

# Permeabilidad de dos tramos de carreteras de gran capacidad al paso de grandes y medianos mamíferos en el oeste de Álava

Two highway stretches permeability for large and medium sized mammals in western Álava

M. GURRUTXAGA SAN VICENTE<sup>1</sup> & P. J. LOZANO VALENCIA<sup>2</sup>

---



## RESUMEN

Se analiza la permeabilidad de sendos tramos de la autopista AP-68 y de la auto-vía N-622 en el oeste de Álava, calculando la densidad de estructuras transversales existentes con dimensiones adecuadas para el paso de grandes y medianos mamíferos, y comparándola con la densidad recomendada por prescripciones técnicas para proyectos de nuevas vías de gran capacidad. También se analizan aquellos factores que pueden estar limitando la permeabilidad de las estructuras transversales existentes, como la escasez de cobertura vegetal en el entorno inmediato o la presencia de obstáculos. Se obtiene una aproximación a los déficits de permeabilidad existentes y se identifica el conjunto de medidas correctoras que sería preciso ejecutar para que los tramos estudiados presenten una permeabilidad similar a la que recomiendan las prescripciones técnicas.

• **PALABRAS CLAVE:** permeabilidad, grandes y medianos mamíferos, seguridad vial, desfragmentación.

## ABSTRACT

The permeability of two stretches of AP-68 and N-622 highways is analyzed in western Álava calculating the density of existing transverse structures with suitable dimensions for large and medium sized mammals, and comparing it with the density recommended by technical prescriptions for projects of new infrastructures. Also, those factors that can be limiting the permeability of the transverse existing structures, as the shortage of vegetal coverage in the immediate environment or the

---

<sup>1</sup> IKT, SA, Departamento de Medio Natural y SIG  
Granja Modelo s/n • 01192 Arkaute (Álava)  
mgurrutxaga@ikt.es

<sup>2</sup> Universidad del País Vasco, Departamento de Geografía  
C/ Tomás y Valiente s/n • 01006 Vitoria-Gasteiz  
fgplovar@vc.ehu.es

presence of obstacles, have to be analyzed. A fist approximation of permeability deficits is obtained, and the set of corrector measures that would be precise to execute in order that the study stretches present a similar potential permeability to the one that the technical prescriptions recommend is identified.

• **KEY WORDS:** permeability, large and medium sized mammals, connectivity, road safety, defragmentation.

## LABURPENA

Arabako mendebaldean, AP-68 autopista eta N-622 autobidearen tarteune banatan dagoen irazkortasuna aztertzen da, ugaztun handi eta ertainak pasatzeko neurri egoikiak dituzten zeharkako egituren dentsitatea neurtuz eta, iragaite ahalmen handiko autobideen proiektuetarako, agindu teknikoetan aholkatzen den dentsitatearekin alderatuz. Gainera, dauden zeharkako egituren irazkortasuna mugatu dezaketen faktoreak aztertzen dira, hala nola, inguruan duten landaredi estalduraren urritasuna edo pasabideetan hainbat motatako oztopoak edukitzea. Egun dauden mentzen hurbilketa bat lortu ondoren, bi tarteune horietan agindu teknikoak aholkatzen duten pareko irazkortasuna lortzearren, indarrean jarri beharko liriatekeen neurri zuzentzaile zerrenda bat identifikatzen da.

• **GAKO-HITZAK:** irazkortasuna, ugaztun handi eta ertainak, bide-segurtasuna, loturatasuna.



## INTRODUCCIÓN

---

Entre los impactos que producen las redes de infraestructuras lineales de transporte y el tráfico que soportan sobre las poblaciones de fauna silvestre, se encuentran la mortalidad por atropellos y el efecto barrera. Este último se traduce en una limitación de la movilidad de la fauna entre ambos lados de la vía, disminuyendo la accesibilidad a los recursos y el intercambio genético interpoblacional (Spellerberg, 1998; Trombulak & Frissell, 2000; Epps *et al.*, 2005; Riley *et al.*, 2006; Strasburg, 2006). Los viales con vallado perimetral y alta densidad de tráfico son los que presentan un mayor efecto barrera para la fauna (Clevenger *et al.*, 2001a; Jaeger & Fahrig, 2004; Alexander *et al.*, 2005).

Los graves problemas de seguridad vial derivados de los atropellos de grandes y medianos mamíferos deben ser mitigados por la instalación de vallados lo suficientemente altos y robustos para evitar la invasión de la calzada por los animales (Bruinderink & Hazebroek, 1996; Clevenger *et al.*, 2001b; Iuell *et al.*, 2003). La efectividad del vallado para evitar el acceso de los animales a la calzada es mayor en los tramos donde éste dirige a los animales hacia estructuras transversales por las que pueden pasar de un lado a otro de la infraestructura (Putnam, 1997; Clevenger *et al.*, 2003). Las estructuras transversales permeables, ya sean diseñadas específicamente

mente para la fauna o no, permiten además mantener en cierta medida la conectividad del paisaje a ambos lados de la vía, de forma que mitigan el efecto barrera sobre la fauna (Keller & Pfister, 1997; Clevenger *et al.*, 2001a; Clevenger & Wierzchowski, 2006).

Como consecuencia de los, cada vez más numerosos, estudios de seguimiento de la eficacia de las medidas de permeabilización de barreras que se adoptan en la construcción de viales modernos, se dispone de unas detalladas prescripciones técnicas a adoptar de cara a favorecer la permeabilidad transversal para los diferentes grupos de fauna afectados (Casignol, 1993; Rosell & Velasco, 1999; Hlavac & Andel, 2002; VSS, 2004; Iuell *et al.*, 2003; Hervás *et al.*, 2006; Ministerio de Medio Ambiente, 2006). Estas prescripciones incluyen las dimensiones mínimas, factores de ubicación y características que deben tener las estructuras transversales para optimizar su uso por las diferentes especies de fauna silvestre. En el caso de las especies de grandes y medianos mamíferos, los resultados de numerosos estudios de seguimiento de la eficacia de estructuras transversales para permitir su paso, ya sean diseñadas específicamente para la fauna o no, han permitido conocer las dimensiones mínimas y otros factores que favorecen la eficacia de las estructuras (Reed, 1981; Ward, 1982; Yanes *et al.*, 1995; Pfister *et al.*, 1997; Rodríguez *et al.*, 1997; Clevenger & Waltho, 2000; Clevenger *et al.*, 2001a).

