

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

ANNA TENÉS^{1*}, SEÁN CAHILL¹, FRANCESC LLIMONA¹ Y GUILLEM MOLINA²

1. Estació Biològica de Can Balasc, Servei de Medi Natural, Consorci del Parc de Collserola Ctra. de l'Església 92, 08017 Barcelona. (atenes@parccollserola.net)*
2. Departament de Biologia Animal (Vertebrats), Facultat de Biologia, Universitat de Barcelona. Av. Diagonal 645, 08028 Barcelona

RESUMEN

El Parque de Collserola está situado en el centro del área metropolitana de Barcelona, rodeado por más de cuatro millones de habitantes que ejercen una gran presión antrópica sobre este espacio natural. En este estudio se han analizado los datos de atropellos en las carreteras de Collserola recogidos desde 1991. En total se han registrado 991 incidencias, de las cuales 556 corresponden a mamíferos. Cinco especies concentran el 72,3% de todos los registros: las dos especies de erizo *Erinaceus europaeus* y *Atelerix algirus* (21,8%), el jabalí *Sus scrofa* (20,7%), el conejo *Oryctolagus cuniculus* (16,0%) y la ardilla roja *Sciurus vulgaris* (13,8%). El análisis de las incidencias muestra una relación positiva entre la tasa de atropellos por km y la intensidad media diaria de tráfico. En cuanto a la caracterización del hábitat alrededor de los puntos de atropello, se observa una mayor representación de ambientes abiertos en el caso del conejo y el erizo y una infrarepresentación del hábitat forestal. La ardilla muestra una situación inversa, con una menor representación de los ambientes abiertos y una mayor presencia del forestal. En cambio, en el caso del jabalí, el hábitat en los puntos de atropello corresponde en gran medida a lo que se esperaría al azar. Por otro lado, se ha observado una estacionalidad de los atropellos a lo largo del año, la cual no responde a variaciones en el volumen de tráfico, sino que se atribuye a aspectos de la biología de las diferentes especies. En el caso de la ardilla y los erizos se observan máximos de atropellos a finales de primavera, mientras en el caso del conejo se aprecia una reducción de atropellos a partir del verano, situación que reflejaría tanto cambios poblacionales estacionales como una menor actividad en invierno en el caso de la ardilla, o casi nula para el erizo en esta época. Los atropellos de jabalíes en el parque muestran una variación temporal más irregular, con máximos en junio y noviembre, lo cual parece responder a factores diversos: patrones de movilidad, dispersión juvenil, y las épocas de celo y caza.

Palabras clave: atropello, mamíferos, mortalidad, tráfico, tramo negro

ABSTRACT

Mammal roadkills and traffic in the Barcelona metropolitan area: fifteen years of monitoring in Collserola Park

Collserola Park is situated in the middle of the Barcelona metropolitan area, and is surrounded by over 4 million inhabitants, whose presence exerts strong anthropogenic pressure on this nature area. This study analysed roadkill data gathered in Collserola since 1991. In total, 991 incidents were recorded, 556 of which involved mammals. Five species make up 72.3% of all registers; two hedgehog species *Erinaceus europaeus* and *Atelerix algirus* (21.8%), wild boar *Sus scrofa* (20.7%), the rabbit *Oryctolagus cuniculus* (16.0%) and the red squirrel *Sciurus vulgaris* (13.8%). Analysis of incidents showed a positive relationship between the roadkill rate per km and the daily average density of traffic. Habitat characterisation around roadkill sites showed that open habitat environments were more represented, in the case of rabbit and hedgehog, and that woodland habitats were under-represented. Squirrel presented the opposite situation, with open habitat types being under-represented and woodland being more represented. In the case of the wild boar, the habitat around roadkill sites corresponded largely to what was expected by chance. Seasonal variations were observed in roadkill frequency throughout the year, which did not respond to variations in traffic volume, but rather were attributed to aspects of the biology of the different species. In the case of the squirrel and hedgehog, maxima were observed at the end of spring, whereas in the case of the rabbit there was a reduction in roadkills in summer. These situations reflect seasonal population changes as well as the decreased activity of the squirrel in winter and almost no activity on the part of the hedgehog during this period. Wild boar roadkills in the park showed a more irregular temporal variation, with maxima in June and November, which seems to correspond to several factors: mobility patterns, juvenile dispersion, and the rutting and hunting seasons.

Keywords: blackspot, mammals, mortality, roadkill, traffic

INTRODUCCIÓN

El estudio de los atropellos de fauna está adquiriendo cada vez mayor relevancia en la gestión de espacios naturales y concretamente en el ámbito de la conservación de la fauna (Trombulak y Frissell 2000, Malo *et al.* 2004, Saeki y Macdonald 2004). La continua expansión de las infraestructuras viarias en el territorio y el aumento del tráfico, así como los problemas derivados de seguridad vial, hacen que esta problemática tenga cada vez mayor significación (Bennet 1991, Müller y Berthoud 1997, Forman *et al.* 2003).

En el marco de un proyecto más amplio de estudio del impacto de las infraestructuras de transporte sobre la fauna, que incorpora la fragmentación,

el efecto barrera y la conectividad ecológica en el Parque de Collserola (véase Llimona *et al.* 2005), se han analizado los datos de atropellos de fauna recogidos desde 1991. El principal objetivo de este artículo es caracterizar la problemática de los atropellos de mamíferos en Collserola y en especial su relación con los niveles de tráfico.

ÁREA DE ESTUDIO

En medio del área metropolitana de Barcelona se encuentra el Parque de Collserola con 8.500 ha protegidas donde domina el bosque mixto de pino carrasco (*Pinus halepensis*) y encina (*Quercus ilex*). Rodeado por más de cuatro millones de habitantes, el parque está sometido a una gran presión antrópica y existe una extensa red viaria que atraviesa el parque, con una autopista vallada –los ‘Túneles de Vallvidrera’ (la E-9)–, con 7,6 km de su trazado a cielo abierto, unos 70 km de carreteras convencionales y 42 km de pistas forestales abiertas a la circulación. Hay que destacar la existencia de un gran eje viario central, configurado por la autopista E-9, una carretera convencional y una vía férrea vallada, con un importante efecto barrera acumulado, que divide el parque en dos grandes fragmentos de masa forestal (véase Llimona *et al.* 2005).

