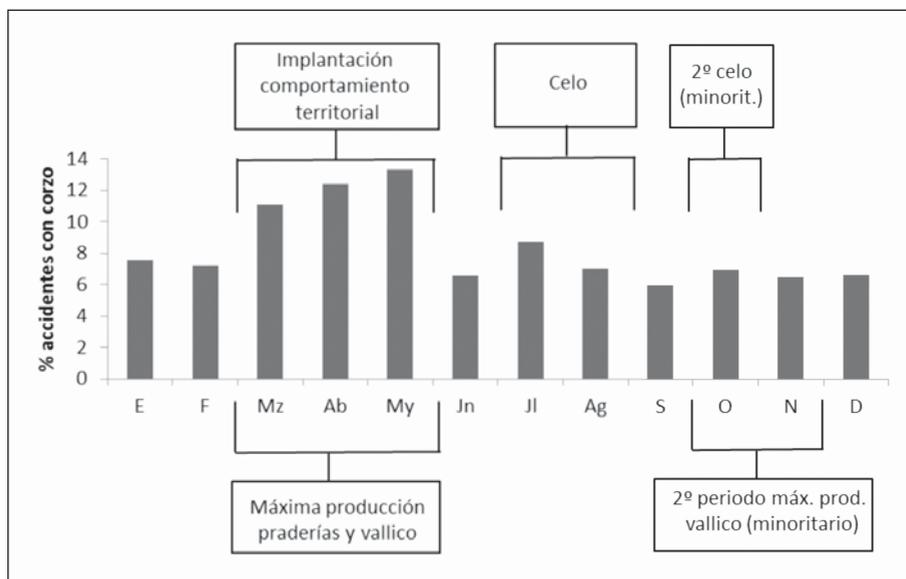


Figura 12. Posibles causas de influencia sobre la siniestralidad con corzo.

dad hábitats que les suministran recursos alimenticios de alta calidad, como los campos de cultivos o las praderas (que suelen estar más cerca de las carreteras), durante las horas de menos luz.

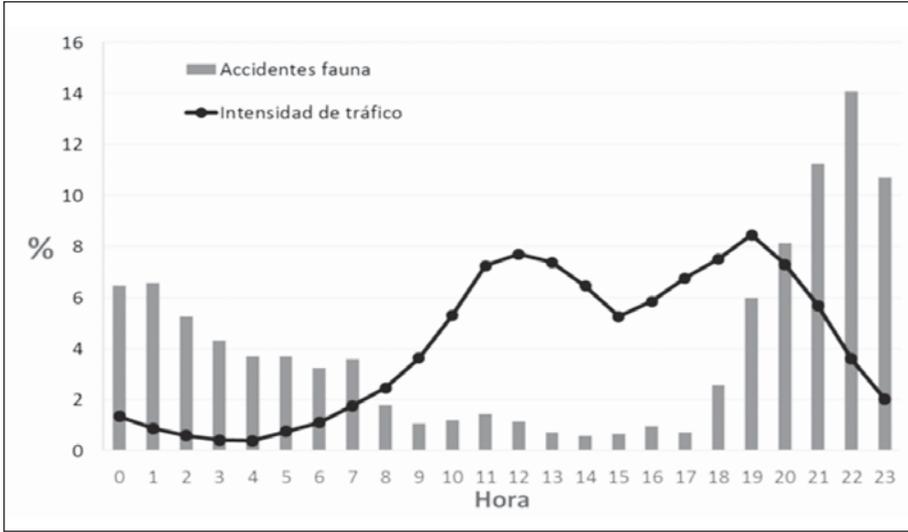


Figura 13. Distribución porcentual por horas de los accidentes con fauna silvestre en Asturias y de la IMD en el pk 3 de la A-63 en días festivos.