En este sentido, es preciso destacar que la acción COST 341 -de la red europea de cooperación en investigación COST (*Cooperation in the field of scientific and technical research*), creada en el contexto europeo para favorecer el desarrollo de la investigación y el intercambio internacional de información científico-técnica, ha generado valiosa información para el conocimiento de la problemática de la fragmentación causada por infraestructuras de transporte y sus posibles técnicas de prevención y mitigación. Iniciada en 1998 y finalizada en 2003, la acción COST 341 ha incluido a 16 países europeos y ha sido llevada a cabo en el foro de la organización IENE (*Infra Eco Network Europe*), que reúne a una red internacional e interdisciplinar de expertos en la materia. Así, se han elaborado informes nacionales del estado de la cuestión en los países participantes -véase Rosell *et al.*, (2003) para el ámbito español-, una revisión a nivel de Europa que integra y compara la información de los informes nacionales (Trocmé *et al.*, 2003) y un completo manual técnico a modo de guía para proyectos de construcción de infraestructuras lineales de transporte (Luell *et al.*, 2003).

En el contexto internacional, fruto de la creciente aplicación de prescripciones técnicas para mitigar el efecto barrera de las infraestructuras, la prevención de impactos sobre la conectividad en el diseño de nuevas infraestructuras ha experimentado un avance paulatino (Trocmé *et al.*, 2003; Cramer & Bissonette, 2006; Carsignol, 2006).

Sin embargo, la presencia de carreteras que fueron planificadas y construidas con anterioridad a que los procesos de evaluación de impacto ambiental exigieran el

establecimiento de pasos de fauna en los proyectos constructivos, hace necesario analizar la permeabilidad de las infraestructuras antiguas que puedan estar teniendo un severo efecto barrera para la fauna, con objeto de detectar posibles déficits de permeabilidad y plantear las necesarias medidas correctoras. De esta manera, actualmente se presta una creciente atención a restaurar la conectividad que se ha visto deteriorada por carreteras de gran capacidad, para lo cual se diseñan programas de permeabilización o desfragmentación en diversos países, como Holanda, Suiza y Alemania (Friedman, 1997; Van der Grift & Pouwels, 2006; Trocmé, 2006; Kettunen *et al.*, 2007).

## OBJETIVOS

---

El objetivo del presente artículo es estimar, mediante un procedimiento aplicable sobre cualquier vía de gran capacidad, la permeabilidad al paso de medianos y grandes mamíferos que presentan sendos tramos de la autopista AP-68 y de la autovía N-622, en función de la densidad y dimensiones de las estructuras transversales que presentan. El procedimiento permite detectar si existen déficits de permeabilidad en los tramos estudiados, de forma que el resultado técnico de este ejercicio tiene como objeto ser aplicado al diseño de programas de medidas de permeabilización o desfragmentación. Se pretende así sentar unas bases concretas para optimizar la permeabilidad de carreteras de gran capacidad construidas en décadas pasadas, bajo la hipótesis de que su aplicación tendrá efectos positivos sobre la conectividad ecológica transversal a la vía y sobre la seguridad vial.

## ÁREA DE ESTUDIO

---

El área de estudio comprende sendos tramos de la autopista AP-68 y la autovía N-622, situados en la zona occidental de Álava (figura 1). La autopista AP-68, o autopista vasco-aragonesa, comunica Bilbao y Zaragoza y fue construida en la segunda mitad de la década de los años 70 del siglo XX. La autovía N-622, o autovía de Altube, enlaza Vitoria-Gasteiz con la AP-68 en el punto kilométrico 36 de ésta. Así, la N-622 forma parte de la ruta rápida que comunica Vitoria-Gasteiz con Bilbao por carretera.

Los tramos seleccionados para el análisis se extienden entre los puntos kilométricos 24 y 58 de la AP-68, por un lado, y entre los puntos kilométricos 10,5 y 23 de la N-622, por otro. Se delimitan estos tramos para el análisis porque atraviesan zonas de elevado interés natural. Así, los tramos seleccionados discurren por sectores del territorio de alto interés para mantener la conectividad entre diversos espacios incluidos en la red Natura 2000, como los Lugares de Importancia Comunitaria de Gorbea, Arkamo-Gibio-Arrastaria y Robledales isla de Urkabustaiz, la Zona de Especial Protección de Sierra Salvada, y entre otros espacios naturales como las Sierras de Badaya, Arrato y Tuyo (figura 2).



Figura 1.- Ubicación de los tramos de estudio.

*Figure 1.- Location of the study highway stretches.*

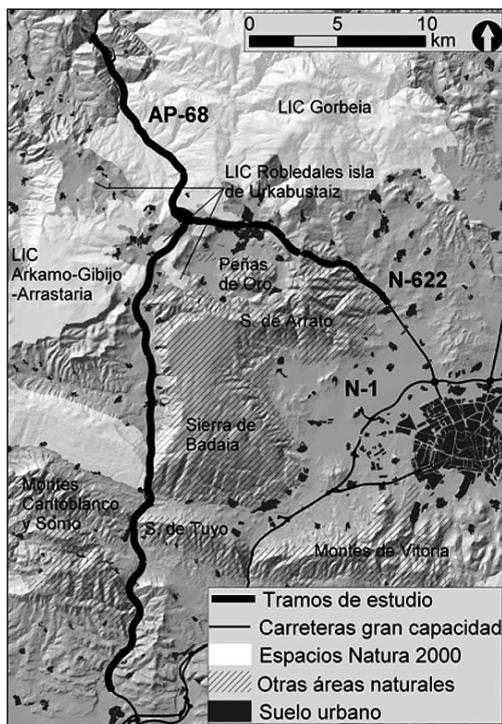


Figura 2.- Ubicación de los tramos de estudio respecto a espacios naturales del entorno.

*Figure 2.- Ubicación de los tramos de estudio respecto a espacios naturales del entorno.*

Las zonas que atraviesan los tramos de estudio cuentan con una presencia significativa de poblaciones de ungulados silvestres como el ciervo (*Cervus elaphus*), el corzo (*Capreolus capreolus*) y el jabalí (*Sus scrofa*), y de medianos mamíferos como el zorro (*Vulpes vulpes*), la garduña (*Martes foina*), el tejón (*Meles meles*), el gato montés (*Felis silvestris*) y la gineta (*Genetta genetta*). Asimismo, el lobo ibérico (*Canis lupus signatus*) cuenta con un cierto número de individuos, en baja densidad, fundamentalmente al Este de los tramos concernidos (Echegaray *et al.*, 2004).

