

# Impacto del tráfico rodado en el P. N. del Carrascal de la Font Roja. ¿Cómo influyen las características de la carretera en los atropellos de vertebrados?

Encarnación Rico-Guzmán<sup>1,2\*</sup>, José Luis Cantó<sup>3</sup>, Beatriz Terrones<sup>1,4</sup> & Andreu Bonet<sup>1,2,4</sup>

1. Departamento de Ecología. Universidad de Alicante. Ap. Correos 99, 03080 Alicante.

2. Estación Científica Font Roja Natura. Universidad de Alicante. Ap. Correos 99, 03080 Alicante.

3. Parque Natural del Carrascal de la Font Roja. Generalitat Valenciana. Carretera de la Font Roja s/n, 03801 Alcoi (Alicante).

4. Instituto Multidisciplinar para el Estudio del Medio "Ramón Margalef". Universidad de Alicante. Ap. Correos 99, 03080 Alicante.

\* Autora para correspondencia: encarnacion.rico@ua.es

## Resumen

Se estudia el efecto de la carretera CV-797 sobre la comunidad de vertebrados del Parque Natural del Carrascal de la Font Roja (norte de Alicante) durante el periodo 2000-2008, analizando mediante un análisis multivariante, las variables ambientales de la carretera y su entorno próximo, y su relación con los atropellos registrados. Los atropellos totales se concentran sobre todo en torno a zonas de barranco, distinguiéndose cuatro puntos negros de distinta composición, que no difieren mucho en su localización respecto a los tres hallados para los mamíferos. El grupo más afectado es el de los reptiles, mientras que los atropellos a mamíferos son escasos. Aunque las relaciones con las variables ambientales son específicas para cada especie, los atropellos a reptiles se asocian a aquellas zonas más expuestas a la radiación solar. Entre las aves, la relación más clara es la del gorrión (*Passer domesticus*) con las áreas urbanas, mientras que las demás especies son atropelladas en sus hábitats cotidianos. Los atropellos de anfibios se concentran principalmente sobre dos especies, por lo que el impacto relativo es mayor. Respecto a los mamíferos, el reducido número de atropellos no permite sacar conclusiones para las especies excepto para el conejo (*Oryctolagus cuniculus*), asociado a zonas abiertas y cultivos, por lo que se propone continuar con el muestreo para conocer los factores que influyen en los atropellos.

**Palabras clave:** atropello, características ambientales, vertebrados, Carrascal de la Font Roja.

## Abstract

The effect of the road CV-797 on the vertebrate community of Carrascal de la Font Roja Natural Park (north of Alicante) during the period 2000-2008 was studied, analysing environmental variables associated with the road and its surroundings, and their relation with the registered roadkills through a multivariate analysis. The distribution of total roadkills is centred on watercourses and four black spots with different composition, which don't differ much compared to the three found for mammals. The worst affected group are reptiles, while mammal casualties are scarce. Although relationships with environmental variables are species-specific, reptile casualties are associated with areas that are more exposed to solar radiation. Among the birds, the clearest relation is the one between the common sparrow (*Passer domesticus*) and urban areas, while the rest of the species are roadkilled at their common habitats. Amphibian roadkill is concentrated on two species, thus the relative impact is greater. The small number of mammal casualties does not allow conclusions to be drawn for these species except for the European rabbit (*Oryctolagus cuniculus*) where roadkill was associated with open areas and crops. It is proposed to continue with sampling so as to better understand the factors which influence roadkills.

**Keywords:** roadkill, environmental characteristics, vertebrate, Carrascal de la Font Roja.

## Introducción

Las estructuras antrópicas lineales, como carreteras o líneas férreas, provocan la fragmentación del paisaje como red ecológica funcional. Algunos de los principales efectos de estas construcciones sobre los hábitats naturales son la reducción y aislamiento de los mismos

por el efecto barrera, o la colonización de los bordes por especies alóctonas invasoras (Delgado *et al.* 2004). Todo ello conduce, en última instancia, a la disminución de la riqueza específica y la pérdida de la biodiversidad.

En el caso concreto de las poblaciones de vertebrados, las estructuras viales representan una barrera frente a la dispersión y el movimiento en general, ya

sea porque el animal las evita o porque muere al intentar cruzarlas (Rosell *et al.* 2002). El aislamiento debido a esta limitación de la movilidad acaba provocando el empobrecimiento genético de las poblaciones, favoreciendo la endogamia y la deriva genética que finalmente podrían ser causa de extinción.

Los atropellos, un problema preocupante desde hace décadas, están aumentando en la actualidad por el incremento del tráfico y de la extensión de vías de comunicación (Rosell *et al.* 2002). De hecho, en algún momento de las últimas tres décadas, los atropellos han superado a la caza como principal causa de muerte en vertebrados originada por actividades humanas (Forman & Alexander 1998). En el caso concreto de España, según el Informe COST 341 (Rosell *et al.* 2002), se estima que anualmente mueren en las carreteras alrededor de 10 millones de vertebrados.

El efecto sobre las poblaciones de vertebrados se incrementa en las carreteras que discurren por espacios naturales protegidos, debido a la mayor diversidad y densidad de animales allí existentes. En estas zonas especialmente sensibles es incluso más importante el estudio del efecto de las carreteras sobre las poblaciones de vertebrados.

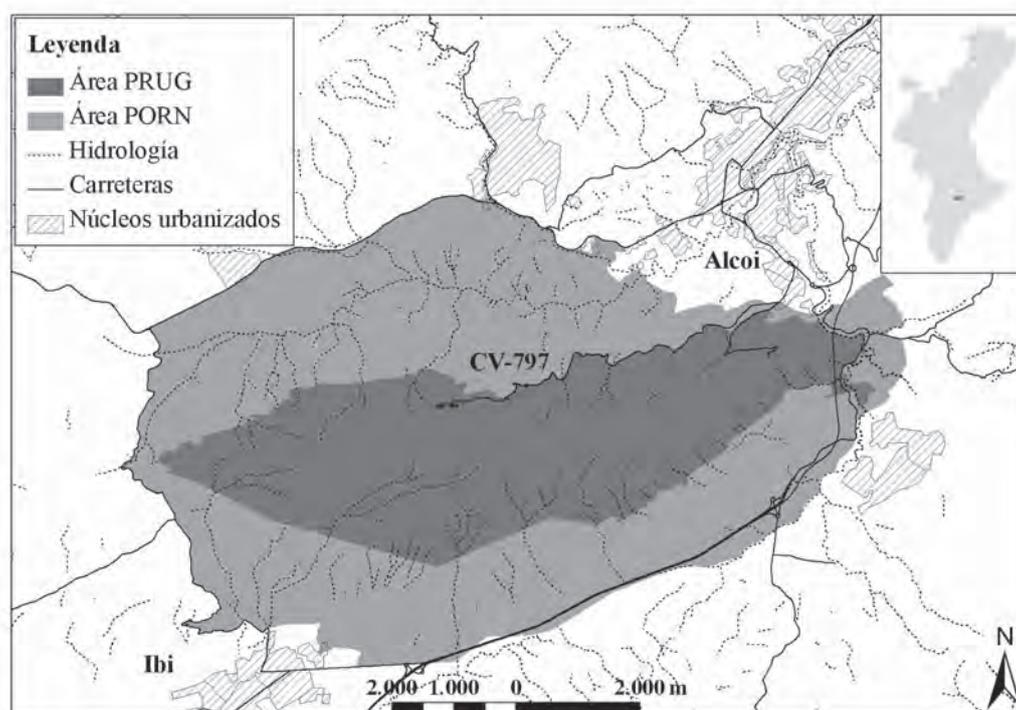
Hace años que se viene recogiendo información sobre el efecto del tráfico rodado en la carretera de acceso al Parque Natural del Carrascal de la Font Roja (Cantó *et al.* 2001, Dávila *et al.* 2007). En este trabajo se pretende ampliar estos estudios anteriores, analizando los