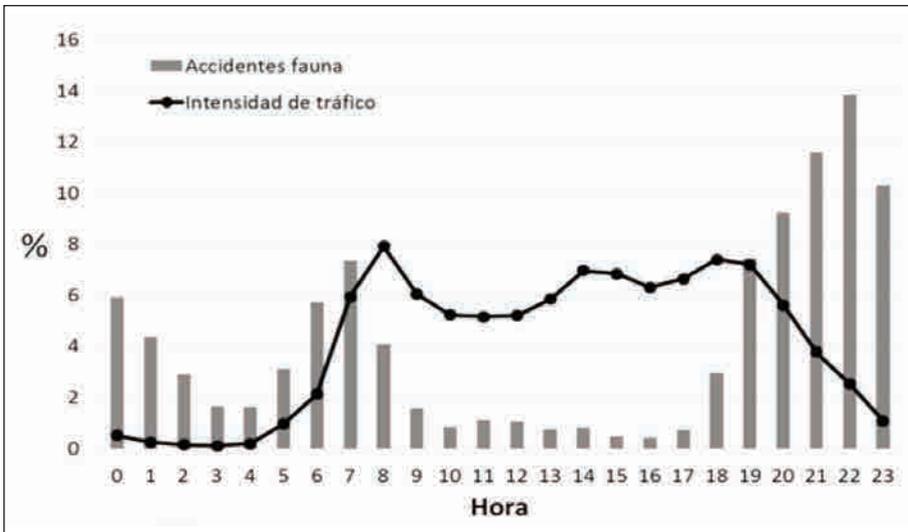


Figura 14. Distribución porcentual por horas de los accidentes con fauna silvestre en Asturias y de la IMD en el pk 3 de la A-63 en días laborables.

En esta explicación también debería ser considerada la intensidad del tráfico por horas y días (figuras 13 y 14). Las estaciones de aforo (carretera A-63, tomada como representativa de la mayoría de las carreteras de la región) indican que en la franja horaria entre las 21 h y las 5 h hay más tráfico los festivos que los laborables (el 15,73 % de la IMD frente al 9,58 % de media en la red estatal –Ministerio de Fomento 2014b–) y parece que ello se corresponde con un mayor número de accidentes (el 66,12 % frente al 55,36 %, respectivamente). De la misma manera, la «entrada al trabajo» de los días laborables, entre las 6 h y las 9 h, repercute en una mayor intensidad de tráfico acumulada en esas jornadas frente a las festivas (22,05 % frente a 8,96 % de media en la red estatal –Ministerio de Fomento 2014b–) y parece tener reflejo en los accidentes (un 18,73 %, frente a un 9,71 %).

4. Conclusión

Por su propia naturaleza, los conflictos humanos-vida silvestre siempre son susceptibles de ser interpretados desde una doble perspectiva. En este caso, el conocimiento de la distribución y la evolución de los accidentes con fauna silvestre, así como de los patrones y factores que influyen en ellos pueden servir para diseñar y llevar a la práctica medidas de mitigación que mejoren la seguridad vial, por ejemplo, incorporando los resultados al diseño de las infraestructuras o a los modernos sistemas que ayudan a la conducción de los vehículos. A la par, la información que se desprende de estos estudios puede y debe aplicarse para mejorar la gestión de las especies, por ejemplo, ajustando las tasas de caza si los datos indican que puede existir posibilidad de una mortalidad excesiva, para el corzo o el jabalí, en un momento dado.

Agradecimientos

Este estudio se ha elaborado en el marco del Trabajo Fin de Grado titulado «Estudio de la siniestralidad y análisis de alternativas para la construcción de pasos de fauna para grandes mamíferos en carreteras de Asturias» de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de la Universidad de Cantabria, cuya realización ha sido posible gracias a los datos facilitados por la Demarcación de Carreteras del Estado en Asturias y de las Direcciones Generales de Infraestructuras y Transporte y de Recursos Naturales del Principado de Asturias.

Bibliografía

ACEVEDO, P.; GONZÁLEZ-QUIRÓS, P.; PRIETO, J. M.; ETHERINGTON, T.; GORTÁZAR, C. & BALSEIRO, A., 2014. Generalizing and transferring spatial models: A case study to predict Eurasian badger abundance in Atlantic Spain. *Ecological Modelling* 275: 1-8.