La presencia de importantes poblaciones de mamíferos en el entorno presenta un riesgo constatado sobre la seguridad vial en los tramos concernidos (Fernández, 1992; Illana *et al.*, 2004 inédito). Así, en otoño de 2004 se valló el perímetro de la autovía N-622 por razones de seguridad vial, dado que el fácil acceso de ungulados silvestres y otros mamíferos a la calzada conllevaba un elevado riesgo de accidentes. Además de una valla perimetral de 2,2 m. de altura, colocaron dos tipos de estructuras diferentes; por una parte, pasos canadienses en todos aquellos enlaces de las carreteras secundarias para dificultar la entrada de la fauna a la calzada, por otra rampas que facilitan la salida de la vía de los animales que hayan accedido a la misma. Mientras, en la autopista A-68 se han colocado repelentes para la fauna silvestre en el vallado perimetral de varios tramos con el fin de dificultar el acceso de los animales a la vía, y en ciertos tramos se ha reforzado el vallado perimetral colocando un cercado adicional para dificultar su acceso. Sin embargo, existen tramos donde el vallado perimetral no ha sido reforzado y no supera los 1,5 m de altura (Paniagua *et al.*, 2007 inédito), frente a los 2,2 m recomendados para evitar el acceso de ciervos y a los 1,60-1,80 m para corzos y jabalíes (Ministerio de Medio Ambiente, 2006).

En los tramos concernidos, entre los años 1995 y 2004 se denunciaron, según datos policiales consultados, graves daños a vehículos causados por un total de 65 atropellos de grandes o medianos mamíferos. Las épocas con mayor número de atropellos de ungulados corresponden al periodo de celo y a los días posteriores a los que se realizan batidas de caza (Markina, 2000). Hay que tener en cuenta que el número total de atropellos de fauna silvestre es significativamente mayor al que se denuncia y del que existe constancia administrativa. Por ejemplo, para el jabalí, Carsignol (1989) calcula un porcentaje de atropellos denunciados del 55% y del 17% para el corzo. En cualquier caso, el riesgo de sufrir un accidente por conductores que ven cómo un gran o mediano mamífero invade la calzada en una vía rápida es significativo, incluso aunque no se produzca colisión.

A una escala espacial más amplia, es preciso destacar que los tramos de estudio se sitúan dentro de la zona de transición existente entre los sistemas montañosos de los Pirineos y la Cordillera Cantábrica, denominada "umbral vasco" (de Terán y Solé, 1968). Esta zona de transición, conformada por diversos valles y sierras de media montaña, se configura como un ámbito de carácter estratégico para el estudio y la conservación de la conectividad ecológica (Gurrutxaga, 2007). Así, el papel

conector de los sistemas forestales del País Vasco como nexo natural entre ambas Cordilleras puede apreciarse en el Mapa Indicativo de la Red Ecológica Pan-Europea en Europa Occidental (Jongman *et al.*, 2006).

Dado que la exigencia de establecer pasos de fauna en los proyectos viales existe en España desde 2001, año en que entró en vigor la Ley 6/2001 de modificación del Real Decreto legislativo 1302/1986 de evaluación de impacto ambiental, las estructuras transversales existentes en los tramos de estudio se diseñaron con otros fines (drenajes, carreteras secundarias, pistas forestales, etc.) o se deben a condicionantes orográficos (viaductos y túneles). Así, en el presente artículo se denominan “estructuras transversales” a todas aquellas que no fueron diseñadas específicamente para la fauna. Para las que sí responden a este criterio se reserva la denominación de “pasos de fauna”.

## MATERIAL Y MÉTODOS

---

El método para detectar los posibles déficits de permeabilidad se basó en comparar la densidad existente de estructuras transversales adecuadas para el paso tanto de grandes como medianos mamíferos (número de estructuras adecuadas por unidad de longitud), en relación a la densidad recomendada en las prescripciones técnicas para los proyectos de nuevos viales. Se tomó como referencia la guía técnica del Ministerio de Medio Ambiente (2006), cuyas prescripciones se basan en los contenidos del manual de Luell *et al.* (2003).

En primer lugar, se dividieron los tramos de estudio en subtramos, en función de la clase de hábitats que atraviesan, dado que las densidades prescritas son mayores en paisajes forestales que en paisajes agrícolas.

Una vez delimitados estos subtramos, se analizaron las estructuras transversales presentes en cada uno de ellos, con el fin de valorar su permeabilidad, es decir, si sus dimensiones son, según los baremos basados en la literatura científica y técnica, suficientes como para permitir el paso de grandes y/o medianos mamíferos. Se calculó la densidad de estructuras transversales existente en cada subtramo identificado, para grandes mamíferos, por un lado, y para medianos mamíferos, por otro.

Paralelamente, también se identificaron los factores que pueden estar limitando la permeabilidad de las estructuras, como la escasez de cobertura forestal en las inmediaciones o la presencia de obstáculos. En estos casos sería necesario tomar medidas correctoras para que las estructuras alcancen la transitabilidad que les corresponde según sus dimensiones. Así, se hizo un recuento de las estructuras que, si bien presentan unas dimensiones suficientes, necesitan de la toma de medidas correctoras para optimizar su transitabilidad para la fauna.

Comparando las densidades obtenidas con las recomendadas por las prescripciones técnicas, se obtuvo una aproximación a los posibles déficits de permeabilidad

existentes en los tramos analizados. Así, se determinaron las medidas de desfragmentación que sería necesario tomar para alcanzar un nivel de permeabilidad similar al que se exige actualmente en los proyectos de nuevas infraestructuras de gran capacidad.

A continuación se detalla la metodología que se siguió en cada paso.

### Delimitación de subtramos para el análisis de la densidad de estructuras adecuadas

De cara a analizar la permeabilidad de los tramos de estudio, se delimitaron subtramos caracterizados por atravesar tipos de hábitats similares. Ello se debe a que para los tramos que atraviesan hábitats forestales se prescribe una mayor densidad de estructuras adecuadas tanto para grandes como para medianos mamíferos, respecto a los tramos donde predominan hábitats transformados por las actividades humanas (Ministerio de Medio Ambiente, 2006) (tabla I).

Tipos de hábitats interceptados por los tramos de las infraestructuras lineales de transporte	Tipos de estructuras en función de su permeabilidad	
	Adecuadas para grandes mamíferos	Adecuadas para medianos mamíferos
Hábitats forestales y otros tipos de hábitats de interés para la conexión de hábitats fragmentados	1 / 1 km	1 / 500 m
Hábitats transformados por actividades humanas	1 / 3 km	1 / 1 km

Tabla I.- Densidades orientativas de estructuras transversales adecuadas para la permeabilización de infraestructuras viarias de gran capacidad. Fuente: Ministerio de Medio Ambiente (2006).

*Table I. – Orientative densities of suitable transverse structures for the permeabilization of highways. Source: Ministerio de Medio Ambiente (2006).*

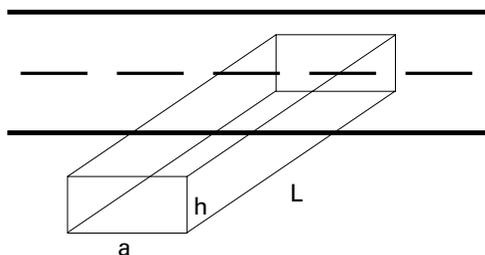
De este modo, se delimitaron subtramos homogéneos desde el punto de vista de los usos del suelo que atraviesan, mediante la visualización en ortofoto a escala 1:5.000. Se diferenciaron los subtramos que atraviesan zonas con predominio de hábitats forestales y mosaicos agroforestales, con una cobertura arbórea mayor al 40%, de los que discurren por sectores donde predominan paisajes agrícolas con escasa vegetación espontánea.

