

Documentos para la reducción de la fragmentación de hábitats
causada por infraestructuras de transporte

6

IDENTIFICACIÓN DE ÁREAS A DESFRAGMENTAR PARA REDUCIR LOS IMPACTOS DE LAS INFRAESTRUCTURAS LINEALES DE TRANSPORTE EN LA BIODIVERSIDAD



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN
Y MEDIO AMBIENTE

**IDENTIFICACIÓN DE ÁREAS A DESFRAGMENTAR
PARA REDUCIR LOS IMPACTOS
DE LAS INFRAESTRUCTURAS LINEALES DE
TRANSPORTE EN LA BIODIVERSIDAD**



Madrid, 2013



MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE

Edita:

© Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente
Secretaría General Técnica
Centro de Publicaciones

Distribución y venta:

Paseo de la Infanta Isabel, 1
28014 Madrid
Teléfono: 91 347 55 41
Fax: 91 347 57 22

Maquetación, impresión y encuadernación:
DiScript Preimpresión, S. L.

NIPO: 280-13-205-8 (Papel)

NIPO: 280-13-206-3 (Línea)

ISBN: 978-84-491-1326-0

Depósito Legal: M-34539-2013

Tienda virtual: www.magrama.es
centropublicaciones@magrama.es

Catálogo de Publicaciones de la Administración General del Estado:
<http://publicacionesoficiales.boe.es/>

Datos técnicos: Formato: 21 x 29,7 cm. Caja de texto: 15,1 x 25,3 cm. Composición: 2 columnas.
Tipografía: Myriad Pro a cuerpo 10. Encuadernación: rústica cosida con hilo. Papel: couché mate de 115 g.
Cubierta en cartulina gráfica de 300 g. Tintas: 4/4.

En esta edición se ha utilizado papel ecológico sometido a un proceso de blanqueado TCF, cuya fibra procede de bosques gestionados de forma sostenible.

Este documento se ha redactado en el marco de una **Comisión técnica integrada en el Grupo de Trabajo sobre Fragmentación de Hábitats causada por Infraestructuras de Transporte**, coordinado por la Subdirección General de Medio Natural de la Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental y Medio Natural, del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, en la que participaron las siguientes personas:

Georgina Álvarez Jiménez, DG de Calidad y Evaluación Ambiental y Medio Natural, Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.

F. Javier Cantero Desmartines, Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio de Madrid, Comunidad de Madrid.

Luis Flores Díaz, DG de Carreteras, Consejería de Fomento, Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha.

Javier Forcada Melero, DG de Obras Públicas, Departamento de Fomento, Gobierno de Navarra.

Eva García Giménez, DG de Explotación y Construcción, ADIF.

Maite Manzanares Iribas, DG de Calidad y Evaluación Ambiental y Medio Natural, Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.

Samira Moujir Nasser-Eddine, Viceconsejería de Infraestructuras y Planificación, Consejería de Obras Públicas, Transportes y Política Territorial, Gobierno de Canarias.

María Jesús Palacios González, DG de Medio Ambiente, Consejería de Agricultura, Desarrollo Rural, Medio Ambiente y Energía, Gobierno de Extremadura.

José Manuel Pena Regueiro, Dirección Xeral de Conservación da Natureza, Consellería do Medio Ambiente, Territorio e Infraestruturas, Xunta de Galicia.

Encarna Pérez Aguilera, DG de Carreteras e Infraestructuras, Consejería de Fomento y Medio Ambiente, Junta de Castilla y León.

Francisco Quirós Herruzo, Espacio Natural Doñana, Consejería de Agricultura, Pesca y Medio Ambiente, Junta de Andalucía.

Luis Ramajo Rodríguez, Agencia de Obra Pública de la Junta de Andalucía, Consejería de Fomento y Vivienda, Junta de Andalucía.

Margarita Rodríguez Pajares, DG de Carreteras e Infraestructuras, Consejería de Fomento y Medio Ambiente, Junta de Castilla y León.

Sarah Ruiz Arriaga, Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX), Ministerio de Fomento.

Gema Ruiz Jiménez, LIFE+ IBERLINCE. LIFE10NAT/ES/570. Agencia de Medio Ambiente y Agua, Consejería de Agricultura, Pesca y Medio Ambiente. Junta de Andalucía.

Jordi Solina Angelet, DG de Polítiques Ambientals, Departament de Territori i Sostenibilitat, Generalitat de Catalunya.

Asistencia técnica para la redacción del documento:

Javier Viñuela y Alba Estrada, Instituto de Investigación en Recursos Cinegéticos (IREC).

Con la colaboración de: Carme Rosell, Marc Fernández y Ferran Navàs. Minuartia.

Elaboración del modelo de conectividad forestal y textos asociados (apartado I.5): Mikel Gurrutxaga (Universidad del País Vasco) y Santiago Saura (Universidad Politécnica de Madrid).