El tráfico a través del Parque de Collserola responde básicamente a desplazamientos diarios entre los lugares de residencia y de trabajo, entre la capital Barcelona y la comarca vecina del Vallés Occidental, y viceversa, en menor cantidad también se dan desplazamientos vinculados al ocio y a la presencia de me-renderos y restaurantes de montaña. El volumen de tráfico que recorre la sierra de Collserola diariamente es muy alto; por ejemplo, tan sólo en la autopista E-9 que atraviesa el parque, se registró en 2005 intensidades medias diarias de tráfico (IMD) superiores a los 33.500 vehículos, y esta tendencia, como sucede en todo el territorio, va en aumento. A pesar del alto grado de antropización de su entorno, hay que destacar el gran interés natural de Collserola así como la existencia de parajes de elevado interés ecológico (Raspall *et al.* 2004).

MÉTODOS

Para realizar el presente estudio nos hemos basado principalmente en (i) los registros de atropellos de fauna, (ii) los datos de tráfico en la red viaria del parque

y (iii) la caracterización de los hábitats alrededor de los viales. Como punto de partida, se contaba con una base de datos de atropellos recogidos desde 1991 incorporados en el sistema de información geográfica (SIG-Fauna) del parque. Se trata de información procedente de fuentes diversas, aunque fiables, principalmente de registros y observaciones de técnicos del parque, de guardas forestales, además de diversos seguimientos específicos centrados en diferentes grupos faunísticos. En todos los casos se dispone de la información referida a la especie, al punto exacto de localización del cadáver y la fecha, aunque la mayor parte de los datos no proceden de un seguimiento estandarizado. Se ha considerado oportuno analizar la totalidad de los registros del SIG-Fauna ya que, pese a su heterogeneidad, representan un importante volumen de datos difícilmente obtenibles a partir de un seguimiento específico, y por tanto de gran utilidad desde la perspectiva de la caracterización general y gestión de esta problemática.

Se ha caracterizado el hábitat alrededor de los puntos de atropello de las especies de mamíferos que más incidencias registraron. Para ello se han establecido *buffers* circulares de 100 m de radio alrededor de las localizaciones de atropello y éstos se han cruzado con la cartografía de hábitats del parque usando el programa ArcView 3.2. Asimismo, se ha caracterizado la vegetación a lo largo de la totalidad de la red viaria mediante la creación de un *buffer* lineal de 100 m de ancho a cada lado de las carreteras y se ha comparado su disponibilidad con los datos obtenidos en relación al hábitat alrededor de las localizaciones de los atropellos.

Por lo que respecta a la información del tráfico, el Servicio de Vías Locales de la Diputación de Barcelona ha facilitado datos detallados de las IMD en los diferentes tramos de la red viaria. Estos tramos son de longitud variable, dado que los criterios de tramificación aplicados están basados en las características de la intensidad de tráfico en las carreteras. Para el análisis de las tasas de atropello, se ha calculado el índice kilométrico de atropellos (IKA) en los mismos tramos de carreteras convencionales considerados para el seguimiento de las IMD, estableciéndose así la relación entre IKA e IMD. Se trata de vías con un carril por sentido, entre 5-7 m de ancho de calzada y una IMD entre 1.300 y 10.000 vehículos. La velocidad media de circulación es de entre 50 y 90 km/h y en pocos tramos supera los 90 km/h.

El 86% de los atropellos se concentran en las carreteras convencionales, un 6% de los atropellos proceden de pistas forestales y únicamente un 5% de los datos corresponden a la autopista E-9 que atraviesa el parque. El resto de datos

(3%) corresponde a atropellos en viales en zonas urbanizadas dentro del parque. El bajo porcentaje de atropellos registrados en la autopista, lejos de indicar una baja incidencia de esta problemática pone en evidencia la dificultad de detectar los individuos atropellados en esta vía, este hecho provoca un sesgo respecto de la tasa de individuos atropellados en la autopista, motivo por el cual se ha preferido no incluir los registros de ésta en los análisis entre IKA e IMD. Sin embargo, se dispone de datos de IMD en esta vía para cada mes del año, lo que proporciona una información como un indicador de la variabilidad temporal del tráfico en el ámbito del parque a lo largo del año.

Finalmente, en el caso del jabalí *Sus scrofa* (Linnaeus 1758), una de las especies que más atropellos registra en Collserola, se dispone además de datos detallados respecto a los individuos atropellados, ya que en los últimos años esta especie ha sido objeto de un seguimiento intenso en el parque (Cahill *et al.* 2003, Cahill y Llimona 2004). En el presente estudio, se ha comparado la edad de los jabalíes atropellados con la de los individuos muertos por otras causas. La estimación de la edad de los jabalíes muertos se ha basado en la secuencia de erupción dentaria (Monaco *et al.* 2003).

RESULTADOS

La base de datos del SIG-Fauna del parque dispone de 991 registros de atropellos de vertebrados en el ámbito de Collserola acumulados desde 1991. De ellos, 556 registros (56,2%) corresponden a mamíferos, mientras el resto corresponden a aves (21,1%), reptiles (14,8%) y anfibios (7,4%). En total se han detectado 17 especies diferentes de mamíferos atropelladas (Figura 1), aunque cinco de ellas concentran el 72,3% de los registros; las dos especies de erizo (21,8% de atropellos: principalmente *Erinaceus europaeus* Linnaeus, 1758 y ocasionalmente *Atelerix algirus* (Lereboullet, 1842), consideradas juntas como ‘erizo’ en los análisis, ya que no siempre se ha podido determinar la especie), el jabalí (20,7%), el conejo *Oryctolagus cuniculus* (Linnaeus, 1758) (16,0%) y la ardilla roja *Sciurus vulgaris* Linnaeus, 1758 (13,8%). Otras especies de mamíferos detectadas son la gineta *Genetta genetta* (Linnaeus, 1758), el zorro *Vulpes vulpes* (Linnaeus, 1758), la comadreja *Mustela nivalis* Linnaeus, 1766, el tejón *Meles meles* (Linnaeus, 1758) o la garduña *Martes foina* (Erxleben, 1777) (Figura 1).

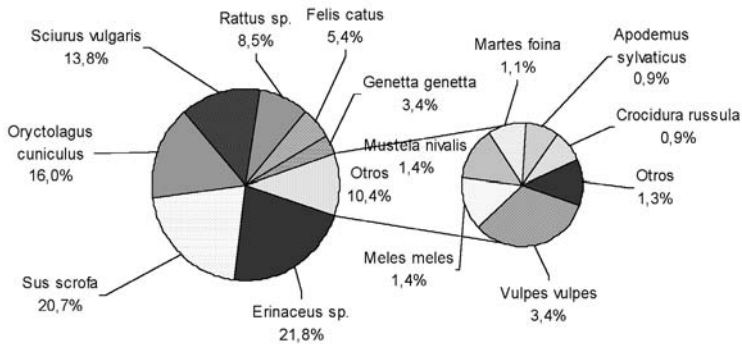


Figura 1. Distribución de los atropellos por especies en el Parque de Collserola. Datos 1991-2006 (n= 556).