Por último, los subtramos que transcurren por zonas urbanas se descartaron para el análisis, dado que las estructuras transversales que puedan existir apenas presentan interés para el paso de la fauna silvestre.

### Valoración de la permeabilidad de las estructuras transversales

Para estimar la permeabilidad de las diferentes estructuras transversales existentes en los tramos de tensión se inventariaron sus dimensiones. Para calcular éstas,

el inventario de las estructuras inferiores incluyó la medición de la anchura y altura de las bocas, así como de la longitud (figura 3, se representa una estructura inferior a la vía). En el caso de las estructuras superiores, el inventario incluyó la medición de la anchura y longitud. En el caso de viaductos y túneles se midió la anchura del tramo que ocupan. Las mediciones de anchura y altura de las estructuras inferiores y anchura de estructuras superiores se efectuaron en campo con cinta métrica, mientras la longitud de estructuras superiores e inferiores y anchura de viaductos y túneles se midieron en gabinete mediante ortofoto a escala 1:500.



L= longitud, a=anchura, h=altura.  
L= length, a=width, b= height.

Figura 3 - Dimensiones de las estructuras transversales.  
Elaboración propia.

Figure 3 - Dimenstions of transverse structures. Own elaboration.

Para clasificar las estructuras transversales en un gradiente de mayor a menor permeabilidad se utilizaron los intervalos de dimensiones críticas que han resultado de diversos estudios experimentales sobre funcionalidad de este tipo de estructuras para mamíferos medianos y grandes (Casignol, 1993; Rosell & Velasco, 1999; Iuell *et al.*, 2003). En el caso de estructuras inferiores, los parámetros más importantes son la anchura e Índice de abertura (Ia), que se calcula mediante el coeficiente (Anchura x Altura)/Longitud.

Las especies que se citan a continuación se utilizaron como referencia de los diferentes niveles de permeabilidad. Es preciso señalar que debido a su bajo grado de sensibilidad al efecto barrera en relación a otros mamíferos, el lobo ibérico no se cita como especie de referencia. En lugares donde habita con ciertas densidades de población se ha comprobado que utiliza con frecuencia estructuras transversales superiores para pasar de un lado a otro de autovías (Blanco *et al.*, 2005).

La clasificación que se utilizó para las estructuras según su permeabilidad es la siguiente:

- Estructuras con permeabilidad para grandes mamíferos:
  - A) Dimensiones grandes: suficientes para el paso del ciervo (*Cervus elaphus*).
    - A1) Viaductos. A2) Túneles. A3) Estructuras transversales inferiores a partir de 12 metros de anchura, 4 metros de altura e Índice de abertura de 1,5.
  - B) Dimensiones medias: suficientes para el paso del corzo (*Capreolus capreolus*) y el jabalí (*Sus scrofa*). B1) Estructuras transversales inferiores a partir de 7 metros de anchura e Índice de abertura de 0,7.

- Estructuras con permeabilidad para medianos mamíferos:
  - C) Dimensiones medias-pequeñas: suficientes para el paso de especies de medianos mamíferos como la garduña (*Martes foina*), el tejón (*Meles meles*) y el zorro (*Vulpes vulpes*). C1) Estructuras transversales inferiores con un Índice de abertura menor a 0,7 y/o una anchura inferior a 7 metros. La anchura y altura mínima de estas estructuras inferiores debe ser de 2,5 metros. C2) Estructuras transversales superiores, correspondientes a carreteras locales o caminos, con una anchura superior a 7 m.
- Estructuras con dimensiones insuficientes para medianos mamíferos:
  - D) Dimensiones pequeñas: estructuras susceptibles de ser utilizados por las especies menos exigentes, como la gineta (*Genetta genetta*). D1) Estructuras transversales inferiores con una anchura inferior a 2,5 metros y superior a 1 m. D2) Estructuras superiores con una anchura menor a 7 m.
  - E) Dimensiones muy pequeñas: E1) estructuras transversales inferiores de radio menor a 1 metro.

Por último, es preciso señalar que en el análisis de la permeabilidad de las estructuras transversales, se consideraron no aptas para el paso de las especies aquellas que no se encuentran integradas en el relieve, ya que, independientemente de sus dimensiones, la fauna se ve impedida a acceder a las mismas. Esto ocurre, por ejemplo, cuando un drenaje se encuentra en la base de un desmonte.

### **Detección de factores limitantes en las estructuras transversales**

Las dimensiones no determinan por completo la permeabilidad de una estructura transversal, dado que tanto la escasez de cobertura vegetal en el entorno de las entradas como la presencia de obstáculos internos podrían afectar negativamente a la funcionalidad de las mismas (Rodríguez *et al.*, 1997; Clevenger *et al.*, 2001a). Ello se debe a que una escasa cobertura vegetal en el entorno de las entradas limita el acceso de la fauna a las estructuras, mientras la presencia de obstáculos o la ausencia de las condiciones necesarias en el interior de las estructuras restringe la transitabilidad de los individuos.

Por ello, mediante la detección de aspectos corregibles que podrían disminuir la permeabilidad de las estructuras transversales, se determinaron las medidas correctoras que sería necesario ejecutar para optimizar la transitabilidad de las mismas para la fauna.

### **Cobertura vegetal**

La cobertura vegetal en el entorno inmediato de las estructuras transversales se clasificó en dos categorías. En el caso de estructuras transversales inferiores y superiores se valoró la cobertura de vegetación en las cercanías de los accesos. En el

caso de túneles y viaductos se evaluó la cobertura vegetal de los tramos que abarcan.

Así, las estructuras transversales se clasificaron en las siguientes categorías en función de la cobertura vegetal en su entorno inmediato:

- i) Cobertura vegetal óptima: presencia de formaciones forestales, matorrales o bosquetes, o bien presencia de setos de más de 5 metros de ancho en zonas agrarias.
- ii) Cobertura vegetal subóptima: ausencia de los elementos citados en la clase i.

La permeabilidad de las estructuras transversales con dimensiones suficientes para grandes y/o medianos mamíferos que, a su vez, presentan cobertura vegetal subóptima, se consideró susceptible de ser mejorada tomando medias de revegetación. De esta forma, se anotó el número de estructuras con dimensiones suficientes para los grupos de fauna considerados que las requieren. Sin embargo, no se contabilizaron en este punto, por motivos de seguridad vial, aquellas estructuras transversales de carreteras secundarias.