- BAKER, P. J.; HARRIS, S.; ROBERTSON, C. P. J.; SAUNDERS, G. & WHITE, P. C. L., 2004. Is it possible to monitor mammal population changes from counts of road traffic casualties? An analysis using Bristol's red foxes *Vulpes vulpes* as an example. *Mammal Review* 34(1-2):115-130.
- BALČIAUSKAS, L. & BALČIAUSKIENĖ, L., 2008. Wildlife-vehicle accidents in Lithuania, 2002-2007. *Acta biol univ Daugavpil* 8(1): 89-94.
- BALSEIRO, A.; RODRÍGUEZ, O.; GONZÁLEZ-QUIRÓS, P.; MEREDIZ, I.; SEVILLA, I. A.; DAVÉ, D.; DALLEY, D. J.; LESELLIER, S.; CHAMBERS, M. A.; BEZOS, J.; MUÑOZ, M.; DELAHAY, R. J.; GORTÁZAR, C. & PRIETO, J. M., 2011. Infection of Eurasian badgers (*Meles meles*) with *Mycobacterium bovis* and *Mycobacterium avium* complex in Spain. *The Veterinary Journal* 190(2): e21-e25, doi:10.1016/j.tvjl.2011.04.012
- BONNOT, N.; MORELLET, N.; VERHEYDEN, H.; CARGNELUTTI, B.; LOURTET, B.; KLEIN, F. & MARK HEWISON, A. J., 2013. Habitat use under predation risk: hunting, roads and human dwellings influence the spatial behaviour of roe deer. *Eur J Wildl Res* 59(2): 185-193.
- COLINO-RABANAL, V. J. & PERIS, S. J., 2016. Wildlife roadkills: improving knowledge about ungulate distributions? *Hystrix, the Italian Journal of Mammalogy* 27(2), Online first. doi:10.4404/hystrix-27.2-11279.
- CONSEJERÍA DE FOMENTO, ORDENACIÓN DEL TERRITORIO Y MEDIO AMBIENTE, 2015. *Plan Director de Infraestructuras para la Movilidad de Asturias 2015-2030*. Consejería de Fomento, Ordenación del Territorio y Medio Ambiente. Principado de Asturias.
- D'AMICO, M.; ROMÁN, J.; DE LOS REYES, L. & REVILLA E., 2015. Vertebrate road-kill patterns in Mediterranean habitats: Who, when and where. *Biological Conservation* 191: 234-242.
- DÍAZ-VARELA, E. R.; VÁZQUEZ, I.; MAREY, M. F. & ÁLVAREZ, C. J., 2011. Assessing methods of mitigating wildlife-vehicle collisions by accident characterization and spatial analysis. *Transportation Research Part D* 16(4):281-287.
- DIRECCIÓN GENERAL DE INFRAESTRUCTURAS Y TRANSPORTE, 2014. *Agenda de Carreteras del Principado de Asturias*. Consejería de Fomento, Ordenación del Territorio e Infraestructuras.
- ELOFF, P. & VAN NIEKERK, A., 2008. Temporal patten of animal-related traffic accidents in the Eastern Cape, South Africa. *South African Journal of Wildlife Research* 38: 153-162.
- FARRELL, M.C. & TAPPE, P., 2007. County-level factors contributing to deer-vehicle collisions in Arkansas. *Journal of Wildlife Management* 71: 2727-2731.
- FIDALGO, L.; LÓPEZ, A.; PÉREZ, J. & MARTÍNEZ-CARRASCO, C., 2012. *El gusano de nariz y garganta del corzo (Cephenemyia stimulator)*. FEDENCA.
- GAMELON, M.; DOUHARD, M.; BAUBET, E.; GIMENEZ, O.; BRANDT, S. & GAILLARD, J. M., 2013. Fluctuating food resources influence developmental plasticity in wild boar. *Biol Lett* 9: 20130419.
- GLISTA, D. J.; DEVAULT, T. L. & DEWOODY, J. A., 2007. Vertebrate road mortality predominantly impacts amphibians. *Herpetol Conserv Biol* 3: 77-87.
- GORTÁZAR, C., 2007. *Vulpes vulpes* (Linnaeus, 1758). Ficha Libro Rojo. pp. 277-279. En: L. J. PALOMO, J. GISBERT & J. C. BLANCO (eds.). *Atlas y Libro Rojo de los Mamíferos Terrestres de España*. Dirección General para la Biodiversidad – SECEM – SECEMU, Madrid.
- HUIJSER, M. P.; MCGOWEN, P.; FULLER, J.; HARDY, A.; KOCIOLEK, A.; CLEVINGER, A. P.; SMITH, D. & AMENT, R. 2008. *Wildlife-Vehicle Collision Reduction Study: Report to Congress*.