Agradecimientos: Personas que han aportado información, asesoramiento o han participado en la revisión de los sucesivos borradores: Elena Álvarez, DG de de Montes y Conservación de la Naturaleza, Consejería de Ganadería, Pesca y Desarrollo Rural, Gobierno de Cantabria; Beatriz Arroyo y Fidel Sánchez, IREC; Manuel Fco. Avilés, Observatorio Nacional de Seguridad Vial, DG de Tráfico, Ministerio del Interior; Oscar Fayanas, INAGA, Departamento de Agricultura, Ganadería y Medio Ambiente, Gobierno de Aragón; Roser Campeny, Minuartia; Ana Isabel Fonseca y Emilio de Francisco, Dirección de Infraestructura del Transporte, Departamento de Medio Ambiente y Política Territorial, Gobierno Vasco; Pedro Galán, DG de Carreteras, Ministerio de Fomento; Manuel García Sánchez-Colomer, CEDEX, Ministerio de Fomento; Jesús Olivero y Ana Luz Márquez, Universidad de Málaga; Daniel Ruiz, Dirección de Obras Públicas, Departamento de Transportes y Obras Públicas, Diputación Foral de Bizkaia; Antoni Sorolla, DG de Polítiques Ambientals, Departament de Territori i Sostenibilitat, Generalitat de Catalunya; Servicio de Estadística, DG de Tráfico, Ministerio del Interior.

Cita recomendada:

Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. 2013. *Identificación de áreas a desfragmentar para reducir los impactos de las infraestructuras lineales de transporte en la biodiversidad*. Documentos para la reducción de la fragmentación de hábitats causada por infraestructuras de transporte, número 6. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. 260 pp. Madrid.

densidad de red de vías de transporte. Sin embargo, como en el caso anterior, los índices de correlación son bajos, y aunque la mayor parte de las cuadrículas con alta vulnerabilidad coinciden con densidad de red de transporte media-baja o baja, hay también un bajo número de cuadrículas con alta vulnerabilidad y densidad de red de vías de transporte media o media-alta, que deberían ser prioritarias para acometer acciones de desfragmentación (Figura I.3). No hay cuadrículas con vulnerabilidad superior a 35 que coincidan con alta densidad de red de transporte (>40).

Por último, también se detecta una relación esperable entre el índice de fragmentación y el de densidad de red de transporte: las cuadrículas con alta densidad de red de transporte tienden a encontrarse en zonas de alta fragmentación. De nuevo, el índice de correlación es bajo, lo que se explica porque aunque las cuadrículas de afectación máxima tienden a coincidir con zonas muy fragmentadas, en realidad hay cuadrículas de alta densidad de infraestructuras de transporte en

todo el rango de situaciones de fragmentación (Figura I.4). Sería prioritario actuar en áreas con alta densidad de red de transporte y baja fragmentación, situación que cumplen un bajo número de cuadrículas.

I.5. Conectividad forestal

I.5.1. Selección de áreas fuente (nodos)

El análisis de conectividad se realiza partiendo de un conjunto de áreas fuente o nodos entre los que estimar las rutas potenciales con mayor facilidad de desplazamiento para las especies faunísticas seleccionadas. Se delimitan como áreas fuente las masas boscosas de mayor extensión existentes en el territorio de estudio. En la España peninsular se toman como áreas fuente las manchas de bosque de más de 4.000 ha. En las Islas Baleares y Canarias se toman las manchas boscosas de más de 100 ha. Dichas áreas fuente se obtuvieron a partir de las masas boscosas delimitadas en el Mapa Forestal de España escala 1:50.000 del MAGRAMA. El resto

Tabla I.7. Correlaciones entre los tres índices considerados.

		Vulnerabilidad a las infraestructuras	Tamaño efectivo de malla	Densidad de red de transporte
Vulnerabilidad a las infraestructuras	Correlación de Pearson	1	0,067**	-0,052**
	Sig. (bilateral)		0,000	0,000
	N	511.732	511.732	511.732
Tamaño efectivo de malla	Correlación de Pearson	0,067**	1	-0,124**
	Sig. (bilateral)	0,000		0,000
	N	511.732	511.732	511.732
Densidad de red de transporte	Correlación de Pearson	-0,052**	-0,124**	1
	Sig. (bilateral)	0,000	0,000	
	N	511.732	511.732	511.732

**). La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

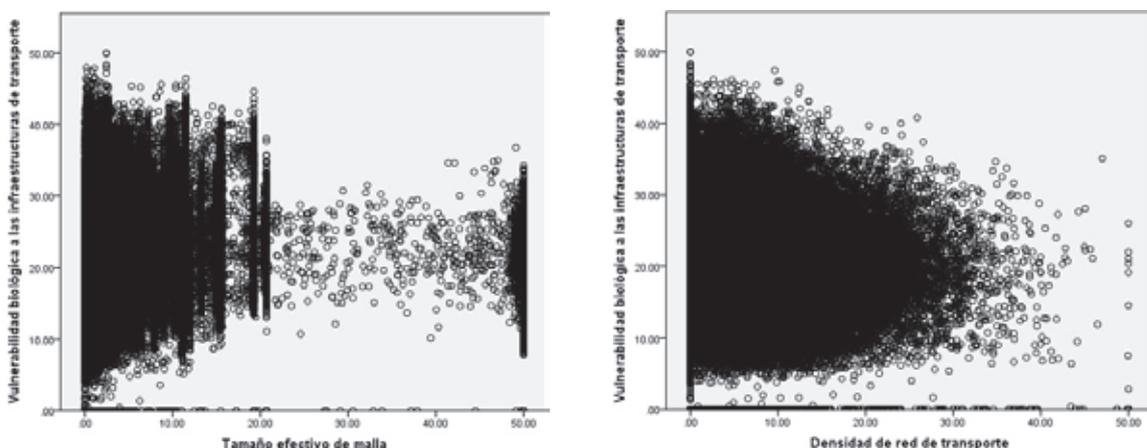


Figura I.3. Relación entre los valores del índice de vulnerabilidad biológica a las infraestructuras de transporte (eje vertical), del tamaño efectivo de malla (eje horizontal, panel izquierdo) y del índice de densidad de red de transporte (eje horizontal, panel derecho).