### ***Factores de transitabilidad en las estructuras***

En cuanto a la presencia de obstáculos en estructuras transversales inferiores, se anotó, en su caso, la presencia de vallados que dificultan el acceso a las bocas, y el almacenaje de maquinaria agrícola u otros objetos en el interior.

Como factores que limitan el tránsito de las especies en las estructuras, en el caso particular de los drenajes, se anotó, en su caso, la ausencia o escasez de anchura de pasillos de lecho seco no inundable (éstos deben tener una anchura mínima de 1 m para ser funcionales) y la existencia de sustrato de acero corrugado en vez de sustrato liso (Rosell & Velasco, 1999; Iuell *et al.*, 2003).

### **Densidad de estructuras transversales adecuadas**

Con el fin de discernir si existen déficits de permeabilidad en los subtramos analizados, se comparó la densidad de estructuras adecuadas para sendos grupos de fauna considerados, es decir, el número obtenido de estructuras adecuadas para cada grupo por unidad de longitud, con la densidad recomendada por las prescripciones técnicas.

La cantidad de estructuras transversales adecuadas prescrita se calcula en función de la longitud de cada subtramo y del tipo de hábitats que atraviesa, según consta en la tabla I. Se compara la cantidad de estructuras adecuadas para grandes y medianos mamíferos obtenida, con la recomendada según la densidad señalada por las prescripciones técnicas. En el caso de los medianos mamíferos, la cantidad de estructuras adecuadas se calcula sumando tanto las que tienen permeabilidad para grandes mamíferos como para medianos mamíferos (tipos A, B y C).

### Identificación de medidas correctoras

Finalmente, en cada subtramo, se definió el conjunto de medidas correctoras que sería necesario tomar para mitigar, en su caso, los déficits de permeabilidad detectados. Para ello, se tomó como referencia la comparación de la densidad de estructuras adecuadas obtenida con la recomendada por las prescripciones técnicas, Asimismo, de forma complementaria, se señalaron las medidas que habría que tomar para corregir los factores que estarían limitando la permeabilidad de las estructuras transversales preexistentes.

## RESULTADOS

### Delimitación de subtramos para el análisis de la densidad de estructuras transversales adecuadas

Se obtuvieron 6 subtramos para el análisis de la densidad de estructuras transversales adecuadas en la AP-68 y 3 en la N-622 (tabla II), cuya ubicación se muestra en la figura 4.

Entre los subtramos N-622b y N-622c se descartó para el análisis el sector de esta autovía que discurre junto al núcleo urbano de Murguía (figura 4).

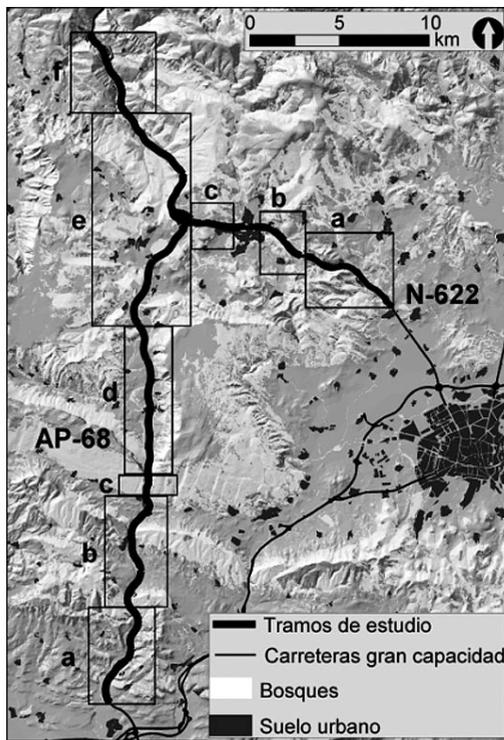


Figura 4.- Subtramos en los que se analiza la densidad de estructuras transversales adecuadas para grandes y medianos mamíferos.

*Figure 4.- Sub-stretches where density of transverse structures suitable for large and medium sized mammals is analyzed.*

Subtramo	Longitud (km)	Tipos de hábitats que atraviesa
AP-68a	6,6	F
AP-68b	5,6	A
AP-68c	1,5	F
AP-68d	7,2	A
AP-68e	14,1	F
AP-68f	5,7	A
N-622a	5,1	F
N-622b	3,2	A
N-622c	2,3	A

Tabla II.- Subtramos de análisis de la densidad de estructuras transversales adecuadas.

*Table II. – Sub-stretches where density of suitable transverse structures is analyzed.*

F = hábitats boscosos y mosaicos agroforestales.  
*forest habitats and agro-forest mosaics.*

A = paisajes agrícolas homogéneos.  
*homogeneous agricultural landscapes.*

### Permeabilidad en las estructuras transversales

En la tabla II se muestra el número de estructuras transversales con dimensiones suficientes para grandes mamíferos, por un lado, y para medianos mamíferos, por otro, que se contabilizaron en los subtramos de estudio. Además, se muestra el número de estructuras con dimensiones insuficientes y aquellas que resultaron impermeables por no encontrarse integradas en el relieve.

Subtramo	Permeabilidad potencial de las estructuras transversales				
	Grandes mamíferos	Medianos mamíferos	Dimensiones insuficientes	No integradas en relieve	Total estructuras
AP-68a	6	1	6	1	14
AP-68b	5	5	3	2	15
AP-68c	3	0	0	0	3
AP-68d	4	1	8	1	14
AP-68e	4	8	13	2	27
AP-68f	4	1	1	0	6
N-622a	3	3	2	2	10
N-622b	2	1	4	0	7
N-622c	0	2	3	0	5
<i>Total</i>	<i>20</i>	<i>16</i>	<i>31</i>	<i>5</i>	<i>72</i>

Tabla III.- Número de estructuras transversales según permeabilidad potencial en cada subtramo.

*Table III. – Number of transverse structures according to potential permeability in each sub-stretch.*

En total, de las 72 estructuras inventariadas, 20 resultaron permeables para grandes mamíferos y 36 para medianos mamíferos. Mientras, 31 estructuras presentaron dimensiones insuficientes y 5 no se encontraron integradas en el relieve.

### Factores limitantes en las estructuras transversales

En la tabla IV se muestra, para cada subtramo, el número de estructuras transversales con permeabilidad para el paso de grandes y/o medianos mamíferos, que presenta cada tipo de factor limitante considerado. Como se ha indicado anterior-

mente, no se contemplan en este punto, por motivos de seguridad vial, aquellas estructuras transversales de carreteras secundarias.