- Report N.º FHWA-HRT-08-034. Federal Highway Administration. Office of Safety Research and Development. U. S. Department of Transportation.
- HUSSEIN, A.; ARMSTRONG, J. B.; BROWN, D. B. & HOGLAND, J., 2007. Land-use pattern, urbanization, and deer-vehicle collisions in Alabama. *Humane Wildlife Conflicts* 1: 89-96.
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA, 2015. *España en cifras 2015*. Madrid.
- IUELL, B.; BEKKER, H.; CUPERUS, R.; DUFEK, J.; FRY, G.; HICKS, C.; HLAVÁČ, V.; KELLER, V.; ROSELL, C.; SANGWINE, T; TØRSLØV, N. & WANDALL, B. (eds.), 2003. *Wildlife and Traffic: A European Handbook for Identifying Conflicts and Designing Solutions*. European Cooperation in the Field of Scientific and Technical Research. Brussels.
- KEULING, O.; STIER, N. & ROTH, M., 2008. How does hunting influence activity and spatial usage in wild boar *Sus scrofa* L. *Eur J Wildl Res* 54:729-737.
- KEULING, O.; STIER, N. & ROTH, M., 2009. Commuting, shifting or remaining? Different spatial utilisation patterns of wild boar (*Sus scrofa* L.) in forest and field crops during summer. *Mammalian Biology – Zeitschrift für Säugetierkunde* 74:145-152.
- KLOMBERG, Y., 2012. *Reeën bij Staatsbosbeheer Regio Oost: Het beheer van een succesvolle diersoort nader bekeken en een stappenplan voor een beter beheer in de gehele regio*. Thesis, Wageningenuniversiteit.
- KRUUSE, M.; ENNO, S. E. & OJA, T., 2016. Temporal patterns of wild boar-vehicle collisions in Estonia, at the northern limit of its range. *Eur J Wildl Res*. DOI 10.1007/s10344-016-1042-9.
- LAGOS, L.; PICOS, J. & VALERO, E., 2012. Temporal pattern of wild ungulate-related traffic accidents in northwest Spain. *Eur J Wildl Res* 58: 661-668.
- LANGBEIN, J.; PUTMAN, R. & POKORNY, B., 2011. Traffic collisions involving deer and other ungulates in Europe and available measures for mitigation. En: PUTMAN, R.; APOLLONIO, M. & ANDERSEN, R. (eds.): *Ungulate management in Europe: problems and practices*. 215-259. Cambridge University Press. Nueva York.
- LARA, J.; BENITO, F.; VALLEJO, F. J. & LAFUENTE, J. C., 2004. Los accidentes de circulación causados por especies de caza mayor en Castilla y León (España). En: Oficina Nacional de la Caza. *Accidentes de tráfico provocados por atropello de animales. Prevención, seguridad y responsabilidad. I Seminario*. Propuesta de soluciones. Recopilación de comunicaciones y presentaciones.
- MARKINA, F. A., 1999. Accidentes de carretera con ungulados cinegéticos en el Territorio Histórico de Álava. En: *Fauna y Carreteras*. Asociación Técnica de Carreteras, Madrid.
- MENÉNDEZ, S., 2009. *Análisis de los atropellos ocasionados por la fauna silvestre (2000-2008) en el Principado de Asturias y medidas de corrección*. Universidad de Oviedo. E. U. de Ingenierías Técnicas de Mieres. I. T. Forestal, Explotaciones Forestales. Proyecto Fin de Carrera.
- MERCADO, A., 2011. *Análisis de la siniestralidad provocada por la irrupción de especies cinegéticas (ciervo, corzo y jabalí) en las carreteras de la provincia de Soria. Aplicación de medidas correctoras*. Tesis Doctoral. Escuela Universitaria de Ingenierías Agrarias de Soria. Universidad de Valladolid.
- MINISTERIO DE FOMENTO, 2007. *Anuario Estadístico 2007*. Ministerio de Fomento. Madrid.
- MINISTERIO DE FOMENTO, 2008. *Anuario Estadístico 2008*. Ministerio de Fomento. Madrid.
- MINISTERIO DE FOMENTO, 2009. *Anuario Estadístico 2009*. Ministerio de Fomento. Madrid.