factores que determinan el patrón de atropello sobre la fauna vertebrada del Parque Natural, replanteando algunas hipótesis concretas y proponiendo medidas para minimizar su impacto.

## Material y métodos

La carretera CV-797 se sitúa en el Parque Natural del Carrascal de la Font Roja, al norte de la provincia de Alicante (Figura 1). Esta vía discurre en su mayor parte por la zona incluida en el PRUG (Plan Rector de Uso y Gestión, 2.298 ha), atravesando áreas de cultivo tradicional, pinar de pino carrasco (*Pinus halepensis* Mill.) y carrascal mixto de *Quercus ilex* L. subsp. *ballota* (Desf.) con especies caducifolias. La carretera da acceso al centro de interpretación del Parque desde el núcleo urbano de Alcoi y es utilizada asiduamente por trabajadores, propietarios privados y visitantes, por lo que el tránsito es relativamente elevado para una carretera comarcal. De sus 8,6 km de recorrido, los cinco primeros presentan una pendiente suave y un trazado más o menos recto, incrementándose la inclinación y las curvas cerradas con escasa visibilidad a partir de ese momento.

El seguimiento de los atropellos a vertebrados se realiza diariamente por parte del personal del Parque. En este estudio, se ha considerado el período 2000-2008, ambos años incluidos. La prospección se ha realizado en automóvil a baja velocidad, anotando la fecha y el punto kilométrico en tramos de 100 metros, a los que se ha



**Figura 1.** Situación del P. N. del Carrascal de la Font Roja y la carretera estudiada.

*Location of Carrascal de la Font Roja Natural Park and the studied road.*

asignando posteriormente una coordenada UTM. Se ha adaptado el término de punto negro o tramo de concentración de accidentes (TCA) definido por la Dirección General de Tráfico (Menéndez 2001), usado aquí como aquel tramo de 100 metros con 3 ó más atropellos.

Los animales atropellados fueron fotografiados e identificados a nivel de especie, excepto aquellos cuyo estado de conservación no lo permitía. Por ejemplo, el ratón casero (*Mus musculus* Linnaeus, 1758) y el ratón moruno (*Mus spretus* Lataste, 1883) se diferencian externamente por el color del pelaje y la longitud relativa de la cola respecto al cuerpo, así como por la morfología de sus molares (Palomo 2007), pero aún así ambas especies pueden confundirse con facilidad. En el

presente estudio, un único individuo no determinado aparece indicado como *Mus* sp. Los ejemplares de musaraña gris *Crocidura russula* (Hermann, 1780) encontrados no se tuvieron en cuenta en los análisis debido a la dificultad para determinar la causa de su muerte.

Se han estudiado las características ambientales a lo largo de la carretera en tramos de 100 metros, a cada uno de los cuales se asignó el punto kilométrico correspondiente. Para determinar los factores relacionados con el patrón de atropellos, se han definido variables ambientales (Tabla 1), partiendo del trabajo previo de Dávila *et al.* (2007) y del análisis de las fotografías aéreas del año 2005 mediante SIG y posterior análisis de las relaciones mediante métodos multivariantes.

**Tabla 1.** Variables semicuantitativas y dicotómicas con sus acrónimos y sus respectivas categorías y descripción.  
*Semi-quantitative and dichotomic variables with their acronyms and their respective categories and description.*

|   |                                    |                          |
|---|------------------------------------|--------------------------|
| <b>Grado de curvatura horizontal de la carretera (CURE)</b>                               |                                    |                          |
| (1) Recta   | (2) Curva suave                    | (3) Curva fuerte         |
| <b>Altitud (ALT).-</b>  |                                    |                          |
| (1) 600-700 m   | (3) 800-900 m                      | (5) 1000-1100 m.         |
| (2) 700-800 m   | (4) 900-1000 m                     |                          |
| <b>Dificultad de acceso (taludes) (TAL).-</b>   |                                    |                          |
| (1) Sin taludes   | (2) Talud a un lado                | (3) Talud a ambos lados. |
| <b>Distancia a núcleos urbanos (DNU).-</b>  |                                    |                          |
| (1) 0-500 m   | (4) 1500-2000 m                    | (7) 3000-3500 m          |
| (2) 500-1000 m  | (5) 2000-2500 m                    | (8) 3500-4000 m          |
| (3) 1000-1500 m   | (6) 2500-3000 m                    |                          |
| <b>Distancia a edificaciones dispersas (masías y casas de campo) (DED)</b>                |                                    |                          |
| (1) 0-100 m   | (3) 200-300 m                      | (5) 400-500 m            |
| (2) 100-200 m   | (4) 300-400 m                      | (6) > 500 m              |
| <b>Distancia a puntos de agua (DPA)</b>   |                                    |                          |
| (1) 0-200 m   | (2) 200-400 m                      | (3) > 400 m              |
| <b>Grado de curvatura del terreno (CURt)</b>  |                                    |                          |
| (1-7) Cóncavo   | (8) Llano                          | (9-13) Convexo           |
| <b>Distancia a barrancos (BAR)</b>  |                                    |                          |
| (1) 0-100 m   | (2) 100-200 m                      | (3) 200-300 m            |
| (4) > 300 m   |                                    |                          |
| <b>Cobertura arbórea (COB)</b>  |                                    |                          |
| (1) < 50%   | (3) 60-70%                         | (5) 80-90%               |
| (2) 50-60%  | (4) 70-80%                         | (6) 90-100%              |
| <b>Cobertura de sotobosque (SOT)</b>  |                                    |                          |
| (1) Herbáceo a ambos lados  | (4) Arbustivo denso/Herbáceo       |                          |
| (2) Arbustivo ralo/Herbáceo   | (5) Arbustivo denso/Arbustivo ralo |                          |
| (3) Arbustivo ralo a ambos lados  | (6) Arbustivo denso a ambos lados  |                          |
| <b>Presencia de bifurcaciones hacia otras carreteras o caminos (BIF)</b>                  |                                    |                          |
| (1) Presencia   | (0) Ausencia                       |                          |
| <b>Presencia de señalización de peligro por paso de fauna o límite de velocidad (SEÑ)</b> |                                    |                          |
| (1) Presencia   | (0) Ausencia                       |                          |