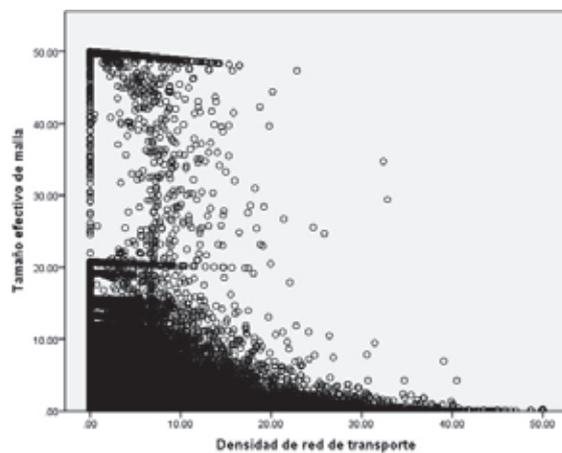


Figura I.4. Relación entre los valores de tamaño efectivo de malla (eje vertical) y el Índice de densidad de red de transporte (eje horizontal).

de masas boscosas no se consideran áreas fuente de individuos en dispersión, pero sí pueden contribuir como telas puente o elementos conectores que proporcionen cauces de dispersión o refugios temporales en el proceso de dispersión de las especies entre las áreas fuente.

1.5.2. Identificación de rutas de mínimo coste de desplazamientos entre nodos

Para delimitar las rutas potenciales de mayor facilidad de desplazamiento de las especies seleccionadas entre los nodos, en primer lugar se realizó un mapa de resistencia del territorio al despla-

zamiento. Para ello se asignaron valores de resistencia a las distintas cubiertas del suelo de manera análoga a la realizada en otros estudios transnacionales afines al ahora abordado (Gurrutxaga *et al.* 2011), partiendo del campo «tipos estructurales» del Mapa Forestal de España escala 1:50.000 del MAGRAMA (Tabla I.8). La cubierta del suelo o tipo estructural «Bosque» (Tabla I.8) incluye masas arboladas tanto de origen natural como de repoblación netamente integrada. Éstas últimas han adquirido una naturalidad fruto del paso del tiempo y de la propia dinámica de la vegetación, apareciendo diluidos los marcos de plantación u otros elementos que delaten su origen artificial

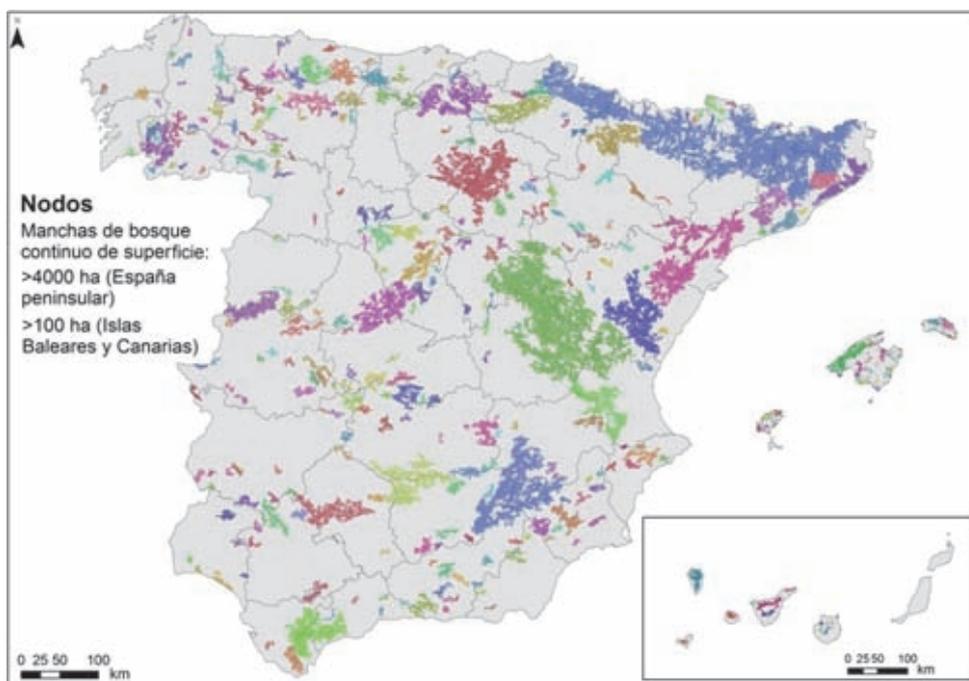


Figura I.5. Áreas fuente o nodos entre los que se analiza la conectividad forestal. Los distintos colores se usan para diferenciar con claridad los límites entre distintos nodos forestales; no identifican distintos tipos de bosque.