Subtramo	Factores limitantes de la permeabilidad potencial					
	Cobertura vegetal subóptima	Acero corrugado	Objetos almacenados	Ausencia de pasillos de lecho seco	Presencia de vallados	Total
AP-68a	2	0	1	0	0	3
AP-68b	5	0	3	1	0	9
AP-68c	1	0	0	0	0	1
AP-68d	1	0	0	0	0	1
AP-68e	0	1	1	1	3	6
AP-68f	5	0	0	0	1	6
N-622a	0	0	0	2	0	2
N-622b	0	0	0	0	0	0
N-622c	0	0	0	0	0	0
Total	14	1	5	4	4	28

Tabla IV.- Número de estructuras transversales potencialmente permeables para grandes y/o medianos mamíferos que presentan factores limitantes.

*Table IV. – Number of transverse structures potentially permeable for large and medium sized mammals that present restrictive factors.*

Así, dentro de las estructuras transversales con permeabilidad para el paso de grandes y/o medianos mamíferos, se detectaron 14 que presentan una cobertura vegetal escasa en el entorno inmediato. Asimismo 4 estructuras presentaron vallados en sus bocas. También se detectaron 5 estructuras con maquina agrícola u otros objetos almacenados en el interior, 4 drenajes sin pasillo de lecho seco o con una anchura insuficiente del mismo, y 1 drenaje con sustrato de acero corrugado.

### Densidad de estructuras transversales adecuadas

En la tabla V se muestra la cantidad de estructuras adecuadas para grandes y medianos mamíferos que se obtuvo en cada subtramo, y la recomendada según la densidad señalada por las prescripciones técnicas.

En 2 de los 9 subtramos analizados se detectó una insuficiente densidad de estructuras transversales adecuadas para grandes mamíferos. En los subtramos AP-68e y N-622c el número de estructuras adecuadas para grandes mamíferos resultó inferior al recomendado. Así, en los subtramos AP-68e y N-622c para conseguir una permeabilidad similar a la recomendada por prescripción técnica resultaría necesaria la construcción de pasos específicos para grandes mamíferos. Especialmente deficitario resultó el subtramo AP-68e, al que le faltan 10 estructuras transversales adecuadas para grandes mamíferos para adecuarse a lo recomendado por las prescripciones técnicas.

Subtramo	Longitud (km)	Tipos de habitats que atraviesa	Número de estructuras de grandes mamíferos		Número de estructuras de medianos mamíferos	
			Prescrito	Observado	Prescrita	Observada
AP-68a	6,6	A	7	6	13	7
AP-68b	5,6	B	2	5	6	10
AP-68c	1,5	A	2	3	3	3
AP-68d	7,2	B	4	4	7	5
AP-68e	14,1	A	14	4	28	12
AP-68f	5,7	B	2	4	6	5
N-622a	5,1	A	2	3	10	6
N-622b	3,2	B	1	2	3	3
N-622c	2,3	B	1	0	2	2

Tabla V.- Tabla V. Número de estructuras transversales adecuadas para grandes y/o medianos mamíferos obtenido y prescrito.

*Table V. – Obtained and prescription number of transverse structures suitable for large and médium sized mammals.*

En cuanto a las estructuras transversales adecuadas para medianos mamíferos, solo en 4 de los 9 subtramos analizados se alcanzó el número recomendado (tabla V). En los 5 subtramos restantes (AP-68a, AP-68d, AP-68e, AP-68f y N-622a), donde no se alcanzó la cantidad de estructuras adecuadas recomendada, una forma factible de mejorar la permeabilidad para medianos mamíferos consistiría en sobredimensionar las estructuras transversales de dimensiones insuficientes existentes (tabla VI), todas ellas correspondientes a drenajes.

Subtramo	Número de estructuras de grandes mamíferos		Dimensiones insuficientes	Nº de estructuras medianos mamíferos + estructuras con dimensiones insuficientes
	Prescrito	Observado		
AP-68a	13	7	6	13
AP-68b	6	10	3	13
AP-68c	3	3	0	3
AP-68d	7	5	8	13
AP-68e	28	12	13	25
AP-68f	6	5	1	6
N-622a	10	6	2	8
N-622b	3	3	4	7
N-622c	2	2	3	5

Tabla VI.- Tabla V. Número de estructuras transversales adecuadas para grandes y/o medianos mamíferos obtenido y prescrito.

*Table VI. – Obtained and prescription number of transverse structures suitable for large and médium sized mammals.*

De esta forma, se llegaría a la densidad prescrita de estructuras transversales adecuadas para medianos mamíferos en todos los subtramos, excepto dos (AP-68e y N-622a), en los que prácticamente se alcanzaría (tabla VI).

## Identificación de medidas correctoras

Complementariamente, para optimizar la permeabilidad de las estructuras transversales existentes sería preciso ejecutar un total de 28 actuaciones correctoras, 14 de ellas de mejora de la cobertura vegetal, 4 de eliminación de vallados, 5 de eliminación de objetos almacenados, 4 de habilitación o ampliación de pasillos de lecho seco, y 1 de sustitución del sustrato de acero corrugado por sustrato liso.

## DISCUSIÓN

---

El diagnóstico realizado se ha basado en unas prescripciones técnicas (Ministerio de Medio Ambiente, 2006) que se derivan del conocimiento científico y técnico acumulado en relación a la permeabilidad de las infraestructuras lineales de gran capacidad. No obstante, el análisis realizado supone una primera aproximación al diagnóstico de la permeabilidad de los tramos de estudio al paso de los grandes y medianos mamíferos, que deberá ser complementado con los pertinentes estudios de campo. Así, serían necesarios estudios específicos de campo para diseñar la estructura y decidir la adecuada ubicación de los pasos específicos de fauna cuya construcción se plantea, ya sean superiores o inferiores a la vía.

En cualquier caso, un requisito importante es que debe evitarse el tráfico rodado en los pasos específicos de fauna que se plantean. Las tipologías constructivas posibles para la instalación de pasos superiores de fauna específicos son el falso túnel, bóvedas u otras plataformas utilizadas para la construcción de puentes. Los ecoductos son pasos superiores con cobertura vegetal de anchura mínima de 80 m, mientras los pasos superiores específicos son similares pero presentan una anchura mínima de 20m. Se recomienda que la anchura de éstos sea de al menos 40-50 m para facilitar el paso de cérvidos (Pfister *et al.*, 1997; Ministerio de Medio Ambiente, 2006).

La necesidad de habilitar pasos de fauna específicos para grandes mamíferos en vías de gran capacidad viene, además, avalada por las bajas tasas de utilización de estructuras transversales teóricamente adecuadas para ungulados silvestres obtenidas en estudios realizados en España en infraestructuras lineales situadas en zonas con densidades considerables de estos animales (Rodríguez *et al.*, 1996; Mata *et al.*, 2005).