Species distribution of roadkills in Collserola Park. Series 1991-2006 (n= 556).

Se han caracterizado los hábitats alrededor de los puntos de atropello de las especies con mayor número de registros; erizo, jabalí, conejo y ardilla (Tabla 1). Se observa que los puntos de atropello de jabalí y ardilla se localizan mayoritariamente en ambientes forestales (57,1% y 67,3% del hábitat alrededor de puntos para las dos especies respectivamente), al contrario de lo que sucede en el caso del erizo y el conejo, que se han encontrado principalmente en ambientes abiertos (cultivos, prados, matorral bajo), que representan el 34,7% y el 48,0% del hábitat respectivamente para estas especies. En la Figura 2 se observa la ‘selección’ del hábitat por las especies a partir de la comparación de la proporción de hábitat alrededor de los puntos de atropello con la disponibilidad de éste considerada a partir de la caracterización del hábitat alrededor de la totalidad de las carreteras en el Parque de Collserola. Así, el conejo muestra una selección favorable hacia los ambientes abiertos, con un 26,9% más de lo que se encuentra disponible y discrimina los ambientes forestales (-30,9%). Lo mismo sucede en el caso del erizo, que selecciona ambientes abiertos (14,6%) mientras que los ambientes forestales presentan una menor representación de la esperada (-24,6%). La ardilla presenta un 13,2% más de ambiente forestal alrededor de los puntos de atropello de lo que cabría esperar dada la disponibilidad del hábitat y se aprecia una selección negativa de los ambientes abiertos (-8,3%). A diferencia de las anteriores, en el caso del jabalí los puntos de atropello no parecen relacionarse

preferiblemente con ningún tipo de hábitat en concreto, sino muestra una distribución muy parecida a la disponible con tan solo ligeras desviaciones como un +3,1% en el forestal y un -5,0% por lo que se refiere a los ambientes abiertos (Figura 2).

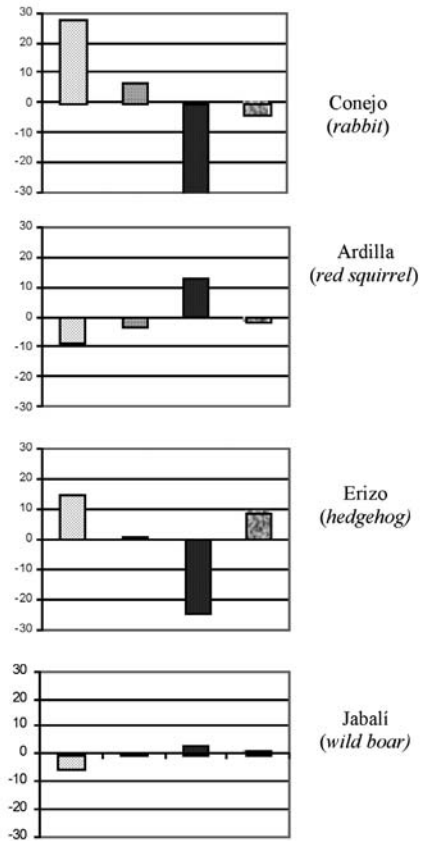


Figura 2. ‘Selección’ del hábitat alrededor de los puntos de atropello de las especies más afectadas por esta problemática en Collserola (jabalí, erizo, conejo y ardilla). La ‘selección’ se define por la comparación entre la proporción (%) observada alrededor de los puntos y la disponible alrededor de la red viaria.

Habitat ‘selection’ around wildlife roadkill locations of the main species affected by this problem in Collserola (wild boar, hedgehog, rabbit and red squirrel). ‘Selection’ is defined by the comparison of the observed proportion (%) of habitat around roadkills with habitat available along the road network.

TABLA 1

Proporción (%) de ambientes alrededor de los puntos de atropello (*buffer* 100 m de radio) de las especies más afectadas por esta problemática en el Parque de Collserola (jabalí, erizo, conejo y ardilla).

Table 1. Proportion (%) of habitat types (open, maquis, woodland, urban) surrounding roadkill locations (100 m radius buffer) of the main species affected by this problem in Collserola (wild boar, hedgehog, rabbit and red squirrel)

Ambiente	Jabalí (wild boar)	Erizo (hedgehog)	Conejo (rabbit)	Ardilla (squirrel)
Ambientes abiertos	14,5	34,7	48,0	11,5
Maquia	4,7	5,0	10,4	0,6
Forestal	57,1	29,4	23,7	67,3
Urbanizado	23,7	31,1	17,9	20,6
Total	100,0	100,0	100,0	100,0

La tasa de atropellos (IKA) muestra grandes diferencias entre distintos tramos de la red viaria del parque, con valores entre 0,2 y 17,4 (Figura 3), mostrándose el IMD como un factor determinante; se observa una relación entre el IKA y la IMD que se ajusta a una curva logarítmica asintótica ($r^2= 0,82$, $n=16$ tramos) y que alcanza un umbral a partir de una IMD de 10.000 (Figura 4). Por otro lado, la distribución de los atropellos de mamíferos a lo largo del año muestra una curva con el máximo a finales de primavera y principios de verano (Figura 5). La distribución mensual de atropellos no se relaciona con la intensidad de tráfico ($r^2= 0,03$), reflejada por los datos del peaje de la autopista E-9, ya que la IMD se mantiene muy constante en casi todos los meses con la única excepción de agosto cuando los niveles de tráfico se reducen en un 45% (Figura 5) coincidiendo con el período de vacaciones.