- MINISTERIO DE FOMENTO, 2010. *Anuario Estadístico 2010*. Ministerio de Fomento. Madrid.
- MINISTERIO DE FOMENTO, 2011. *Anuario Estadístico 2011*. Ministerio de Fomento. Madrid.
- MINISTERIO DE FOMENTO, 2012. *Anuario Estadístico 2012*. Ministerio de Fomento. Madrid.
- MINISTERIO DE FOMENTO, 2013. *Anuario Estadístico 2013*. Ministerio de Fomento. Madrid.
- MINISTERIO DE FOMENTO, 2014a. *Anuario Estadístico 2014*. Ministerio de Fomento. Madrid.
- MINISTERIO DE FOMENTO, 2014b. *Mapa de Tráfico 2014*. Ministerio de Fomento. Madrid.
- MONDELO, J. A.; SERRANO, M.; RESTRANA, M. J.; MAGRO, R & GARCÍA, T., 2014. Estudio estadístico de los atropellos de fauna silvestre en la red viaria de Lugo. *Revista Carreteras* 195: 59-65.
- MORELLE, K.; LEHAIRE, F. & LEJEUNE, P., 2013. Spatio-temporal patterns of wildlife-vehicle collisions in a region with a high-density road network. *Nature Conserv* 5:53-73.
- NORES, C., 2008. *Informe preliminar sobre los accidentes de tráfico provocados por las especies de caza*. INDUROT Universidad de Oviedo y Consejería de Medio Ambiente, Ordenación del Territorio e Infraestructuras. Oviedo. Informe inédito.
- NORES, C.; FERNÁNDEZ GIL, A. & CORRAL, N., 2000. Estimación de la población de jabalí (*Sus scrofa*) por recuento de grupos familiares. *Naturalia Cantabrica* 1: 53-59.
- NORES, C. & GARCÍA-ROVÉS, P., 2007. *Libro Rojo de la Fauna del Principado de Asturias*. Gobierno del Principado de Asturias y Obra Social «La Caixa». Oviedo.
- NORES, C.; GONZÁLEZ, F. & GARCÍA, P., 1992. *Variación del área de distribución del jabalí en Asturias*. INDUROT Universidad de Oviedo y Consejería de Medio Ambiente y Urbanismo del Principado de Asturias. Informe inédito.
- NORES, C.; GONZÁLEZ, F. & GARCÍA, P., 1995. Wild Boar distribution trends in the last two centuries: an example in Northern Spain. *Ibex, Journal of Mountain Ecology* 3: 137-140.
- PODGÓRSKI, T.; BAS, G.; JEDRZEJEWSKA, B.; SÖNNICHSEN, L.; SNIEZKO, S.; JEDRZEJEWSKI, W. & OKARMA, H., 2013. Spatiotemporal behavioral plasticity of wild boar (*Sus scrofa*) under contrasting conditions of human pressure: primeval forest and metropolitan area. *Journal of Mammalogy* 94(1): 109-119.
- PALOMO, L. J.; GISBERT, J. & BLANCO, J. C., 2007. *Atlas y Libro Rojo de los Mamíferos Terrestres de España*. Dirección General para la Biodiversidad – SECEM – SECEMU, Madrid, 588 pp.
- PUTZU, N.; BONETTO, D.; CIVALLERO, V.; FENOGLIO, S.; MENEGUZZ, P. G.; PRACTO, N. & TIZZIANI, P., 2014. Temporal patterns of ungulate-vehicle collisions in a subalpine Italian region. *Ital J Zool* 81: 463-470.
- REVILLA, E.; CASANOVAS, J. G. & VIRGÓS, E., 2007. *Meles meles* (Linnaeus, 1758). Ficha Libro Rojo. Pp: 308-311. En: L. J. PALOMO; J. GISBERT & J. C. BLANCO (eds). *Atlas y Libro Rojo de los Mamíferos Terrestres de España*. Dirección General para la Biodiversidad – SECEM – SECEMU, Madrid.
- RODRÍGUEZ, N., 2010. *Estudio de la problemática de la invasión de fauna en vías de comunicación de Castilla y León*. Proyecto de Fin de Carrera. Escuela de Ingenieros Técnicos Forestales de Palencia. Universidad de Valladolid.
- ROSELL, C.; CAMPS, F.; BORONAT, C.; FERNÁNDEZ, M.; MARTÍNEZ, M.; NAVAS, F. & SERRA, V., 2012. *Estudi de l'accidentalitat provocada per animals en llibertat a la Xarxa de*