Déficits de permeabilidad importantes para grandes mamíferos como el detectado en el subtramo AP-68e se han observado en otros tramos de autovías en el País Vasco. Por ejemplo, un tramo de 14 km de la autovía N-1 que discurre por un paisaje forestal en la vertiente guipuzcoana del Puerto de Etxegarate no presenta ninguna estructura transversal adecuada, mientras las prescripciones técnicas recomiendan 3 (Gurrutxaga, 2007).

Entre el conjunto de medidas identificado que permitirían adaptar las infraestructuras concernidas a las prescripciones técnicas sobre conectividad transversal de vías de gran capacidad, se encuentra el sobredimensionamiento de los drenajes con dimensiones insuficientes para el paso de medianos mamíferos en 5 de los subtramos analizados. Asimismo, sería necesario ejecutar un total de 28 medidas correctoras, de coste económico relativamente bajo, para optimizar la permeabilidad de estructuras transversales preexistentes. Estas medidas correctoras consisten fundamentalmente en la mejora de la cobertura vegetal en el entorno inmediato de ciertas estructuras transversales, en la eliminación de vallados y objetos almacenados por particulares en estructuras inferiores y en la colocación o ampliación de un pasillo no inundable en algunos drenajes. Es preciso señalar que la adaptación de las estructuras transversales existentes, que fueron diseñadas para otros fines, para optimizar su uso por la fauna, proporciona soluciones parciales con bajo coste. En algunos casos, un gran número de estructuras adaptadas puede ofrecer mejores resultados que la construcción de un paso específico de fauna nuevo con el mismo coste total (Iuell *et al.*, 2003).

Las medidas correctoras y de permeabilización que se adopten, deberán ser sometidas a un programa de seguimiento sobre su eficacia, empleando de forma periódica las técnicas de monitoreo oportunas. Éstas pueden basarse en la colocación de lechos de arena, polvo de mármol o tinta sobre los que registrar huellas, en la colocación de sistemas de fotografía o video que se activan al detectar el paso de los animales, o en la aplicación de técnicas de radioseguimiento sobre individuos (Iuell *et al.*, 2003; Hardy *et al.*, 2004).

Complementariamente, las medidas de permeabilización deben ir acompañadas de un correcto mantenimiento de los cercados perimetrales y de la instalación de los denominados pasos canadienses para dificultar el acceso de los animales a la calzada en intersecciones con otras vías. Se recomiendan vallados de una altura de 2,20 m sobre el suelo para evitar el acceso del ciervo a la calzada, y para evitar el levantamiento del cercado por el jabalí se recomienda que otros 20 cm se dispongan enterrados, instalando si es preciso refuerzos en la base del cerramiento (Ministerio de Medio Ambiente, 2006).

## AGRADECIMIENTOS

---

El presente artículo se enmarca dentro de los trabajos realizados para el diseño de la red de corredores ecológicos de la Comunidad Autónoma del País Vasco, proyecto financiado por el Departamento de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio del Gobierno Vasco y encargado a IKT, S.A. Tanto José María Fernández (IKT) como Igor Martínez colaboraron en la inventariación de estructuras transversales de los tramos de carreteras de gran capacidad estudiados.

## BIBLIOGRAFÍA

---

- ALEXANDER, S.M., WATERS, N.M., & PAQUET, P.C. 2005. Traffic volume and highway permeability for a mammalian community in the Canadian Rocky Mountains. *The Canadian Geographer*, 49: 321-331.
- BENNETT, A.F. 1999. *Linkages in the landscape. The role of corridors and connectivity in wildlife conservation*. IUCN. Gland, Switzerland and Cambridge, UK.
- BENNETT, G. & MULONGOY, K.J. 2006. *Review of experience with ecological networks, corridors and buffer zones*. Secretariat of the Convention on Biological Diversity, Technical Series No. 23. Montreal.
- BLANCO, J.C., CORTÉS, Y. & VIRGÓS, E. 2005. Wolf response to two kinds of barriers in an agricultural habitat in Spain. *Canadian Journal of Zoology*, 83: 312-323.
- BRUINDERINK, G.G. & HAZEBROEK, E. 1996. Ungulate traffic collisions in Europe. *Conservation Biology*, 10: 1059-1067.
- CARSIGNOL, J. 1989. Dix années d'observations des collisions véhicules-grand mammifères gibier sur l'autoroute A4 en Alsace-Lorraine et sur le réseau routier du département de la Moselle. *Office National de la Chasse, Bulletin Mensuelle* 135 : 32-37.
- CARSIGNOL, J. 1993. *Passage pour la grande faune. Guide technique*. Service d'Études Techniques des Routes et Autoroutes (SETRA), Ministère de l'Environnement. Paris.
- CARSIGNOL, J. 2006. *Routes et passages à faune 40 ans d'évolution*. Service d'Études Techniques des Routes et Autoroutes (SETRA), Ministère de l'écologie, du développement et de l'aménagement durable. Paris.
- CLEVINGER, A.P. & WALTHO, N. 2000. Factors influencing the effectiveness of wildlife underpasses in Banff National Park, Alberta, Canada. *Conservation Biology*, 14: 47-56.
- CLEVINGER, A.P., CHRUSZCZ, B. & GUNSON, K. 2001a. Drainage culverts as habitat linkages and factors affecting passage by mammals. *Journal of Applied Ecology*, 38: 1340-1349.
- CLEVINGER, A.P., CHRUSZCZ, B. & GUNSON, K. 2001b. Highway mitigation fencing reduces wildlife-vehicle collisions. *Wildlife Society Bulletin*, 29: 646-653
- CLEVINGER, A.P., CHRUSZCZ, B. & GUNSON, K. 2003. Spatial patterns and factors influencing small vertebrate fauna road-kill aggregations. *Biological Conservation*, 109:15-26.
- CLEVINGER, A.P. & WIERZCHOWSKI, J. 2006. Maintaining and restoring connectivity in landscapes fragmented by roads. In: *Connectivity Conservation*, K. Crooks & M. Sanjayan (Eds.): 502-535. Cambridge University Press, Cambridge.
- ECHEGARAY, J., PANIAGUA, D. & ILLANA, A. 2004. El lobo intenta asentarse en la provincia de Álava. *Quercus*, 217: 22-27.
- EPPS, C.W. *et al.* 2005. Highways block gene flow and cause a rapid decline in genetic diversity of desert bighorn sheep. *Ecology Letters*, 8: 1029-1038.
- FERNÁNDEZ, J.M. 1992. Informe provisional del seguimiento de la mortalidad de vertebrados terrestres en las carreteras de Álava. En: *Jornadas para el estudio y prevención de la mortalidad de vertebrados en carreteras*. Coordinadora de Organizaciones de Defensa Ambiental CODA, Madrid: 145-152.
- FORMAN, R.T.T. *et al.* 2003. *Road Ecology - Science and Solutions*. Island Press. Washington D.C.