La variable CURt (curvatura del terreno) se refiere a la tasa de variación de la pendiente, con valores positivos para las zonas convexas, cero para las planas y negativos para las cóncavas. Para evitar estos valores negativos en los análisis estadísticos, se ha reclasificado en las 13 categorías especificadas (Tabla 1), de mayor a menor grado de concavidad. Las categorías de las variables cobertura arbórea (COB) y de sotobosque (SOT) son reclasificaciones que incluyen la cobertura de ambas orillas de la carretera, que en el campo se consideraron por separado. En el caso de la cobertura de sotobosque, se ha considerado la estructura vertical (predominancia de especies herbáceas o de especies arbustivas) y la densidad en el caso de las especies arbustivas. El porcentaje de cobertura se determinó visualmente, definiendo el sotobosque como “ralo” si la cobertura era inferior al 50% y “denso” si era superior.

También se realizó un recorrido a pie de la carretera anotándose la presencia/ausencia de los tipos de vegetación presente a ambos lados (Tabla 2). Se entiende por pinar mixto o carrascal mixto aquellas masas de pinar o carrascal en las que a la especie dominante la acompañan árboles caducifolios, como arces (*Acer opalus* Mill. subsp. *granatensis* (Boiss.) Font Quer & Rothm) o fresnos (*Fraxinus ornus* L.).

Tras todo esto, se han aplicado diversos análisis multivariantes, un conjunto de procesos estadísticos que combinan información del medio físico y biológico, analizando simultáneamente todas las variables

**Tabla 2.** Clasificación de las variables de presencia/ausencia de vegetación.

*Classification of the presence-absence variables of the vegetation.*

| ID | Nombre    | Descripción               |
|----|-----------|---------------------------|
| 1  | URB       | Urbano (2 lados)          |
| 2  | CUL-URB   | Cultivo-urbano            |
| 3  | CUL       | Cultivo (2 lados)         |
| 4  | CUL-PIN   | Cultivo-pinar             |
| 5  | CUL-PINm  | Cultivo-pinar mixto       |
| 6  | CUL-CAR   | Cultivo-carrascal         |
| 7  | CUL-CARm  | Cultivo-carr. mixto       |
| 8  | PIN       | Pinar a ambos lados       |
| 9  | PINm      | Pinar mixto (2 lados)     |
| 10 | PIN-PINm  | Pinar-pinar mixto         |
| 11 | PIN-CAR   | Pinar-carrascal           |
| 12 | PIN-CARm  | Pinar-carrascal mixto     |
| 13 | PINm-CAR  | Pinar mixto-carrascal     |
| 14 | PINm-CARm | Pinar mixto-carr. mixto   |
| 15 | CAR       | Carrascal (2 lados)       |
| 16 | CARm      | Carrascal mixto (2 lados) |

ambientales para cada muestra estudiada (Jongman *et al.* 1995). Para ello se ha utilizado el paquete estadístico Canoco 4.5 (ter Braak & Šmilauer 2002). En este caso, se comparan las variables de la carretera con los atropellos según la especie y el punto kilométrico, tanto para el total de las especies como para cada grupo de vertebrados.

Para decidir el uso de modelos multivariantes lineales o unimodales, se ha aplicado en primer lugar una serie de DCA (*Detrended Correspondence Analysis*), una prueba que establece la longitud del gradiente de composición específica, es decir, cómo se distribuyen los datos de atropello respecto a los puntos o tramos de carretera (ter Braak y Šmilauer 2002). Cuando la longitud de gradiente ha superado las 4 unidades de desviación estándar, se ha aplicado posteriormente el análisis de gradiente directo CCA (*Canonical Correspondence Analysis*), suponiendo un modelo unimodal de respuesta de los organismos. En el caso contrario, se supone una distribución lineal y se aplica el RDA (*Canonical Redundancy Analysis*) (ter Braak 1994). En este estudio, tras verificar la distribución de los datos mediante un DCA, el total de atropellos a vertebrados y para el grupo de los reptiles se han analizado mediante un CCA, y el resto (anfibios, aves y mamíferos) usando un RDA.

Para determinar el peso en el modelo y la significación de las variables ambientales en las distintas ordenaciones, se han realizado análisis de permutaciones de Montecarlo (ter Braak y Šmilauer 2002). Para el total de las especies se han analizado todas las variables ambientales, mientras que para los distintos grupos se han eliminado aquellas en las que no se daba ningún caso de atropello debido a las restricciones del software Canoco, que sólo puede trabajar con muestras no nulas. Con este criterio, se han usado 19 variables para anfibios y reptiles, 18 para las aves y 17 para los mamíferos.

Finalmente, se ha analizado la correlación entre especies y variables ambientales mediante el coeficiente rho de Spearman en SPSS 15.0, considerando un nivel de significación igual o inferior a 0,5 y una robustez de correlación para valores de rho entre 0,4 y 1 ó entre -0,4 y -1.

## Resultados

Se ha registrado un total de 366 atropellos en el periodo 2000-2008, de los que sólo se han analizado 325 casos, tras eliminar a los animales domésticos (1 perro y 6 gatos) y las musarañas grises (n= 28). Los 43 atropellos a mamíferos afectan a 7 especies diferentes. Se observa un número similar de atropellos a anfibios (n= 44), aunque sólo sobre tres especies (28 sapos comunes *Bufo bufo* y 14 sapos corredores

*Epidalea calamita*. Los grupos con mayor número de atropellos son el de las aves ( $n= 77$ ), siendo la especie más atropellada la curruca cabecinegra (*Sylvia melanocephala* con 20 ejemplares), y sobre todo el de los reptiles ( $n= 159$ ), con la lagartija colilarga (*Psammotromus algirus*, con 63 ejemplares como especie más abundante). En la figura 2 se presenta la proporción de animales de cada grupo.