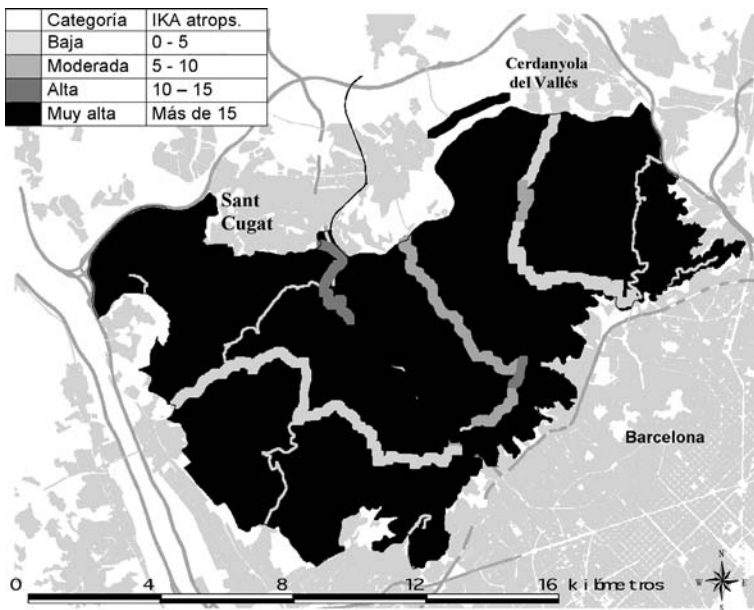


Figura 3. Vista de la tasa de atropellos (IKA) de mamíferos en distintos tramos de las carreteras convencionales del Parque de Collserola.

Kilometric index of mammal roadkills (IKA) on different sections of conventional roads in Collserola Park.

La distribución temporal de los atropellos por especies muestra diferencias entre éstas (Figura 6): así, en el caso del conejo, los atropellos se concentran en la

primera mitad del año con un 70% de las incidencias registradas, mientras que la ardilla muestra un patrón que se concentra durante la primavera con un máximo destacado en el mes de mayo y escasas incidencias entre noviembre y febrero. Una situación parecida sucede en el caso del erizo con una clara concentración de atropellos entre marzo y julio período en que se registra el 65% de las incidencias. Para el erizo y el conejo se percibe una reducción de las incidencias de atropello durante el mes de agosto, coincidiendo con el único mes en que se produce una reducción significativa del tránsito (Figura 5). Sin embargo, en el caso de la ardilla y el jabalí no se aprecian disminuciones durante dicho mes. Por lo que se refiere al jabalí, el patrón de atropellos a lo largo del año es más irregular en Collserola, con un máximo durante el mes de junio cuando se registra el 20,0% de las incidencias y un mínimo en el mes de abril con tan solo el 1,7% (n=115). Se aprecia también un segundo pico de atropellos en noviembre (13,0%) y, en cambio, el mes de diciembre es el segundo mes que menos incidencias registra (2,6%).

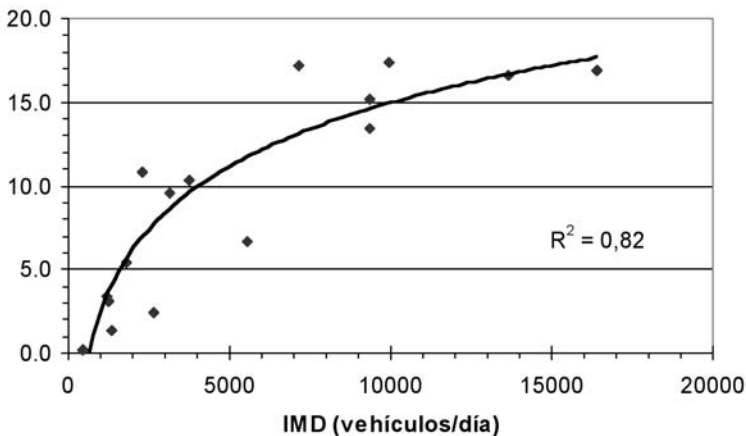


Figura 4. Relación entre la tasa de atropellos de mamíferos por kilómetro (IKA) con la intensidad media diaria de tráfico (IMD) del mismo tramo en Collserola (n=16 tramos).

Relationship between mammal roadkill rate and daily average density of traffic on different road sections in Collserola (n=16 road sections).

En cuanto a la edad de los jabalíes atropellados, destaca la elevada proporción de jóvenes (6-12 meses) en comparación con la de los individuos muertos por otras causas (Figura 7), representando el 29,5% (n= 44) y el 14,0% (n= 225)

de las dos muestras respectivamente. Comparación mediante chi-cuadrado entre las cinco categorías de edad no da diferencias significativas ($p > 0,05$), dado que las dos categorías de mayor edad suman pocos individuos, por este motivo se han agrupado las tres categorías '1-2 años', '2-3 años' y 'más de 3 años', en una sola de 'más de 1 año', ya que presentan proporciones muy similares entre sí en ambas muestras (atropellos y otras causas, Figura 7). Comparación de las tres categorías (0-6 meses, 6-12 meses y más de 1 año) sí muestra diferencias significativas entre ellas ($\chi^2 = 6,21$, g.l. = 2, $p < 0,05$, $n = 269$), que se atribuye a la mayor proporción de jabalíes de 6-12 meses de edad entre los atropellados en comparación con los muertos por otras causas, ya que las comparaciones chi-cuadrado 2×2 *a posteriori* entre las categorías contempladas solamente resultan significativas ($p < 0,05$) cuando se incluye la categoría de 6-12 meses, mientras las demás comparaciones no lo son ($p > 0,05$).

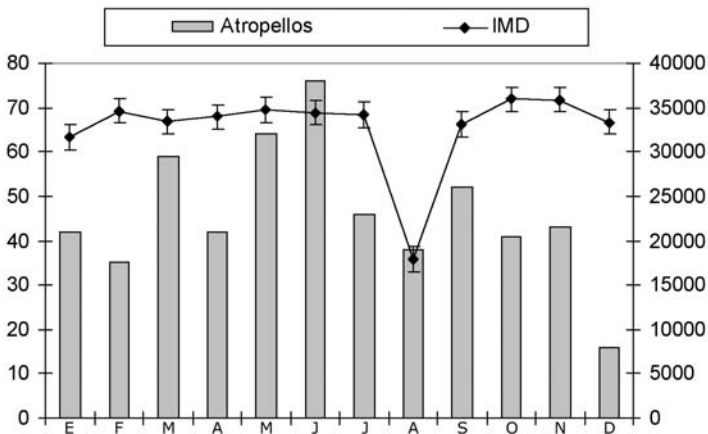


Figura 5. Distribución mensual de los atropellos de mamíferos en el Parque de Collserola ($n = 554$) en comparación con el nivel global de tráfico en este ámbito indicado por el paso de vehículos en el peaje de la autopista de los túneles de Vallvidrera, situado en el centro de Collserola (Intensidad Media Diaria *IMD*: se indica el promedio mensual \pm error típico de los cuatro años 2002-2005). Fuente datos *IMD*: web del Departamento de Política Territorial y Obras Públicas, Generalitat de Catalunya, (http://www10.gencat.net/ptop/binaris/52_tcm33-35968.pdf)