Tabla I.8. Valores de resistencia al desplazamiento de especies forestales asignado a cada tipo de hábitat considerado en el análisis.

Cubiertas del suelo	Valor de resistencia
Bosques	1
Matorral	5
Plantaciones forestales	10
Mosaicos agroforestales	15
Pastos	30
Roquedos	40
Cultivos	60
Humedales	100
Urbano, autopistas, autovías y embalses	1.000

(MARM 2007). Mientras, en el tipo estructural «Plantaciones forestales» quedan incluidas el resto de masas arboladas con origen de plantación.

El mapa de resistencias se rasterizó a una resolución de 1x1 km en función del uso del suelo que más superficie ocupa en cada cuadrícula (Figura I.6). Partiendo de dicho mapa de resistencias se delimitaron mediante PATHMATRIX (Ray 2005) las rutas de mínimo coste de desplazamiento entre los nodos (que corresponden a las rutas a través de las cuales se minimiza la resistencia acumulada en el movimiento entre cada par de nodos) y se calcularon las distancias efectivas entre los nodos

(que corresponden al valor numérico de resistencia acumulada en cada una de dichas rutas).

1.5.3. Jerarquización de la importancia conectora de los enlaces entre nodos

Para realizar la jerarquización de la importancia conectora de los enlaces se procedió a representar el paisaje de estudio como un grafo, compuesto por un conjunto de nodos (zonas de hábitat) conectados funcionalmente (en mayor o menor medida) por enlaces. Los enlaces representan la conexión funcional de cada par de nodos, obtenida en función de la distancia efecti-

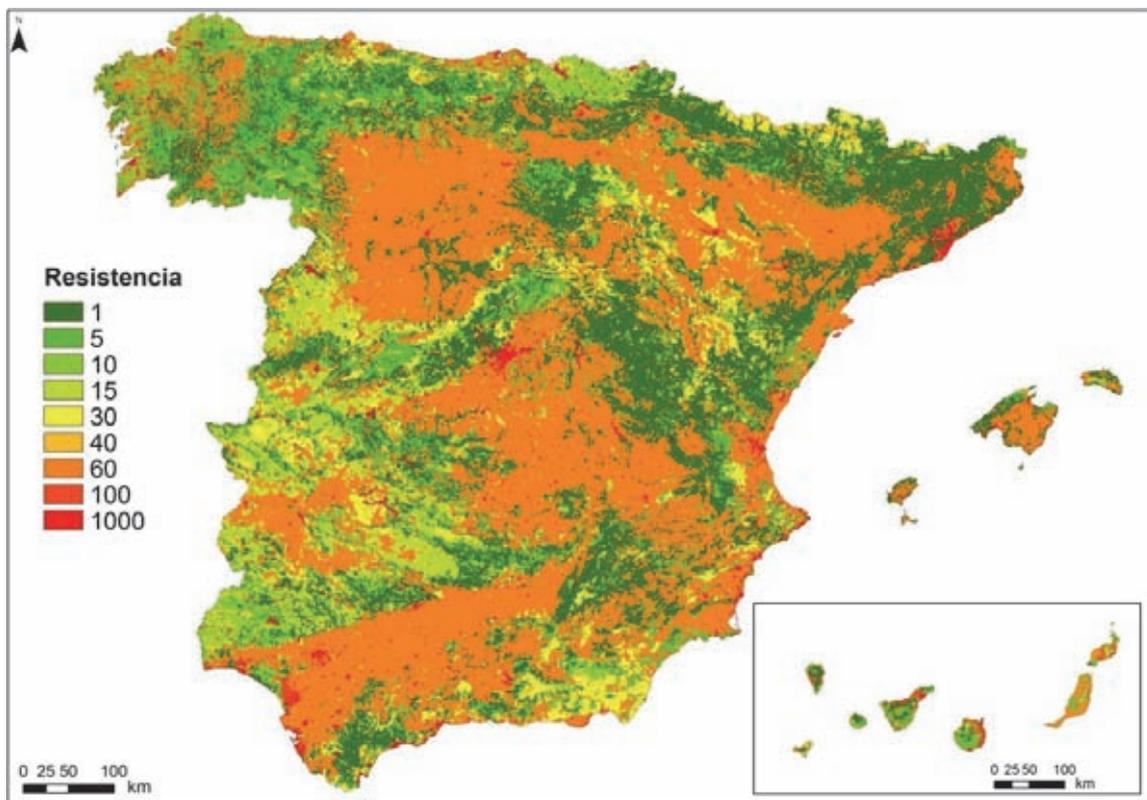


Figura I.6. Mapa de resistencias de las cubiertas del suelo.

va entre los nodos (calculada anteriormente) y la capacidad de dispersión de las especies implicadas (según se indica más adelante).