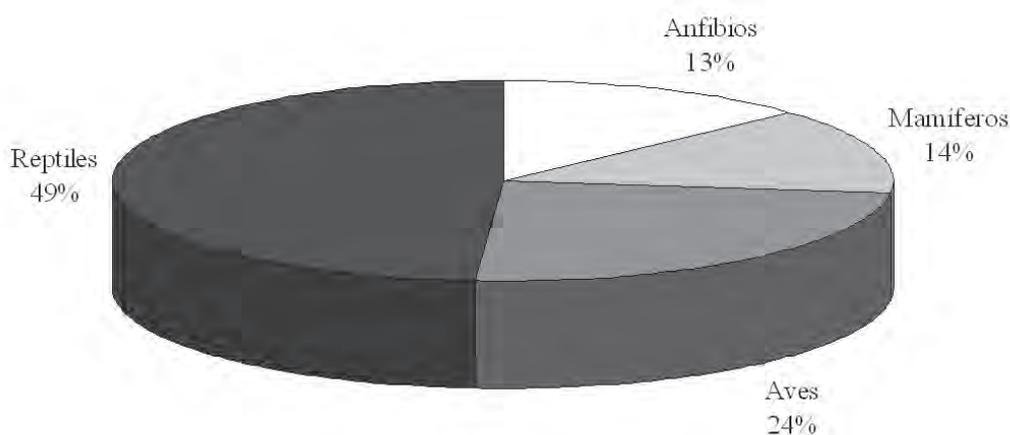
Por lo que respecta a los mamíferos, la especie más afectada por los atropellos en el Parque Natural es el ratón de campo ( $n= 26$ ), seguido de lejos por el conejo ( $n= 8$ ; Figura 3). La abundancia de atropellos a otros micromamíferos (rata negra,  $n= 3$ ; ratón casero,  $n= 2$  y *Mus* sp.,  $n= 1$ ) y a las dos especies de carnívoros (zorro,  $n= 2$  y comadreja,  $n= 2$ ) son mucho menores.

En el análisis espacial para el total de atropellos (Figura 4), se aprecian cuatro puntos negros principales, los dos primeros con trazado rectilíneo y los dos últimos asociados a curvas. En el kilómetro 1,5 han sido

atropellados sobre todo mamíferos y reptiles ( $n= 12$ ), mientras que en el tramo 2,7-2,8 predominan las aves ( $n= 7$  y  $n= 8$ , respectivamente). En el tramo 3,3-3,4, situado en una zona de barranco, se han encontrado sobre todo reptiles ( $n= 7$  y  $n= 11$ ), lo mismo que en los tramos 5,3; 5,4 y 5,5; donde además aparecen aves y mamíferos ( $n= 7$ ,  $n= 7$  y  $n= 1$  respectivamente).

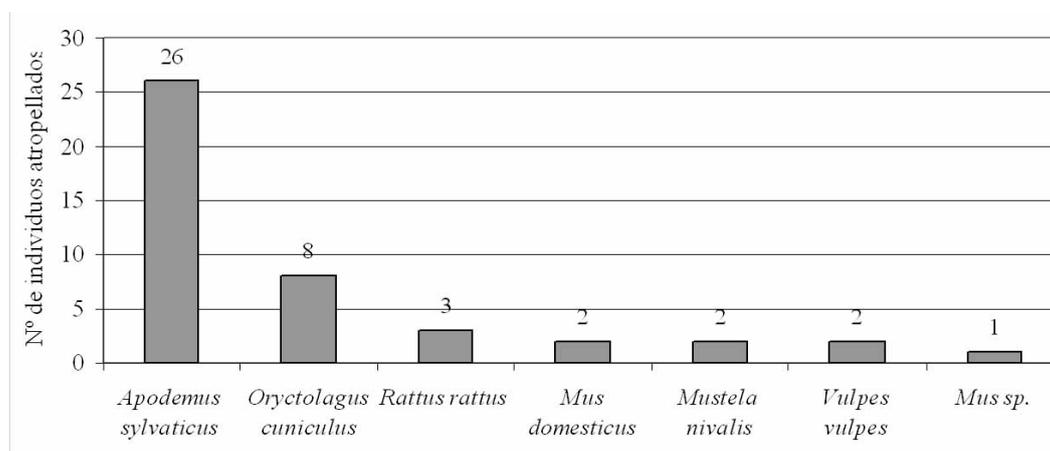
En cuanto a los atropellos a mamíferos, el punto negro principal ( $n= 4$ ) coincide también con el kilómetro 1,5, donde aparecieron atropelladas las dos especies halladas en mayor proporción (*A. sylvaticus* y *O. cuniculus*). Este tramo es una zona llana de pinar y cultivos, donde el trazado de la carretera es rectilíneo. Se observan otros puntos negros secundarios alrededor de los kilómetros 2,5 ( $n= 3$ ) y 4,5 ( $n= 3$ ), también en tramos rectos.

Según los resultados de los CCA (Tabla 3), sólo cuatro de las variables analizadas afectan significativamente a la distribución de los atropellos para el total de los



**Figura 2.** Distribución relativa de los atropellos por grupos faunísticos.

*Relative distribution of roadkills among animal taxa.*



**Figura 3.** Número de mamíferos atropellados en el período 2000-2008.

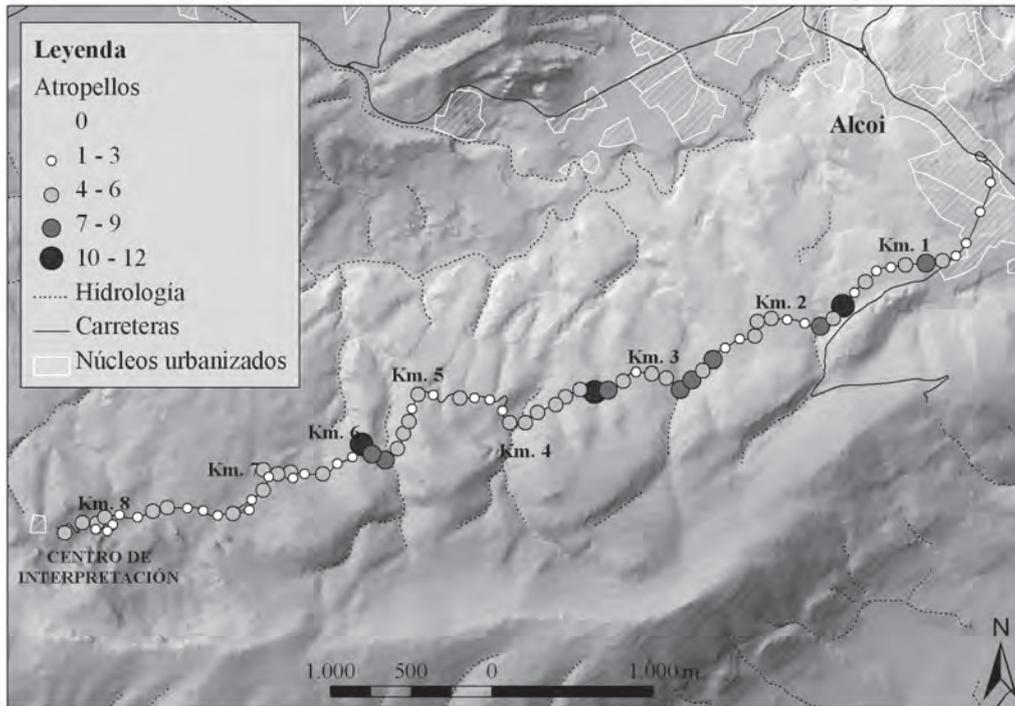
*Number of roadkilled mammals during the period 2000-2008.*

datos, dos de ellas de vegetación (cultivos con pinar y pinar con caducifolios), la presencia de suelo urbano y las bifurcaciones de la carretera. En el caso de los reptiles, se obtienen cuatro variables significativas y una marginalmente significativa, todas ellas relacionadas con el tipo de vegetación (pinar y carrascal en diferentes combinaciones) y la curvatura de la carretera.