*Monthly distribution of mammal roadkills in Collserola Park ($n = 554$) in comparison to overall traffic levels in the area as indicated by the pass of vehicles through the Vallvidrera Tunnels motorway tollgate, situated in the centre of Collserola (Daily Average Density *IMD*: the monthly mean \pm standard error is indicated for the four years 2002-2005).*

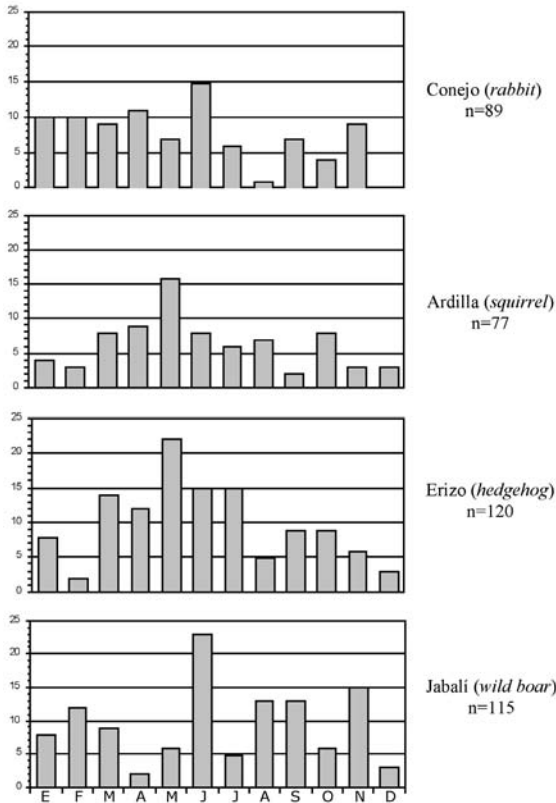
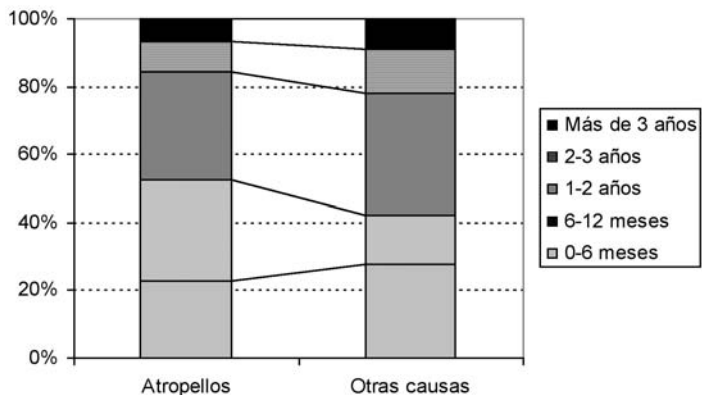


Figura 6. Distribución mensual de atropellos de mamíferos en el Parque de Collserola para las especies con mayor número de incidencias (jabalí, erizo, conejo y ardilla).

Monthly distribution of mammal roadkills in Collserola Park for the species that register most incidents (wild boar, hedgehog, rabbit and red squirrel)

Figura 7. Comparación de las categorías de edad de jabalíes muertos por atropello en carreteras y por otras causas en el Parque de Collserola durante el período 2002-2006 (atropellos n= 44, otras causas n= 225).

Age class of wild boar killed by vehicles on roads in comparison to that of wild boar killed by other causes in Collserola Park during 2002-2006 (roadkills n= 44, other causes n= 225).



DISCUSIÓN

La revisión de casi un millar de registros de atropellos de fauna recogidos desde 1991 en el Parque de Collserola ha permitido caracterizar esta problemática en un espacio natural periurbano, destacándose la frecuencia de mamíferos entre las incidencias registradas. La proporción de mamíferos (56%) resulta muy elevada si se compara con datos de otros estudios en los que ésta ronda el 33% (PMVC 2003), situación que se debe a su mayor detectabilidad en el contexto de un seguimiento mayoritariamente pasivo. No obstante, en Collserola los mesomamíferos se han revelado como un grupo muy adecuado para caracterizar el fenómeno de los atropellos y la disponibilidad de información detallada sobre los niveles de tráfico ha permitido establecer algunas relaciones entre este factor y los atropellos en las vías del parque.

La relación que se observa entre la tasa de atropellos de mamíferos y los niveles de tráfico (IMD) en el parque coincide en gran parte con la descripción teórica de Müller y Berthoud (1997), según la cual las tasas de mortalidad suelen incrementarse progresivamente con el aumento de tráfico, hasta llegar a un umbral en que éste disuade a los animales del intento de cruce. En su modelo teórico, dichos autores indican la presencia de un umbral de atropellos cuando el tráfico es de entre 5.000 y 10.000 vehículos al día, mientras que con datos empíricos en Collserola se aprecia un umbral más cercano a los 10.000 vehículos. En Collserola, el 44% (n=16) de los tramos de carretera estudiados tienen IMDs por encima de los 5.000 vehículos, con lo cual se puede considerar que representan un peligro importante para la mayoría de las especies que intentan cruzarlos, e incluso es probable que ejerzan un importante efecto barrera ya que, además del riesgo de atropello para los individuos que intentan cruzar, probablemente otros ni siquiera lo intentan cuando se alcanzan IMDs por encima de los 10.000 (Müller y Berthoud 1997), tal y como se aprecia en Collserola por el estancamiento de la tasa de atropello (Figura 4).