- Carreteres de la Generalitat de Catalunya*. Direcció General de Carreteres. Departament de Territori i Sostenibilitat. Generalitat de Catalunya. Estudio inédito.
- ROSELL, C. & HERRERO, J. 2007. *Sus scrofa* (Linnaeus, 1758). Ficha Libro Rojo. Pp: 348-351. En: L. J. PALOMO; J. GISBERT y J. C. BLANCO (eds.). *Atlas y Libro Rojo de los Mamíferos Terrestres de España*. Dirección General para la Biodiversidad – SECEM – SECEMU, Madrid.
- ROWDEN, P.; STEINHARDT, D. & SHEEHAN, M., 2008. Road crashes involving animals in Australia. *Accident Analysis and Prevention* 40(6): 1865-1871.
- RUIZ-CAPILLAS, P.; MATA, C. & MALO, J. E., 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(3): 417-427.
- SADEI – SOCIEDAD ASTURIANA DE ESTUDIOS ECONÓMICOS E INDUSTRIALES, 2015. *Información estadística – Cultura, deporte y tiempo libre*. Gobierno del Principado de Asturias.
- SÁENZ-DE-SANTA-MARÍA, A. & TELLERÍA, J. L., 2015. Wildlife-vehicle collisions in Spain. *Eur J Wildl Res* 61:399-406.
- SAN JOSÉ, C., 2007. *Capreolus capreolus* (Linnaeus, 1758). Ficha Libro Rojo. Pp: 359-361. En: L. J. PALOMO; J. GISBERT y J. C. BLANCO (eds.). *Atlas y Libro Rojo de los Mamíferos Terrestres de España*. Dirección General para la Biodiversidad – SECEM – SECEMU, Madrid.
- SCILLITANI, L.; MONACO, A. y TOSO, S., 2010. Do intensive drive hunts affect wild boar (*Sus scrofa*) spatial behaviour in Italy? Some evidences and management implications. *Eur J Wildl Res* 56:307-318.
- SEILER, A., 2003. The toll of the automobile: Wildlife and roads in Sweden. Doctoral thesis. Swedish University of Agricultural Sciences. *Acta Universitatis Agriculturae Sueciae Silvestria*, 295.
- SEILER, A. & HELLDIN, J. O., 2006. Mortality in wildlife due to transportation. En: DAVENPORT, J. & DAVENPORT, J. L. (eds.): *The ecology of transportation: Managing mobility for the environment*. 165-189. Springer. Dorecht.
- SNOW, N. P.; PORTER, W. F. & WILLIAMS, D. M., 2015. Underreporting of wildlife-vehicle collisions does not hinder predictive models for large ungulates. *Biological conservation* 181: 44-53.
- STEINER, W.; LEISCH, F. & HACKLÄNDER, K., 2014. A review on the temporal pattern of deer-vehicle accidents: impact of seasonal, diurnal and lunar effects in cervids. *Accident Anal Prevent* 66:168-181.
- TAJCHMAN, K.; GAWRYLUK, A. & DROZD, L., 2010. Effects of roads on populations of wild game in the Lublin region. *Teka Kom Ochr Kszt Środ Przyn – OL PAN* 7: 420-427.
- VALERO, E.; PICOS, J.; LAGOS, L. & ÁLVAREZ, X., 2015. Road and traffic factors correlated to wildlife-vehicle collisions in Galicia (Spain). *Wildlife Research* 42(8): 25-34.
- VANLAAR, W. G. M.; GUNSON, K. E.; BROWN, S. W. & ROBERTSON, R. D., 2012. *Wildlife vehicle collisions in Canada: a review of the literature and a compendium of existing data sources*. Traffic Injury Research Foundation y Eco-Kare International, Ottawa, 69 pp.