Los resultados de los RDA (Tabla 4) sólo asignan una variable significativa, la presencia de señalización

vertical, para el grupo de los anfibios. Para las aves, el modelo ha identificado tres variables significativas: la presencia de suelo urbano, la combinación de pinar y pinar con caducifolios, y la dificultad de acceso por taludes. Finalmente, para los mamíferos se han hallado tres variables destacables, aunque sólo la presencia de cultivos con pinar es significativa.

En la figura 5 se representan los datos totales de atropello por especie frente a las variables significativas.



**Figura 4.** Distribución espacial de los eventos de atropello a vertebrados.  
*Spatial distribution of vertebrate roadkill events.*

**Tabla 3.** Resultados de los CCA para el total de las atropellos y para los reptiles. *Lambda A* es el peso de la variable en el modelo, *p* es el valor de la significación y *F* el valor del estadístico de análisis.

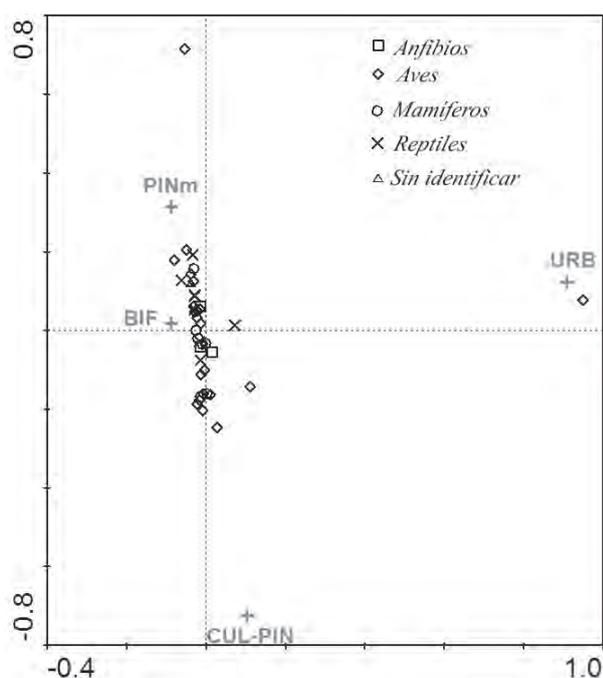
*Results of the CCA for the whole of roadkills and for reptiles. Lambda A is the weight of each variable in the model, p is the signification value and F the value of the statistic used on the analysis.*

| Grupo    | Variable  | LambdaA | p      | F    |
|----------|-----------|---------|--------|------|
| Total    | URB       | 0,60    | <0,001 | 4,76 |
|          | CUL-PIN   | 0,30    | <0,001 | 2,48 |
|          | PINm      | 0,21    | 0,013  | 1,76 |
|          | BIF       | 0,18    | 0,025  | 1,54 |
| Reptiles | CUL-PIN   | 0,14    | 0,001  | 3,66 |
|          | PINm      | 0,12    | 0,006  | 3,19 |
|          | CARm      | 0,10    | 0,031  | 2,50 |
|          | PINm-CARm | 0,09    | 0,069  | 2,67 |
|          | CURc      | 0,08    | 0,038  | 2,24 |

**Tabla 4.** Resultados de los RDA para los anfibios, las aves y los mamíferos. *Lambda A* es el peso de la variable en el modelo, *p* es el valor de la significación y *F* el valor del estadístico de análisis.

*Results of the RDA for the amphibians, birds and mammals. Lambda A is the weight of each variable in the model, p is the signification value and F the value of the statistic used on the analysis.*

| Grupo     | Variable | LambdaA | p      | F    |
|-----------|----------|---------|--------|------|
| Anfibios  | SEÑ      | 0,19    | 0,004  | 6,01 |
| Aves      | TAL      | 0,08    | <0,001 | 4,23 |
|           | PIN-PINm | 0,07    | 0,001  | 3,80 |
|           | URB      | 0,07    | 0,002  | 3,82 |
| Mamíferos | CUL-PIN  | 0,11    | 0,013  | 3,59 |
|           | BIF      | 0,08    | 0,057  | 2,52 |
|           | BAR      | 0,07    | 0,055  | 2,37 |



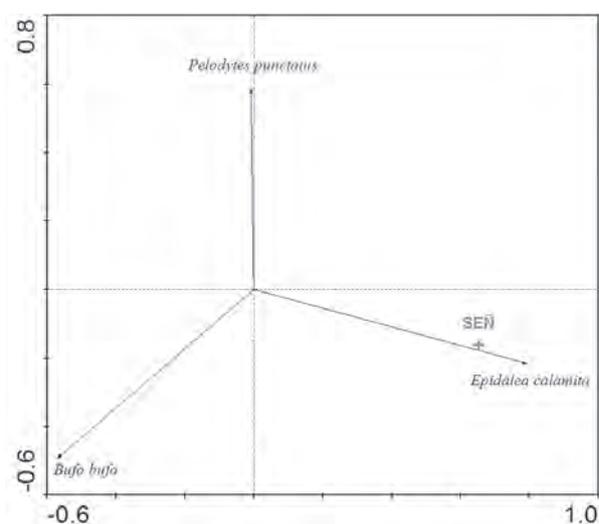
**Figura 5.** Representación gráfica del CCA (Canonical Correspondence Analysis), donde se muestran las especies analizadas con distinto símbolo según el grupo y las variables ambientales dicotómicas consideradas con una cruz.

Graphical representation of CCA (Canonical Correspondence Analysis), showing analysed species with different symbols for each group and the dichotomic environmental variables considered with a cross.

Los atropellos tienden a alejarse de zonas urbanas, a excepción del ave que aparece junto a la variable URB, que se corresponde con el gorrión común. Los datos aparecen asociados a zonas de cultivos acompañados de pinar y en pinares con especies caducifolias. La presencia de bifurcaciones es la menos influyente en el modelo y no se da una tendencia clara de su efecto en la distribución de los atropellos. Por otro lado, el análisis de las correlaciones mediante el coeficiente rho muestra una relación inversa entre los atropellos totales y la distancia a barrancos ( $r_s = -0,442$ ;  $p < 0,001$ ), lo que viene a significar que hay mayor número de atropellos cuanto menor es la distancia.

Para los anfibios (Figura 6), la presencia de señales se relaciona directamente con los atropellos sobre sapo corredor e inversamente respecto a las otras dos especies.

En las aves (Figura 7) destaca el caso excepcional del gorrión común ( $n = 5$ ), que aparece sólo donde hay presencia de suelo urbano. Los atropellos sobre petirrojo ( $n = 12$ ) muestran tendencia a localizarse en puntos con presencia de taludes, lo que sucede también con otras especies en menor medida. Por el contrario, las incidencias de atropello sobre curruca cabecinegra ( $n = 20$ ) se relacionan inversamente con las variables mencionadas. Para el avión común ( $n = 1$ ) y el verdicillo ( $n = 4$ ), dada la escasez de datos, no se puede afirmar que exista una tendencia definida.