La relación entre IMD y tasa de atropello se manifiesta en Collserola a nivel de tramo, siendo lógicamente más frecuentes las incidencias en los tramos más transitados, sobre todo los que se encuentran cerca de la ciudad de Barcelona (Figura 3). Por otro lado, se observa en Collserola que, gracias a los datos de la autopista (la E-9), el nivel de tráfico es muy constante a lo largo de los meses del

año, produciéndose únicamente una reducción notable durante el mes de agosto, cuando muchas de las personas del área metropolitana hacen sus vacaciones y se alejan de la ciudad. A pesar de la regularidad mensual en el tráfico, se observan claras fluctuaciones en la tasa de atropello de las principales especies de mamíferos implicadas –erizo, jabalí, conejo y ardilla, siendo especialmente estacional en el caso del conejo y la ardilla. Distintos estudios anteriores han subrayado las posibilidades de interpretación o extrapolación de las variaciones temporales en la tasa de atropello a posibles tendencias o fluctuaciones en las poblaciones animales (Fahrig *et al.* 2001, Baker *et al.* 2004, Widenmaier y Fahrig 2005). Siendo constante el tráfico, es probable que las fluctuaciones temporales de atropellos en Collserola respondan a factores propios de la biología de las distintas especies, como serían las variaciones estacionales en cuanto a su abundancia, los patrones de actividad o de movilidad (uso del hábitat, dispersión, etc.), e incluso de la composición de la población (edad, experiencia de los individuos). En el caso de la ardilla y el erizo los atropellos se concentran en primavera y principios de verano, sobre todo en mayo, hecho que, en el caso de la ardilla, coincide con los máximos poblacionales según muestran seguimientos realizados en áreas cercanas al parque (Real *et al.* 1995). En contraste, los meses de invierno apenas registran atropellos coincidiendo con una disminución de su abundancia y también de la actividad de las dos especies, especialmente en el caso del erizo que suele estar hibernando en esta época. Reeve y Huijser (1999) atribuyen el mayor número de atropellos de erizos en verano al aumento de desplazamientos de los machos en esta época cuando buscan hembras para aparearse. En Cataluña aún existen pocos datos sobre el período de apareamiento del erizo, pero algunos autores lo sitúan mayoritariamente entre mayo y junio (Ruiz-Romero 1995), lo cual también coincide con el pico de atropellos observado en Collserola (Figura 6). Por su parte, el conejo muestra en Collserola un patrón algo menos estacional, con menor frecuencia de atropellos en verano y otoño, que posiblemente se debe a una caída de la población en esta época a causa de bajas por enfermedades, o a causa de la actividad cinegética en otoño.

Estudios anteriores indican una mayor frecuencia de accidentes de tráfico ocasionados por jabalíes durante el período de octubre a enero, con un máximo en el mes de noviembre (DGT 2004, Markina 1999). Esta situación parece relacionarse principalmente con la actividad cinegética, con más accidentes en las

temporadas con más batidas y en días posteriores a las cacerías (Markina 1999). El pico otoñal también coincide con la época de celo del jabalí (Fernández-Llario 2005), de manera que ambos factores, caza y celo, implican un aumento considerable de los desplazamientos del jabalí con el consecuente incremento del riesgo de atropello. En Collserola se aprecia también un pico de atropellos de jabalí durante el mes de noviembre (segundo mes con más atropellos), aunque su distribución a lo largo del año es bastante irregular, con grandes diferencias según el mes (Figura 6). Por ejemplo, el mes de junio es con diferencia el que más incidencias registra, mientras que durante mayo y julio, en cambio, son mucho menos frecuentes. Dada la estabilidad del nivel de tráfico, cabe pensar que estas variaciones respondan también a factores ligados a la biología del jabalí en el parque, sobretodo relacionados con su movilidad. En este sentido, del presente estudio es interesante remarcar la mayor proporción de individuos de entre 6 y 12 meses de edad entre los jabalíes muertos por atropello en comparación con los muertos por otras causas, ya que esta franja de edad corresponde en gran parte con la fase de su dispersión natal (Truvé y Lemel 2003). Por otro lado, se ha observado que existe un aumento de los desplazamientos de jabalíes en Collserola durante el mes de junio, probablemente a consecuencia de cambios en el uso del espacio con la llegada del verano (Cahill 2000), lo cual podría contribuir al aumento de atropellos en este mes. También cabe señalar que, del patrón de actividad nocturna de esta especie en Collserola, se solapan determinadas horas de gran volumen de tráfico en las carreteras del parque con los desplazamientos del jabalí, especialmente entre las ocho y las diez de la tarde (Figura 8). En un estudio de 2.020 colisiones entre vehículos y jabalíes realizado por la Dirección General de Tráfico (DGT 2004), el 65% de las incidencias ocurrieron entre las 19:00 h y las 24:00 h. En cambio, la tasa de accidentalidad fue cuatro veces inferior durante las 00:00 h y las 06:00 h (DGT 2004), situación que refleja por supuesto el reducido volumen de tráfico, pero también puede contribuir a ello una menor movilidad de los jabalíes durante estas horas, tal y como se ha observado en Collserola (Cahill *et al.* 2003).

La caracterización de los hábitats alrededor de los puntos de atropello de las diferentes especies indica la relación de esta problemática con el uso del hábitat. Esto supone también una disgregación geográfica, de manera que el conejo y el erizo se relacionan principalmente con ambientes abiertos -cultivos, prados,

matorral bajo, zonas agrícolas- que coinciden con zonas periféricas del parque, como en su vertiente barcelonesa, donde se localizan también algunos de los tramos de carretera con mayores valores de IMD. En este sentido, cabe destacar el descenso de la mortalidad en agosto de conejo y erizo (Figura 6), que parecen beneficiarse de la reducción importante del tráfico que se da en este mes (Figura 5). En cambio, la ardilla, especie forestal, se atropella con más frecuencia en ambientes boscosos que, por otro lado, corresponden principalmente al interior de Collserola. En el caso del jabalí, no se aprecian desviaciones con respecto a la esperada en cuanto a la tipología de hábitat en los puntos de atropello, situación que refleja por un lado su gran capacidad de desplazamiento (desvinculación entre punto de atropello y hábitat) y, por otro lado, su capacidad de aprovechar una mayor variedad de ambientes en el parque (Cahill *et al.* 2003).

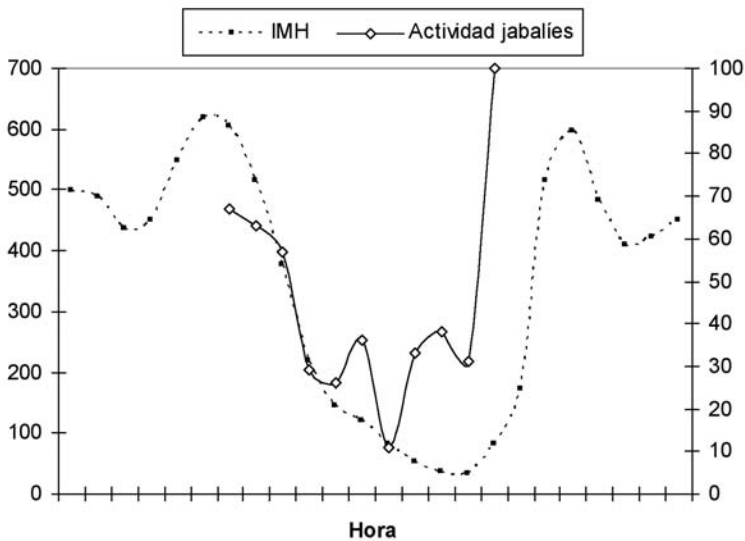


Figura 8. Intensidad media de vehículos por hora (IMH) en 14 tramos de distintas carreteras del Parque de Collserola en comparación con la actividad nocturna de grupos de jabalíes durante la misma época del año (mayo-septiembre). Fuente datos: IMH – Servicio de Vías Locales de la Diputación de Barcelona; actividad jabalíes – adaptado de Cahill *et al.* 2003.