La importancia conectora de los enlaces (o grado de contribución de cada enlace a la conectividad y disponibilidad de hábitat en el conjunto de la red de nodos) se mide mediante el índice de la probabilidad de conectividad (PC) (Saura y Pascual-Hortal 2007, Saura y Rubio 2010), calculado mediante la herramienta para el análisis de la conectividad ecológica CONEFOR (Saura y Torné, 2009), disponible en www.conefor.org y aplicada en una gran variedad de aplicaciones y casos de estudio en diferentes países del mundo, como se recoge en esa misma web. El índice PC tiene en cuenta la posición topológica de los enlaces en el conjunto de las redes de conectividad en el paisaje y la cantidad de hábitat (superficie) de los nodos conectados por los diferentes enlaces. El índice PC permite calcular la importancia o con-

tribución de cada enlace al mantenimiento o fomento de la conectividad ecológica, es decir, de los flujos ecológicos entre las áreas fuentes consideradas. Esta importancia se calcula como dPC, es decir, como el porcentaje de disminución en la conectividad que se produciría por la pérdida de un determinado enlace en el territorio.

Se calcula el valor dPC de cada uno de los enlaces para 4 diferentes distancias dispersivas, representativas de las distintas especies y escalas de movimiento de mamíferos forestales (1, 5, 10 y 25 km), de manera similar a lo realizado en Gurrutxaga *et al.* (2011). La clasificación en categorías de la importancia conectora de los enlaces se realiza según se indica en la Tabla I.9.

De esta forma, se obtiene el siguiente conjunto de categorías de importancia conectora de los enlaces en las distintas distancias dispersivas consideradas (Figuras I.7 a I.10).

Tabla I.9. Criterios de priorización de los enlaces entre nodos de bosque.

Importancia conectora de los enlaces (en cada distancia dispersiva)	
Categoría	Criterio utilizado
A	los 25 enlaces con mayor dPC
B	26 a 50 enlaces con mayor dPC
C	51 a 75 enlaces con mayor dPC
D	76 a 100 enlaces con mayor dPC
E	resto de enlaces con dPC>0

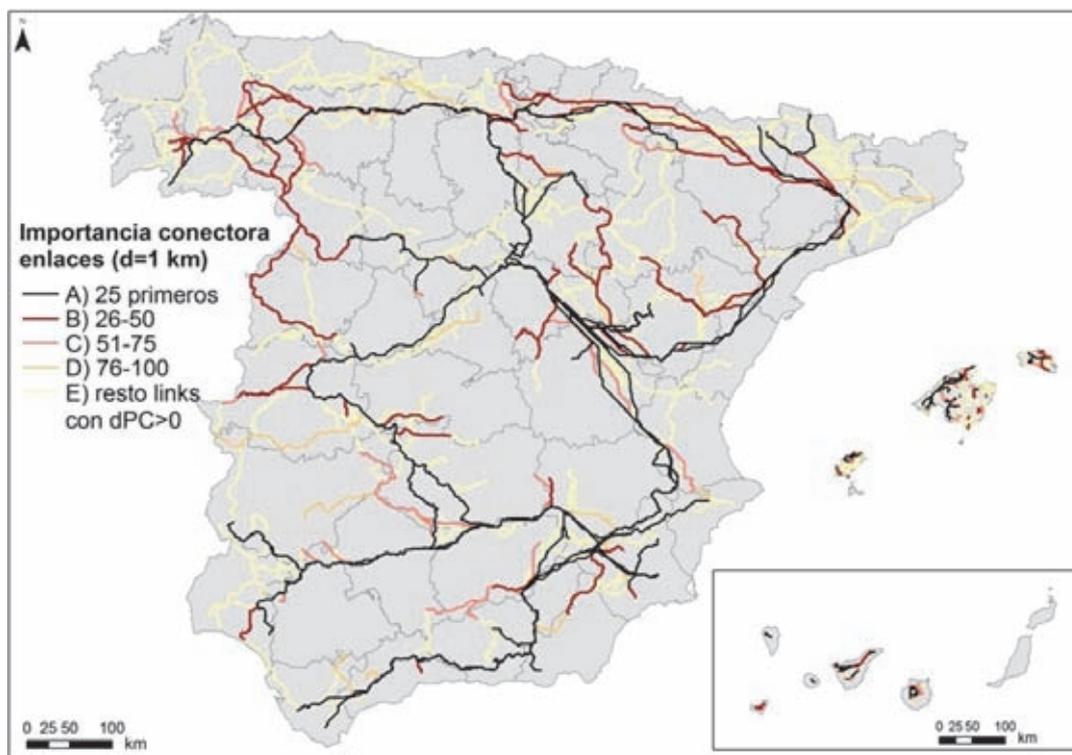


Figura I.7. Clasificación de la importancia conectora de los enlaces para una distancia dispersiva de 1 km.