- FRIEDMAN, D.S. 1997. *Nature as Infrastructure: The national ecological network and wildlife-crossing structures in the Netherlands*. Wageningen, The Netherlands.
- GURRUTXAGA, M. 2007. *La conectividad de redes de conservación en la planificación territorial con base ecológica. Fundamentos y aplicaciones en la Comunidad Autónoma del País Vasco*. Tesis Doctoral. Universidad del País Vasco. Bilbao.
- HARDY, A. *et al.* 2004. An overview of methods and approaches for evaluating the effectiveness of wildlife crossing structures: emphasizing the science in applied science. In: *Proceedings of the 2005 International Conference on Ecology and Transportation*. Center for Transportation and the Environment, North Carolina State University, Raleigh, NC: 319-330.
- HERVÁS, I. *et al.* 2006. *Pasos de fauna para vertebrados. Minimización y seguimiento del efecto barrera de las vías de comunicación*. CEDEX, Ministerio de Fomento. Madrid.
- HLAVAC, V. & ANDEL, P. 2002. *On the permeability of roads for wildlife: a handbook*. Agency for Nature Conservation and Landscape Protection of the Czech Republic. Praha.
- IUPELL, B. *et al.* 2003. *Wildlife and traffic: a European handbook for identifying conflicts and designing solutions*. KNNV Publishers. Utrecht, The Netherlands.
- JAEGER, J.A.G. & FAHRIG, L. 2004. Effects of road fencing on population persistence. *Conservation Biology*, 18: 1651-1657.
- JONGMAN, R.H.G, BOUWMA, I.M. & VAN DOORN, A. 2006. *Indicative map of the Pan-European Ecological Network in Western Europe*. European Centre for Nature Conservation. Alterra, Wageningen.
- KELLER, V. & PFISTER, H.P., 1997. Wildlife passages as a means of mitigating effects of habitat fragmentation by roads and railway lines. In: *Habitat Fragmentation and Infrastructure*. Canters, K. (Ed.): 70-80. Ministry of Transportation, Public Works and Water Management. Delft, The Netherlands.
- KETTUNEN, M. *et al.* 2007. *Guidance on the maintenance of landscape features of major importance for wild flora and fauna - Guidance on the implementation of Article 3 of the Birds Directive (79/409/EEC) and Article 10 of the Habitats Directive (92/43/EEC)*. Institute for European Environmental Policy (IEEP). Brussels.
- MARKINA, F.A. 2000. *Estudio de las poblaciones de corzo (Capreolus capreolus) y jabalí (Sus scrofa) y análisis de su explotación cinegética en Álava*. Tesis Doctoral. Universidad de León. León.
- MATA, C. *et al.* 2005. Complementary use by vertebrates of crossing structures along a fenced Spanish motorway. *Biological Conservation*, 124: 397-405.
- MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE. 2006. *Prescripciones técnicas para el diseño de pasos de fauna y vallados perimetrales*. Organismo Autónomo Parques Nacionales, Ministerio de Medio Ambiente. Madrid.
- PFISTER, H.P. *et al.* 1997. *Bio-okologische Wirksamkeit von Grünbrücken über Verkehrswege. Herausgegeben vom Bundesministerium für Verkehr Abteilung Strassenbau*. Bonn-Bad Godesberg, Germany.
- PUTMAM, R.J. 1997. Deer and road traffic accidents: options for management. *Journal of Environmental Management*, 51: 43-57.
- REED, D.F. 1981. Mule deer behavior at a highway underpass exit. *Journal of Wildlife Management*, 45: 542-543.

- RILEY S.P.D. *et al.* 2006. A southern California freeway is a physical and social barrier to gene flow in carnivores. *Molecular Ecology*, 15: 1733-1741.
- RODRÍGUEZ, A., CREMA, G. & DELIBES, M. 1996. Use of non-wildlife passages across a high speed railway by terrestrial vertebrates. *Journal of Applied Ecology*, 33: 1527-1540.
- RODRÍGUEZ, A., CREMA, G. & DELIBES, M. 1997. Factors affecting crossing of red foxes and wildcats through non-wildlife passages across a high-speed railway. *Ecography*, 20: 287-294.
- ROSELL C. & VELASCO, J.M. 1999. *Manual on preventing and remedying the impact of roads on fauna*. Generalitat de Catalunya, Departament de Medi Ambient. Barcelona.
- ROSELL, C. *et al.* 2003. COST 341. *La fragmentación del hábitat en relación con las infraestructuras de transporte en España*. Organismo Autónoma Parques Nacionales, Ministerio de Medio Ambiente. Madrid.
- SERRANO, M. *et al.* 2002. Landscape fragmentation caused by the transport network in Navarra (Spain) - Two-scale analysis and landscape integration assessment. *Landscape and Urban Planning*, 58: 113-123.
- SPELLERBERG, I F. 1998. Ecological effects of roads and traffic: a literature review. *Global Ecology and Biogeography Letters*, 7: 317-333.
- STRASBURG, J.L. 2006. Conservation biology: roads and genetic connectivity. *Nature*, 440: 875-876.
- TROCMÉ, M. *et al.* (eds.) 2003. *COST 341-Habitat Fragmentation due to transportation infrastructure: The European Review*. Office for Official Publications of the European Communities. Luxembourg.
- TROCMÉ, M. 2006. The Swiss defragmentation program—reconnecting wildlife corridors between the Alps and Jura: an overview. In: *Proceedings of the 2005 International Conference on Ecology and Transportation*. Center for Transportation and the Environment, North Carolina State University, Raleigh, NC: 144-149.
- TROMBULAK, S.C. & FRISSELL, C.A. 2000. Review of ecological effects of roads on terrestrial and aquatic communities. *Conservation Biology*, 14: 18-30.
- UNION DES PROFESSIONNELS SUISSES DE LA ROUTE (VSS). 2004. *Swiss Standards 640 691a to 640 694. Fauna and Traffic*. VSS. Zürich.
- VAN DER GRIFT, E.A & POUWELS, R. 2006. Restoring habitat connectivity across transport corridors: identifying high-priority locations for de-fragmentation with the use of an expert-based model. In: *The ecology of transportation: managing mobility for the environment*. Davenport, J. & Davenport, J.L. (Eds.): 205-231. Springer-Verlag. Berlin.
- WARD, A.I. 1982. Mule deer behaviour in relation to fencing and underpasses on Interstate 80 in Wyoming. *Transportation Research Record*, 859: 8-13.
- YANES, M., VELASCO, J.M. & SUÁREZ, F. 1995. Permeability of roads and railways to vertebrates: the importance of culverts. *Biological Conservation*, 71: 217-222.



- Fecha de recepción/Date of reception: 15/04/2008

- Fecha de aceptación/ Date of acceptance: 25/11/2008