Hourly average traffic density (IMH) on fourteen different sections of conventional roads in Collserola Park in comparison with wild boar nocturnal movement activity during the same time of the year. Source: IMH - Servicio de Vías Locales de la Diputación de Barcelona; wild boar activity – adapted from Cahill et al. 2003.

Es sabido que en algunos casos la mortalidad por atropello puede superar la mortalidad por causas naturales como la depredación y las enfermedades (Forman y Alexander 1998), como ha sucedido en Países Bajos y Gran Bretaña con el tejón *Meles meles*, (Linnaeus, 1758) (Van der Zee *et al.* 1992, Clarke *et al.* 1998). En Collserola, los atropellos se añaden a otros impactos y pueden complicar más la situación de determinadas especies ya vulnerables a causa de otras problemáticas como la pérdida de hábitat, como ocurre en el caso del tejón (Rafart 2005). Lo mismo parece suceder con el erizo y la ardilla, especies que han registrado un descenso de las incidencias en los últimos años en el parque, aunque de momento no es posible saber si éste es debido a los atropellos o simplemente reflejan esta tendencia poblacional. No obstante, los atropellos pueden significar una causa importante de mortalidad en áreas periurbanas en el caso de la ardilla (Shuttleworth 2001), y para el erizo pueden amenazar las poblaciones ya debilitadas por otras causas (Huijser 1999). Actualmente, al igual que parece ocurrir en Collserola, existen indicios de regresión del erizo en lugares fuertemente humanizados, tanto zonas urbanas como agrícolas, tal y como sucede en el Reino Unido (MTUK 2005). En el caso del conejo y el jabalí no se considera que los atropellos tengan efectos significativos sobre sus poblaciones en Collserola. Se estima, por ejemplo, que la proporción media de la población de jabalí muerta por atropello anualmente en el parque no supera el 5%, en este caso podrían ser más significativas las repercusiones que pueden tener los atropellos en relación a la siniestralidad viaria.

La distribución de los atropellos en las carreteras no se da al azar, sino que sigue un patrón agregado que se debe a numerosos factores en función de las características de la carretera, el hábitat, la especie, etc. (Clevenger *et al.* 2003). En Collserola, se han detectado una serie de tramos con una tasa de atropellos por kilómetro superior a la media, los denominados 'tramos negros'. En el parque se ha observado que los atropellos son más frecuentes en tramos de carretera que cruzan zonas conocidas de paso natural de la fauna, como las rieras y los torrentes, pero también en las curvas con reducida visibilidad (Figura 9), o donde la presencia de taludes impide que los animales salgan a tiempo de la calzada (véase también Malo *et al.* 2004). La localización de estos tramos negros en las carreteras permite desarrollar propuestas de medidas correctoras en el parque. En este sentido, ya se han realizado actuaciones como la colocación de carteles informativos específicos en los diferentes accesos al parque que llaman la atención de los conductores sobre

la presencia de la fauna y a la problemática de los atropellos. Por otro lado, se ha establecido un límite de velocidad de 50 km/h en las carreteras del parque (excluyendo la autopista), e incluso algunos tramos con un límite de 30 km/h. Además, a raíz del presente estudio se han propuesto medidas para conseguir una limitación efectiva de la velocidad, seleccionando tramos problemáticos donde implantar pasos de cebra elevados o semáforos activados por el exceso de velocidad. Por otro lado, la identificación de tramos negros, junto con información territorial obtenida mediante métodos de radioseguimiento a partir de otros estudios desarrollados por el parque (véase Llimona *et al.* 2005), ha permitido también plantear la ubicación estratégica de pasos específicos para intentar reducir el impacto del tráfico sobre la fauna en Collserola.



Figura 9. Tramo negro de atropello de mamíferos en la carretera de la Rabassada, Parque de Collserola. Las líneas blancas discontinuas indican la presencia de torrentes.

Mammal roadkill hotspot located on the Rabassada road in Collserola Park. The discontinuous white lines indicate the presence of dry stream valley bottoms.

En resumen, en el Parque de Collserola se ha constatado una relación entre atropellos de mamíferos e IMD, que se manifiesta a nivel de tramo de carretera. Por otra parte, los atropellos no dependen únicamente del factor tráfico, si no que tienen además una clara relación con la biología de las especies afectadas, y especialmente con sus ciclos de actividad y movilidad. Finalmente, se observan diferencias entre especies por lo que se refiere a la temporalidad y la distribución de los atropellos, y su relación con el hábitat.

AGRADECIMIENTOS

A todos los compañeros del parque y en especial a los guardas forestales que han colaborado en la recogida de datos, sin los que este trabajo no hubiera sido posible. A Enric Morera, de la Unidad de Estadística del Servicio de Vías Locales de la Diputación de Barcelona, que nos ha proporcionado los datos de tráfico de las carreteras convencionales, por su disponibilidad y facilidad para aclarar dudas en cualquier momento. A Lluís Cabañeros del Servei de Medi Natural del Consorci del Parc de Collserola, por su apoyo a este proyecto y finalmente a un revisor anónimo por sus comentarios constructivos.