**Figura 6.** Representación gráfica del RDA (Redundancy Analysis) para los anfibios, donde se muestran las especies analizadas como vectores y la única variable ambiental considerada con una cruz.

Graphical representation of RDA (Redundancy Analysis) for amphibians, showing analysed species as vectors and the only dichotomic environmental variable considered with a cross.

**Tabla 5.** Valores del coeficiente de correlación rho de Spearman para los atropellos de aves y las variables ambientales.

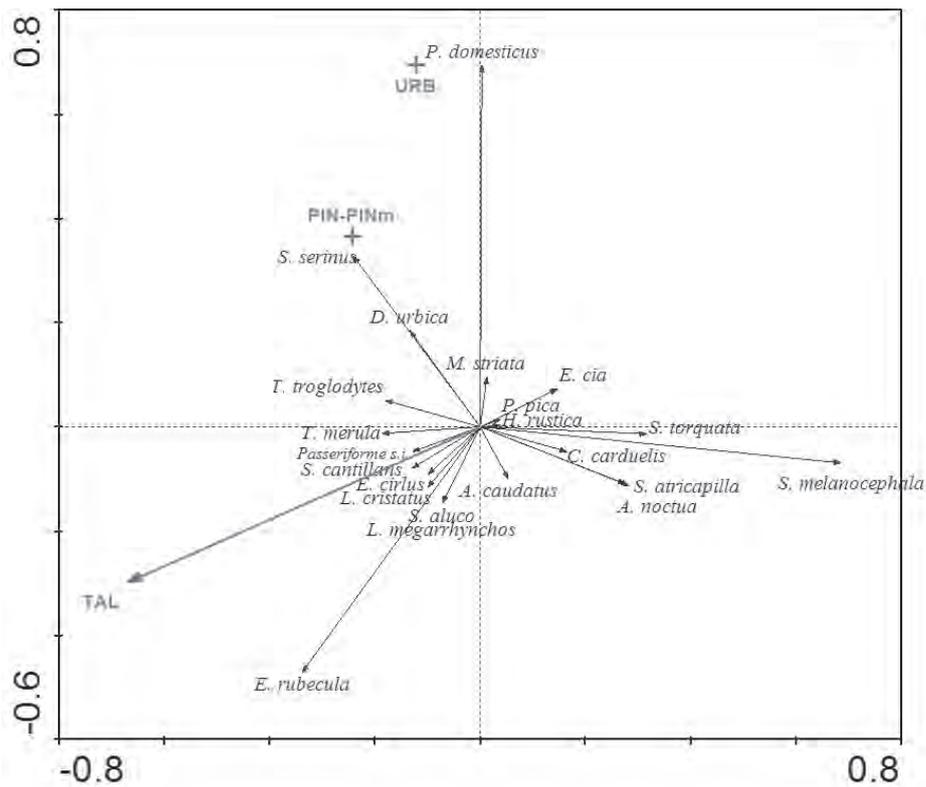
Values for Spearman's rho coefficient of correlation for birds and environmental variables.

| Especie              | Variable ambiental | rs     | p      |
|----------------------|--------------------|--------|--------|
| <i>P. domesticus</i> | URB                | 0,707  | <0,001 |
|                      | CUL-URB            | -0,483 | <0,001 |
| <i>S. torquata</i>   | CUL-PIN            | 0,435  | <0,001 |
|                      | CUL-URB            | 0,430  | <0,001 |
| <i>S. serinus</i>    | PIN-PINm           | 0,495  | <0,001 |

Sin embargo, las correlaciones obtenidas usando el coeficiente rho de Spearman (Tabla 5) vienen a corroborar los resultados para verdicillos y gorriones, para la cual además aparece una correlación directa más débil respecto a la combinación de zonas de cultivo y urbanas. También se observan correlaciones para la tarabilla común ( $n = 5$ ) con las zonas que combinan cultivos con áreas urbanas, y cultivos con pinar.

En el caso de los reptiles (Figura 8) no se observan tendencias claras en la distribución de los atropellos respecto a ninguna variable en particular. Sin embargo, es destacable la relación entre la lagartija colilarga y la curvatura de la carretera.

En el grupo de los mamíferos (Figura 9), se observa una asociación directa entre los atropellos sobre conejo ( $n = 8$ ) y zonas que combinan pinar y cultivos, mientras que los atropellos sobre ratón de campo ( $n = 26$ ) no presenta un patrón tan claro. Los atropellos sobre el resto de mamíferos se concentran en los puntos en



**Figura 7.** Representación gráfica del RDA (*Redundancy Analysis*) para las aves, donde se muestran las especies analizadas como vectores y las variables ambientales consideradas, las dicotómicas con una cruz y las categóricas como vectores.

*Graphical representation of RDA (Redundancy Analysis) for birds, showing analysed species as vectors and the environmental variables considered, the dichotomic ones with a cross and the categorical ones as vectors.*

los que hay bifurcaciones, aunque el hecho de que la variable sea sólo marginalmente significativa y los datos sean escasos, impide afirmar que exista realmente tal relación.

## Discusión

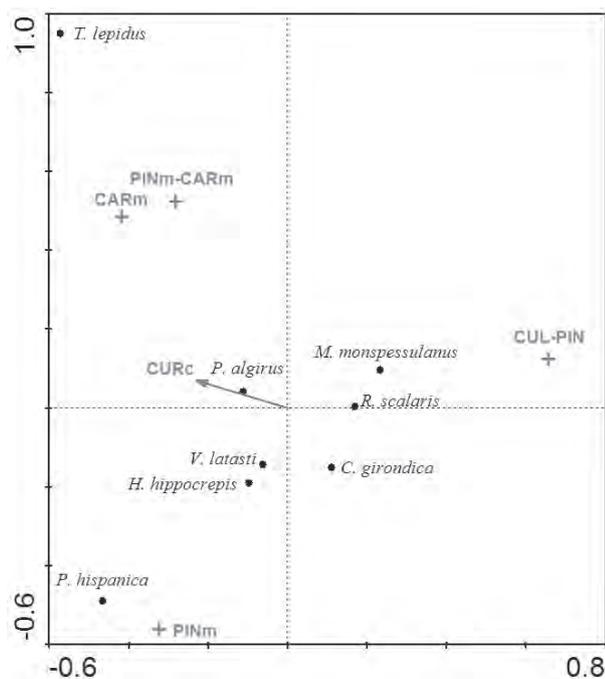
A pesar de que el Parque Natural del Carrascal de la Font Roja es un área de especial relevancia por su abundancia de mamíferos en relación a otras áreas forestales del entorno, el grupo faunístico más afectado por el tráfico en la carretera CV-797 es el de los reptiles, que ostentan el máximo de atropellos ( $n=159$ ), con la lagartija colilarga como la especie más atropellada ( $n=63$ ). En otro orden de magnitud, le siguen las aves ( $n=77$ ), y algo más lejos los anfibios ( $n=44$ ) y los mamíferos ( $n=43$ ), aunque los atropellos a anfibios se concentran en un menor número de especies. Es por ello que el impacto relativo es mayor, teniendo en cuenta, además, la escasa capacidad de desplazamiento de los anfibios (Bosch 2007).