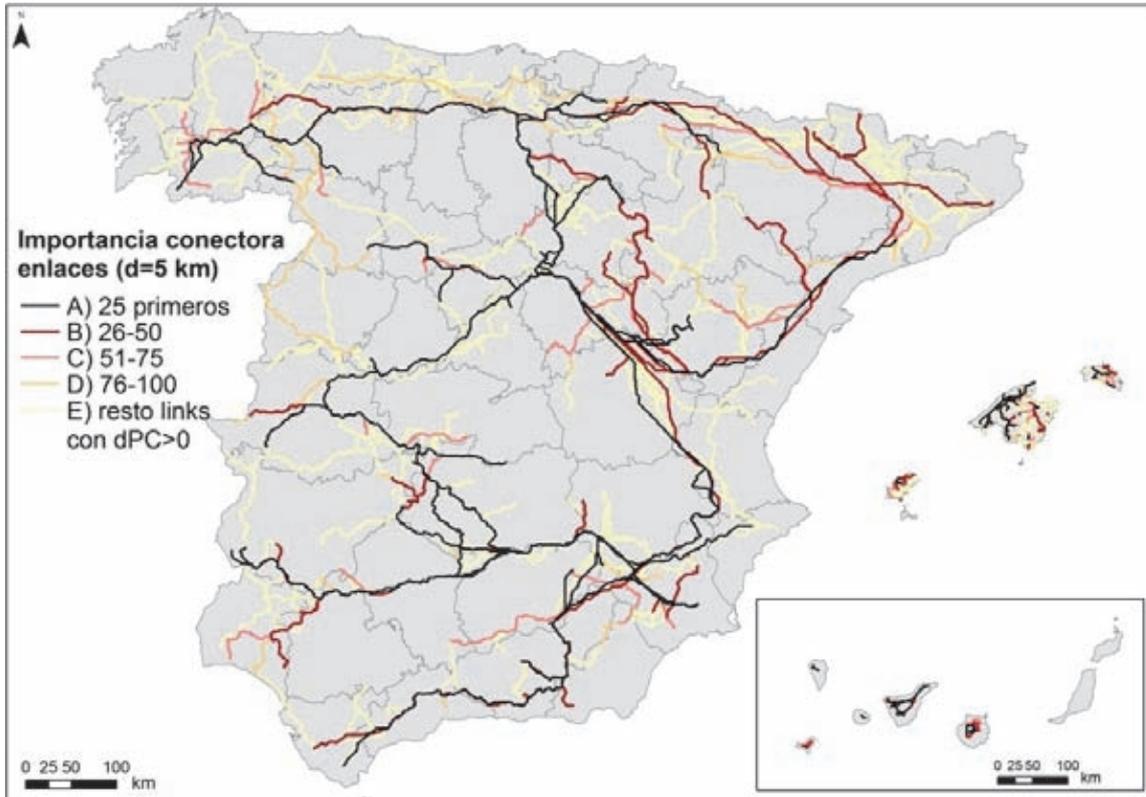


Figura I.8. Clasificación de la importancia conectora de los enlaces para una distancia dispersiva de 5 km.

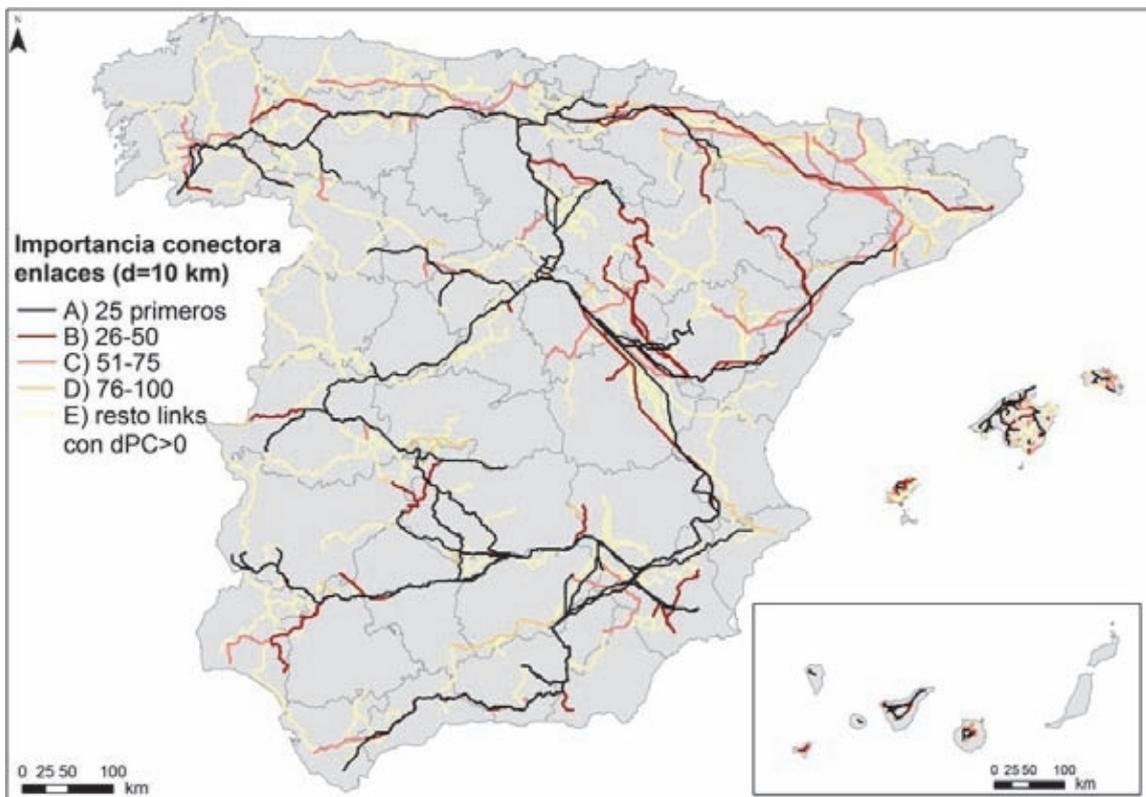


Figura I.9. Clasificación de la importancia conectora de los enlaces para una distancia dispersiva de 10 km.