REFERENCIAS

- BAKER, P., S. HARRIS, C. ROBERTSON, G. SAUNDERS Y P. WHITE (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.
- BENNET, A. (1991). Roads, roadsides and wildlife conservation: a review. Pp. 99-117. En: D. Saunders y R. Hobbs (eds). *Nature Conservation 2: The role of corridors*. Surrey Beatty y Sons Pty Limited, Australia.
- CAHILL, S. (2000). *Estudi de la població de senglar (Sus scrofa) a la serra de Collserola. Memòria de treballs de 1999*. Informe inédito, Parque de Collserola. 52 pp.
- CAHILL, S., F. LLIMONA Y J. GRÀCIA (2003). Spacing and nocturnal activity of wild boar *Sus scrofa* in a Mediterranean metropolitan park. *Wildlife Biology*, 9 (Suppl. 1): 3-13.
- CAHILL, S. Y F. LLIMONA (2004). Demographics of a wild boar *Sus scrofa* Linnaeus, 1758 population in a metropolitan park in Barcelona. *Galemys*, 16 (n.e.): 37-52.
- CLARKE G., P. WHITE Y S. HARRIS (1998). Effects of roads on badger *Meles meles* populations in south-west England. *Biological Conservation*, 86 (2): 117-124.
- CLEVENGER, A., B. CHRUSZCZ Y K. GUNSON (2003). Spatial patterns and factors influencing small vertebrate fauna roadkill aggregations. *Biological Conservation*, 109: 15-26.

- DGT (2004). *Accidentes producidos por la presencia de animales en la calzada*. Dirección General de Tráfico, Observatorio Nacional de Seguridad Vial, Ministerio del Interior. 22 pp.
- FAHRIG, L., K. NEILL Y J. DUQUESNEL (2001). Interpretation of joint trends in traffic volume and traffic-related wildlife mortality: a case study from Key Largo, Florida. *Road Ecology Center*. Artículo Fahrigh2001a. <http://repositories.cdlib.org/jmiel/roadecol/Fahrig2001a>.
- FERNÁNDEZ-LLARIO, P. (2005). The sexual function of wallowing in male wild boar (*Sus scrofa*). *Journal of Ethology*, 23: 9-14.
- FORMAN, R. Y L. ALEXANDER (1998). Roads and their major ecological effects. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 29: 207-231.
- FORMAN, R., D. SPERLING, J. BISSONETTE, A. CLEVINGER, C. CUTSHALL, V. DALE, L. FAHRIG, R. FRANCE, C. GOLDMAN, K. HEANUE, J. JONES, F. SWANSON, T. TURRENTINE Y T. WINTER (2003). *Road ecology: science and solutions*. Island Press, Washington, Covelo y London. 481 pp.
- HUIJSER, M. (1999). Human impact on populations of hedgehogs *Erinaceus europaeus* through traffic and changes in the landscape: a review. *Lutra*, 42: 39-56.
- LLIMONA F. S. CAHILL, A. TENÉS Y L. CABAÑEROS (2005). El estudio de los mamíferos en relación a la gestión de áreas periurbanas. El caso de la región metropolitana de Barcelona. *Resúmenes de las VII Jornadas de la Sociedad Española para la Conservación y Estudio de los Mamíferos*, Valencia, Pp: 111.
- MALO, J., F. SUÁREZ Y A. DÍEZ (2004). Can we mitigate animal-vehicle accidents using predictive models? *Journal of Applied Ecology*, 41: 701-710.
- MARKINA, F. (1999). Accidentes de carretera con ungulados cinegéticos en el territorio histórico de Álava. Pp. 129-137. En: *Fauna y carreteras. El problema de la fauna en el proyecto, construcción y explotación de carreteras*. Asociación Técnica de Carreteras, Madrid.
- MONACO, A., B. FRANZETTI, L. PEDROTTI Y S. TOSO (2003). *Linee guida per la gestione del Cinghiale*. Ministero per le Politiche Agricole e Forestali, Istituto Nazionale per la Fauna Selvatica, Italia. 116 pp.
- MTUK (2005). *Mammals on roads newsletter. Mammals on roads survey, an outline of 2004's results*. Julio 2005. Mammals Trust UK. <http://www.mtuk.org/>.
- MÜLLER, S Y G. BERTHOUD (1997). *Fauna and traffic safety*. Lausanne, CH: LAVOC.
- PMVC (2003). Mortalidad de vertebrados en carreteras. Proyecto provisional de seguimiento de la mortalidad de vertebrados en carreteras (PMVC). *Documento Técnico de Conservación SCV*, nº4, Madrid. 350 pp.
- RAFART, E. (2005). *Ecología del comportamiento del tejón: sociabilidad, organización espacial y problemas de conservación*. Tesis Doctoral, Universitat de Barcelona.

- RASPALL, A., F. LLIMONA, M. NAVARRO Y A. TENÉS (2004). *Guia de Natura del Parc de Collserola*. Consorci del Parc de Collserola, Barcelona. 238 pp.
- REAL, J., J. PIQUÉ Y J. D. RODRÍGUEZ-TEJERO (1995). Esquirol *Sciurus vulgaris*. Pp. 45-50. En: J. Ruiz-Olmo y A. Aguilar (eds). *Els grans mamífers de Catalunya i Andorra*. Lynx Edicions, Barcelona.
- REEVE, N. Y M. HUIJSER (1999). Mortality factors affecting wild hedgehogs: a study of records from wildlife rescue centres. *Lutra*, 42: 7-24.
- RUIZ-ROMERO, S. (1995). Eriçó fosc *Erinaceus europaeus* L., 1758. Pp. 37-41. En: J. Ruiz-Olmo y A. Aguilar (eds). *Els grans mamífers de Catalunya i Andorra*. Lynx Edicions, Barcelona.
- SAEKI, M. Y D. MACDONALD (2004). The effects of traffic on the raccoon dog (*Nyctereutes procyonoides viverrinus*) and other mammals in Japan. *Biological Conservation*, 118: 559-571.
- SHUTTLEWORTH, C. (2001). Traffic related mortality in a red squirrel (*Sciurus vulgaris*) population receiving supplemental feeding. *Urban Ecosystems*, 5 (2): 109-118.
- TROMBULAK, S. Y C. FRISSELL (2000). Review of Ecological effects of roads on terrestrial and aquatic communities. *Conservation Biology*, 14: 18-30.
- TRUVÉ, J. Y J. LEMEL (2003). Timing and distance of natal dispersal for wild boar *Sus scrofa* in Sweden. *Wildlife Biology*, 9 (Suppl. 1): 51-57.
- VAN DER ZEE, F., J. WIERTZ, C. TER BRAAK Y R. VAN APeldoorn (1992). Landscape change as a possible cause of the badger *Meles meles* L. decline in The Netherlands. *Biological Conservation*, 61: 17-22.
- WIDENMAIER, K. Y L. FAHRIG (2005). Inferring white-tailed deer (*Odocoileus virginianus*) population dynamics from wildlife collisions in the city of Ottawa. *Road Ecology Center*: Artículo Widenmaier2005a. (<http://repositories.cdlib.org/jmie/roadecol/Widenmaier2005a>).