Especialmente, los atropellos se concentran en cuatro puntos negros principales, que coinciden o bien con tramos de trazado rectilíneo, donde se alcanzan velocidades más altas que en zonas de trazado

más irregular (Elvik *et al.* 2004), o bien con curvas en las que el conductor no puede anticipar el cruce de animales. La composición específica de los atropellos varía de un punto a otro, siendo el kilómetro 1,5, asociado a cultivo con pinar, aquel donde se registra el máximo de atropellos a mamíferos, concretamente a ratón de campo y conejo.

En el análisis conjunto para todos los grupos, la distribución de atropellos muestra una correlación inversa con la distancia a barrancos, lo que coincide con la tendencia general observada a que los atropellos sucedan en zonas de barranco y bajada de agua (J.M. Fedriani, com. pers.), con función de zonas de paso para la fauna.

Los atropellos totales también se asocian a áreas de pinar o cultivos con pinar, lo que quizás influya en los reptiles, que ostentan el mayor porcentaje de atropellos y se asocian a zonas con presencia de pinar en alguna de sus posibles combinaciones. La mayor probabilidad de atropello en estos puntos puede explicarse por ser estas áreas más abiertas y expuestas a la radiación solar, propicias para los comportamientos de termorregulación propios de animales ectotermos. Éstos pueden buscar superficies oscuras expuestas a insolación que alcanzan temperaturas superiores a



**Figura 8.** Representación gráfica del CCA (Canonical Correspondence Analysis) para el grupo de los reptiles, donde se muestran las especies analizadas con puntos y las variables ambientales consideradas, las dicotómicas con una cruz y las categóricas como vectores.

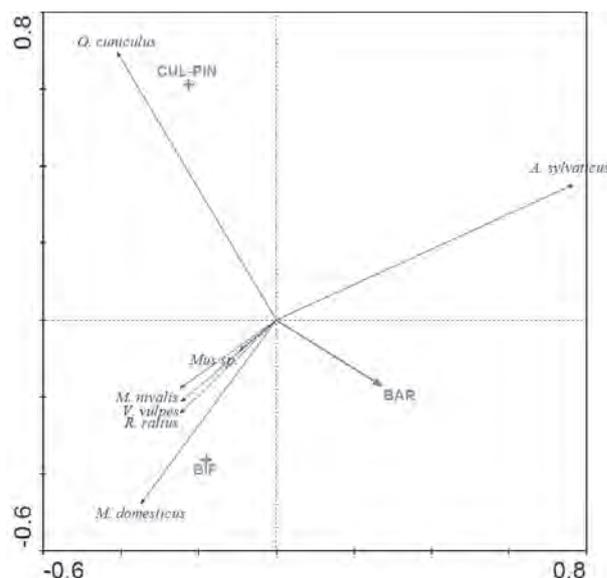
*Graphical representation of CCA (Canonical Correspondence Analysis) for reptiles, showing analysed species as spots and the environmental variables considered, the dichotomic ones with a cross and the categorical ones as vectors.*

las del medio circundante, como el asfalto (Ashley & Robinson 1996, Shine *et al.* 2004). Podría ser el caso de la lagartija colinegra, cuyos atropellos se concentran en zonas con curvas, donde la superficie de asfalto es mayor y la cubierta arbórea está más abierta.

Por su parte, la asociación de atropellos de sapo corredor con la presencia de señales verticales es meramente circunstancial, ya que los criterios usados en la colocación de la señalética corresponden a factores ajenos a la causa de los atropellos (Diputación de Alicante, com. pers.).

En lo que concierne a las aves, destaca el gorrión común, que es atropellado en zonas de suelo urbano próximos a la carretera, lo que se explica por su selección de hábitats antrópicos (Murgui 2011). La correlación entre este ave y la presencia de matorral puede ser debida a la coincidencia de los puntos de baja o nula cobertura de sotobosque y las áreas urbanas. Por otro lado, la presencia de taludes afecta diferencialmente a las especies de ave, como sucede con los atropellos a petirrojos, que se asocian a los taludes, y a currucas cabecinegras, que tienden a ser atropelladas en ausencia de los mismos.

Finalmente, en cuanto a los mamíferos, la relación más directa se da entre los atropellos a conejos y las



**Figura 9.** Representación gráfica del RDA (Análisis de Redundancia) para los mamíferos, donde se muestran las especies analizadas como vectores y las variables ambientales consideradas, las dicotómicas con una cruz y las categóricas como vectores.

*Graphical representation of RDA (Redundancy Analysis) for mammals, showing analysed species as vectors and the environmental variables considered, the dichotomic ones with a cross and the categorical ones as vectors.*

zonas de cultivo con pinar, siendo raros en zonas de arbolado más cerrado. Esto coincide con el estudio de Tenés *et al.* (2007), y con las preferencias del conejo por hábitats agrícolas abiertos, donde buscan alimento (Blanco 1998). Por otro lado, la mayor parte de los atropellos sobre conejo se dan en tramos rectilíneos, donde Barrientos & Bolonio (2009) han registrado una mayor concentración de madrigueras.

Los atropellos de ratón de campo no se correlacionan con ninguna característica ambiental particular, lo que coincide con lo observado por Ascensão & Mira (2006) en un estudio similar al presente, donde la única tendencia encontrada fue la concentración de atropellos en aquellas zonas con menos pasos para fauna.

Para los carnívoros no se puede afirmar ninguna tendencia por la escasez de datos. El zorro y la comadreja, especies abundantes en el Parque Natural, presentan baja incidencia de atropellos, siendo nula para la gineta *Genetta genetta* (L., 1758) en este trabajo. Para determinar si otras variables influyen en los atropellos a mamíferos sería conveniente aumentar el tamaño de la muestra prolongando el estudio en futuros años.

Respecto a la musaraña gris, se ha encontrado un gran número de ejemplares en la carretera, pero no se puede asegurar si la causa de su muerte ha sido el atropello o la depredación. Las rapaces sí consumen musarañas, pero los carnívoros, con excepción de la

gineta (Torre *et al.* 2003), suelen abandonarlas por el olor desagradable que producen con las glándulas de sus flancos (Crowcroft 1957, Pucek 1981).