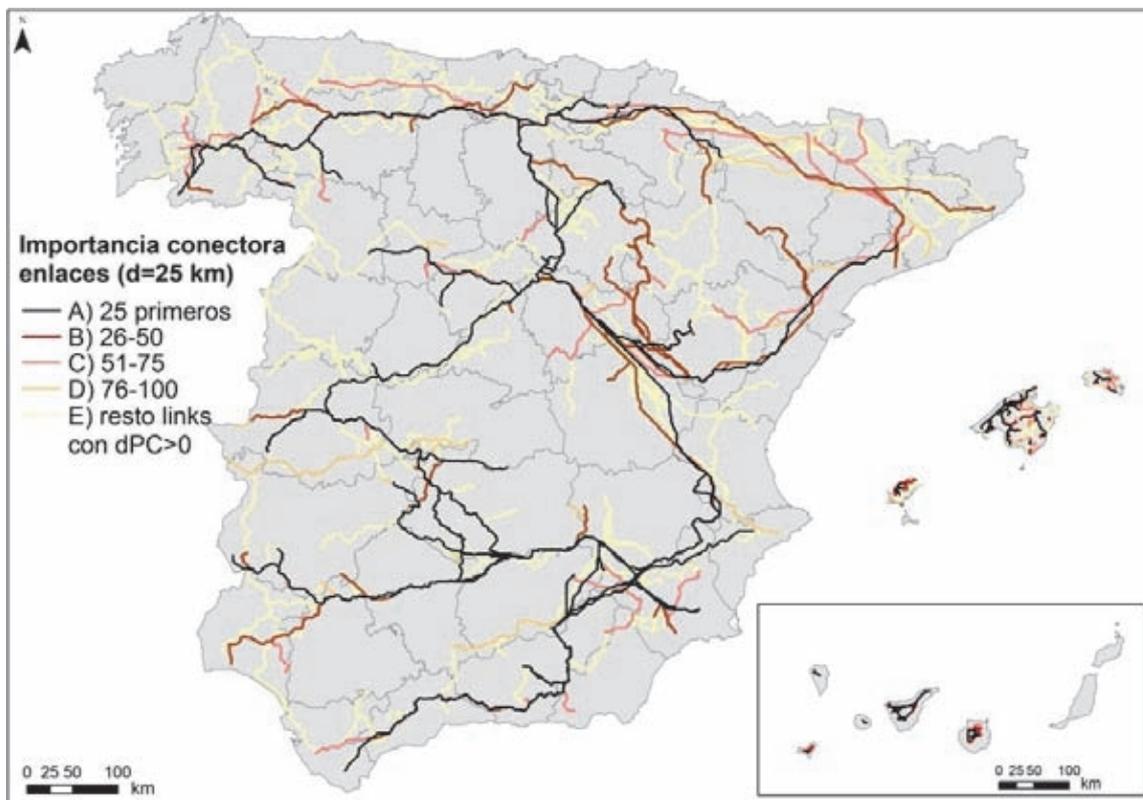


Figura I.10. Clasificación de la importancia conectora de los enlaces para una distancia dispersiva de 25 km.

1.5.4. Prioridades de desfragmentación de las intersecciones entre la red viaria y los enlaces forestales

Una vez categorizados los enlaces por su grado de importancia para el mantenimiento y fomento de la conectividad y disponibilidad de hábitat, se localizan las áreas de intersección entre la red viaria y dichos enlaces.

Se asigna una categoría de importancia a las áreas de intersección en función de la importancia conectora del enlace implicado, según se indica en la Tabla I.10.

Finalmente, la prioridad de desfragmentación de las áreas de intersección variará en función de:

- La importancia conectora de los enlaces afectados (mayor prioridad cuanto más importancia conectora)

- El tipo de infraestructura afectada (en términos generales el efecto barrera es mayor en las infraestructuras con vallado perimetral, como autopistas, LAV y ciertas autovías)

- El grado de presencia en la infraestructura viaria de estructuras transversales adecuadas para el paso de fauna (túneles, viaductos, etc.) en torno al área de intersección, de forma que existe una mayor prioridad a menor densidad de estructuras transversales adecuadas (MMA 2006a). La información que proporciona el presente análisis se ciñe a la posición de las infraestructuras viarias en los puntos de intersección con los enlaces (en tramo de túnel, en tramo elevado o en superficie). En las intersecciones con tramos subterráneos (túnel) o elevados (viaducto) el efecto barrera queda mitigado, de forma que la prioridad de desfragmentación se ha asignado únicamente en las intersecciones con tramos superficiales.

Tabla I.10 Criterios de priorización de las intersecciones entre enlaces forestales y vías de transporte.

Intersecciones de las infraestructuras viarias con los enlaces	Importancia intersección
Con un enlace de importancia conectora A	A
Con un enlace B (y ninguno A)	B
Con un enlace C (y ninguno A ni B)	C
Con un enlace D (y ninguno A, B ni C)	D
Con un enlace E (y ninguno A, B, C ni D)	E

Como resultado final, cada punto de intersección obtenido entre los tramos superficiales de las infraestructuras viarias y los enlaces se caracteriza por los siguientes atributos en una capa SIG:

- IMP_ENLACE: importancia conectora del enlace implicado (de A a E)
- TIPO: Tipo de infraestructura afectada (autopista, autovía, ferrocarril LAV, carretera nacional, carretera autonómica, ferrocarril convencional)
- ESTADO: estado de la infraestructura (en construcción, en uso o abandonado) cuando se hizo la cartografía de infraestructuras viarias.
- NOM_CC.AA.: Comunidad Autónoma donde se ubica la intersección.

En la Figura I.11 se muestran las áreas de intersección entre los tramos superficiales de los tipos de infraestructuras con mayor efecto barrera (autovías, autopistas y LAV) y los enlaces, en función de la importancia conectora de los enlaces (IMP_ENLACE). De manera análoga se pueden visualizar las intersecciones con otros tipos de infraestructuras (tales como carreteras nacionales o autonómicas) a partir de la información generada en este estudio.

I.6 Densidad de accidentes con fauna silvestre

Se ha dispuesto de información sobre accidentes con animales en las carreteras de España (excluidas las de Cataluña y País Vasco) entre 2007 y 2011 integrada en la base de datos ARENA (Accidentes: Recogida de información y Análisis) de la Dirección General de Tráfico (DGT). La información disponible para cada uno de los años es la fecha en la que se produjo el accidente, la hora, el nombre de la carretera, el punto kilométrico, el animal implicado, si el accidente produjo víctimas y el nombre de la provincia donde tuvo lugar el accidente. Por tanto, no se disponía de las coordenadas geográficas donde se produjeron los accidentes por lo que la entrada de los datos en el SIG no se pudo hacer de manera automática. Se seleccionaron los accidentes con fauna silvestre y se calculó el número de accidentes que se había producido en cada carretera y punto kilométrico.

Se obtuvo una capa de puntos kilométricos de las carreteras de España desde la información que aparece en las capas de "Cartociudad" del Instituto Geográfico Nacional (<http://centrodedescargas.cnig.es/CentroDescargas/catalogo.do>), descargada en noviembre de 2012. La información de los accidentes se unió a la capa de puntos kilo-

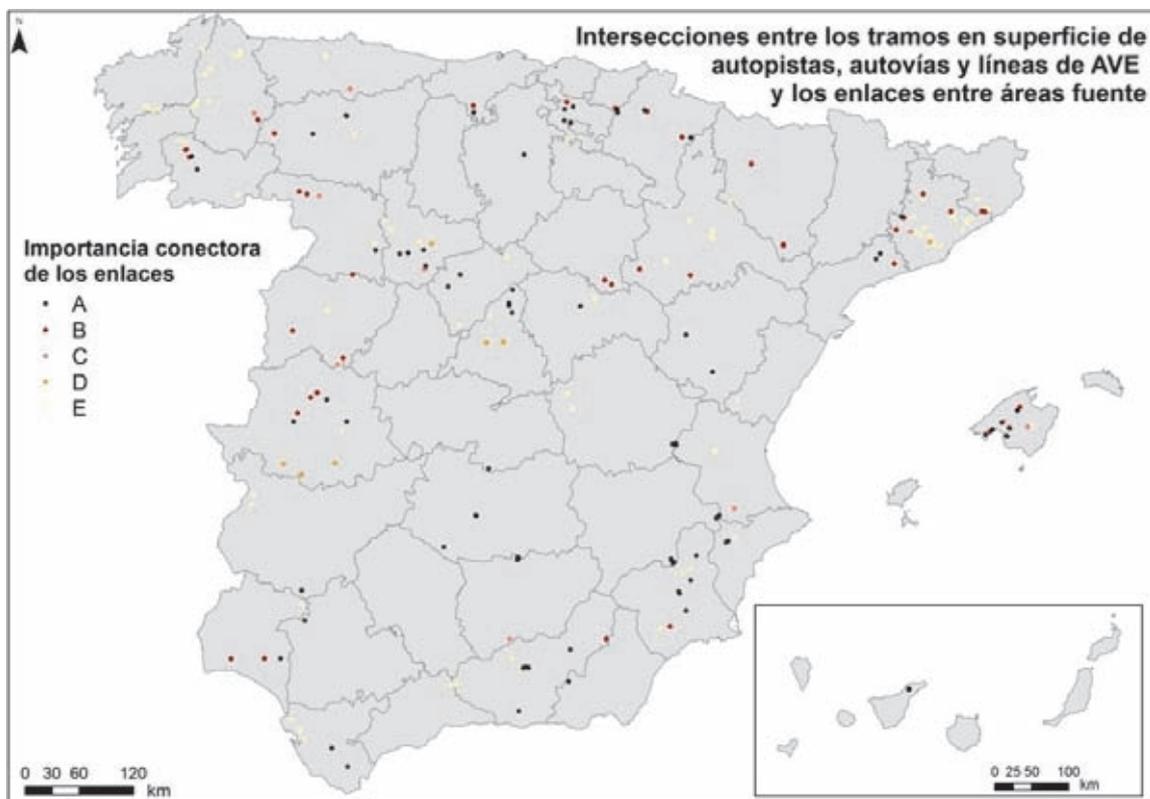


Figura I.11. Puntos de intersección entre los tramos en superficie de autovías, autopistas y LAV y los enlaces, en función de la importancia conectora de los enlaces.