Aunque el efecto del tráfico rodado en la CV-797 sobre la fauna de mamíferos no es muy acusado, sí tiene relevancia para otros grupos faunísticos. Dado que la carretera se halla dentro del área de protección del Parque Natural, cabría proponer algunas medidas de gestión, para reducir los atropellos sobre estos grupos. El incremento de la población de jabalís y de las observaciones de cruces en el Parque Natural (Cantó 2010) hacen necesaria la aplicación de medidas preventivas para minimizar posibles riesgos.

Los resultados obtenidos han promovido la elaboración de un plan de adecuación de la CV-797 para la comunidad faunística del Parque Natural del Carrascal de la Font Roja financiado por la Diputación Provincial de Alicante (Rico-Guzmán *et al.* 2009). En él, se proponen una serie de medidas compensatorias, como la creación o restauración de charcas para anfibios, y la construcción en los taludes de muretes tradicionales de piedra, para incrementar la superficie de termorregulación para reptiles. Entre las medidas paliativas generales, se sugiere una mejora de la señalización en todo el trazado de la carretera y la adecuación de las canalizaciones de agua existentes para su uso por parte de vertebrados de pequeño tamaño. Otras medidas complementarias generales, como la concienciación de los visitantes mediante programas de educación ambiental y cartelería en la carretera, o la reducción del tráfico rodado particular mediante la ampliación del servicio de autobuses, ayudarían a minimizar el impacto del tráfico rodado sobre la fauna vertebrada.

## Agradecimientos

A todo el personal del Parque Natural del Carrascal de la Font Roja, por su colaboración a la hora de recoger y aportar los datos. A Toni Dávila, coautor de estudios anteriores. A Estrella Pastor Llorca y Soraya Constán-Nava, por su ayuda y consejos. Y muy especialmente a Sara Pérez Giménez, compañera de muestreos y coautora del informe precedente.

## Referencias

Ascensão F. & Mira A. 2006. Spatial patterns of road kills: a case study in Southern Portugal. En: C. L. Irwin, P. Garrett & K.P. McDermott (eds.) *Proceedings of the 2005 International Conference on Ecology and Transportation*, Center for Transportation and the Environment, North Carolina State University, Raleigh, NC, pp. 641-646.

Ashley E.P. & Robinson J.T. 1996. Road mortality of amphibians, reptiles and other wildlife on the Long Point causeway, Lake Erie, Ontario. *Canadian Field-Naturalist*, 110 (3): 403-412.

Barrientos R. & Bolonio L. 2009. The presence of rabbits adjacent to roads increases polecat road mortality. *Biodiversity Conservation*, 18: 405-418.

Blanco J.C. 1998. *Mamíferos de España*. 2 volúmenes. Editorial Planeta, S.A., Barcelona.

Bosch J. 2007. Cambio climático y declive de anfibios. *Foresta* 232: 20-23.

Cantó J.L., Jordá C., Vilanova P. & Vives M. 2001. Mortalitat de vertebrats a la carretera CV-797. Any 2000. *Iberis*, 1: 61-66.

Cantó J. L. (coord.) 2010. Noticiero de la fauna del Parque Natural del Carrascal de la Font Roja. *Iberis*, 8: 45-80.

Crowcroft A. 1957. *The life of the shrew*. Max Reinhardt, London. 166 pp.

Dávila A., Terrones B., Cantó J.L. & Bonet A. 2007. Mortalidad de vertebrados por atropello en la carretera CV-797 de acceso al santuario de la Font Roja. Años 2000-2006, *Iberis*, 5: 39-52.

Delgado J.D., Arévalo J.R. & Fernández-Palacios J.M. 2004. Consecuencias de la fragmentación viaria: efectos de borde de las carreteras en la laurisilva y el pinar de Tenerife. Pp. 181-225. En: J.M. Fernández-Palacios & C. Morici (eds.). *Ecología Insular/Island Ecology*. Asociación Española de Ecología Terrestre (AEET)- Cabildo Insular de la Palma. 438 pp.

Elvik R., Christensen P. & Amundsen A. 2004. *Speed and road accidents; An evaluation of the Power Model*. Institute of Transport Economics TØI, Oslo.

Forman R.T.T. & Alexander L.E. 1998. Roads and their major ecological effects, *Annual Review of Ecology and Systematics*, 29: 207-231.

Jongman R.H. G., ter Braak C.J.F. & van Tongeren O F.R. 1995. *Data analysis in community and landscape ecology*. Cambridge University Press, Cambridge. 324 pp.

Menéndez J.M. 2001. Carreteras: más y mejores, *Tráfico*, septiembre-octubre 2001: 46-48.

Murgui E. 2011. Gorrión Común – *Passer domesticus*. En: *Enciclopedia Virtual de los Vertebrados Españoles*. Salvador, A., Morales, M. (Eds.). Museo Nacional de Ciencias Naturales, Madrid. <http://www.vertebradosibericos.org/>

Palomo L.J. 2007. Ratón moruno (*Mus spretus*), Pp. 464-466. En: L.J. Palomo, J. Gisbert & J.C. Blanco (eds). *Atlas y libro Rojo de los mamíferos terrestres de España*, DGCN-SECEM-SECEMU, Madrid.

Pucek Z. 1981. *Key to vertebrates of Poland. Mammals*. PWN – Polish Scientific Publisher, Warsaw. 384 pp.

Rico-Guzmán E., Pérez S., Bonet A., Terrones B. & Cantó J.L. 2009. *Estudio de medidas correctoras del impacto del tráfico sobre la fauna vertebrada de la carretera CV-797 de acceso al Parque Natural del Carrascal de la Font Roja (Alcoy)*. Estación Científica Font Roja Natura. Universidad de Alicante.

Rosell C., Álvarez G., Cahill C., Campeny C., Rodríguez A. & Séiler A. 2002. *COST 341. La fragmentación del hábitat en relación con las infraestructuras de transporte en España*. Ministerio de Medio Ambiente, Madrid. 317 pp.

Shine R., Lemaster M., Wall M., Langkilde T. & Mason R. 2004. Why did the snake cross the road? Effects of roads on movement and location of mates by garter snakes (*Thamnophis sirtalis parietalis*). *Ecology and Society*, 9 (1): 9.

- Tenés A., Cahill S., Llimona F. & Molina G. 2007. Atropellos de mamíferos y tráfico en la red viaria de un espacio natural en el área metropolitana de Barcelona: quince años de seguimiento en el parque de Collserola, *Galemys*, 19 (NE): 169-188.
- ter Braak C.J.F. 1994. Canonical community ordination. Part I: Basic theory and linear methods, *Ecoscience*, 1: 127-140.
- ter Braak C.J.F. & Šmilauer P. 2002. *CANOCO Reference Manual and CanoDraw for Windows User's Guide: Software for Canonical Community Ordination (version 4.5)*. Microcomputer Power (Ithaca NY, USA). 500 pp.
- Torre I., Ballesteros T. & Degollada A. 2003. Cambios en la dieta de la gineta (*Genetta genetta* Linnaeus, 1758) con relación a la disponibilidad de micromamíferos: ¿posible preferencia por el topillo rojo? *Galemys*, 15 (NE): 25-36.

