

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



Aviso Legal: los contenidos de esta publicación podrán ser reutilizados, citando la fuente y la fecha, en su caso, de la última actualización



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.

Maitte 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.

1 Presentación

2 Conceptos básicos

3 Metodología general para la identificación de áreas a desfragmentar.
Resultados de los índices de base

4 Modelos de áreas prioritarias a desfragmentar

5 Criterios complementarios para priorizar las áreas a desfragmentar

6 Fichas descriptivas de las áreas prioritarias a desfragmentar por CC. AA.

7 Anexos

Índice

1	Presentación	9
1.1	Antecedentes	11
1.2	Justificación	12
1.3	Objetivos	14
1.4	Ámbito de aplicación	14
1.5	Destinatarios	15
2	Conceptos básicos	17
2.1	Vulnerabilidad biológica a las infraestructuras lineales de transporte	19
2.2	Grado de fragmentación de hábitats	21
2.3	Grado de ocupación por infraestructuras lineales de transporte	22
2.4	Conectividad ecológica	22
2.5	Otros conceptos relevantes	23
3	Metodología general para la identificación de áreas a desfragmentar. Resultados de los índices de base	25
3.1	Aspectos generales de los modelos de identificación de áreas a desfragmentar	27
3.2	Grado de vulnerabilidad biológica a las infraestructuras lineales de transporte	28
3.3	Grado de fragmentación de hábitats: tamaño efectivo de malla	32
3.4	Densidad de red de infraestructuras lineales de transporte	33
4	Modelos de áreas prioritarias a desfragmentar	37
4.1	Elaboración de los índices de prioridad de mitigación de efectos de vías de transporte	39
4.2	Resultados de los modelos de prioridad de mitigación de efectos de vías de transporte	40
4.3	Método de selección a nivel estatal y autonómico de las áreas a desfragmentar	44
5	Criterios complementarios para priorizar las áreas a desfragmentar	47
5.1	Conectividad forestal	49
5.2	Densidad de accidentes con fauna silvestre	50
5.3	Análisis de coincidencia de distintos criterios	52
6	Fichas descriptivas de las áreas prioritarias a desfragmentar por CC. AA.	55
6.1	Estructura de las fichas y presentación de áreas a desfragmentar	57
6.2	Descripción de la cartografía	57
6.3	Interpretación de los resultados y cartografía	59
6.4	Posibles mejoras y actualizaciones futuras	60
6.5	Fichas descriptivas	61
7	Anexos	219
	Anexo I. Metodología	221
	Anexo II. Valores de los índices básicos usados para construir los modelos y de los índices para la identificación de áreas a desfragmentar	239
	Anexo III. Cartografía de los índices de base	241
	Anexo IV. Glosario y acrónimos	250
	Anexo V. Bibliografía	255

1

Presentación

2

Conceptos básicos

3

Metodología general para la identificación de áreas a desfragmentar. Resultados de los índices de base

4

Modelos de áreas prioritarias a desfragmentar

5

Criterios complementarios para priorizar las áreas a desfragmentar

6

Fichas descriptivas de las áreas prioritarias a desfragmentar por CC. AA.

7

Anexos

1.1 Antecedentes

Las infraestructuras lineales de transporte están asociadas a un proceso de fragmentación de hábitats cuyo efecto sobre la conservación de la biodiversidad puede ser más o menos importante en función de múltiples factores. La construcción y funcionamiento de estas infraestructuras constituyen una de las principales presiones sobre el medio natural en países desarrollados, en los que la red de transporte suele haber experimentado un notable desarrollo, concomitante a la actividad económica. La ubicuidad y creciente desarrollo de la red de transporte a nivel mundial, junto a la abundante evidencia científica sobre los impactos negativos de las vías de transporte sobre especies y ecosistemas, convierten a estas infraestructuras en uno de los más extendidos y crecientes impactos sobre la biodiversidad (Forman *et al.* 2003).

Estas infraestructuras pueden constituir barreras impermeables al paso de determinadas especies y por lo tanto pueden causar aislamiento entre poblaciones, con sus potenciales consecuencias demográficas y genéticas (Epps *et al.* 2005, Strasburg 2006, Shepard *et al.* 2008). El efecto barrera varía en función del hábitat, de la geometría del proceso de fragmentación inducido (tamaño y número de fragmentos), del ciclo vital y comportamiento de cada especie implicada y del propio diseño de la infraestructura, de forma que el efecto puede variar de inapreciable a muy importante (Trombulak y Fissell 2000).

Las infraestructuras lineales de transporte también pueden incrementar la tasa de mortalidad de especies que sufren atropello al intentar atravesarlas, pudiendo llegar a constituir un serio problema de conservación cuando afecta a especies amenazadas, con poblaciones pequeñas y localizadas o altamente susceptibles a la mortalidad por atropello, como puede ser el caso del linco ibérico (*Lynx pardinus*). Como botón de muestra de la importancia de este problema podemos mencionar que en Estados Unidos se ha estimado que más de un millón de vertebrados mueren diariamente atropellados en la red viaria (Forman y Alexander 1998).

El problema del atropello de fauna silvestre además tiene una vertiente más amplia, pues está asociado no solo a la conservación del patrimonio natural, sino a la propia seguridad vial, ya que los accidentes causados por animales de gran tamaño constituyen un serio problema socio-económico, llegando a inducir la pérdida de vidas humanas (Avilés 2007, Pulido 1999, Rosell *et al.* 2013). En este sentido, hay que destacar el notable incremento en el número de accidentes con ungulados que se ha experimentado en España en las últimas décadas, consecuencia tanto del desarrollo de la red de transporte, como del espectacular crecimiento demográfico que han experimentado estas especies en el mismo periodo, con particular referencia al jabalí (*Sus scrofa*) y al corzo (*Capreolus capreolus*) (Sáez-Royuela y Tellería 1986, Tellería y Virgós 1997).

Por último, la iluminación artificial y el ruido del tráfico asociados a las infraestructuras lineales de transporte pueden tener un efecto negativo adicional sobre otras especies de fauna silvestre, bien atrayendo especies que pueden sufrir mortalidad o por el contrario, ahuyentando a otras, con lo que se puede incrementar el efecto barrera (Parris y Schneider 2008, Byrnes *et al.* 2012).

Los múltiples efectos de la construcción y funcionamiento de infraestructuras lineales de transporte sobre la biodiversidad de las áreas que ocupan se explican de forma detallada en el documento *Indicadores de fragmentación de hábitats causada por infraestructuras de transporte*, cuarto volumen de la serie *Documentos para la reducción de la fragmentación de hábitats causada por infraestructuras de transporte*, producida por el Grupo de Trabajo sobre esta temática coordinado por la entonces Dirección General de Medio Natural y Política Forestal del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino (MARM 2010).

La principal consecuencia de toda la información científica y técnica generada en las últimas décadas sobre los impactos de las infraestructuras lineales de transporte en la conservación de la biodiversidad ha sido un notable desarrollo teórico y aplicado de medidas para mitigar dichos efectos negativos, tanto aplicado a la construcción de

nuevas vías, como a la reducción de los efectos de las que ya están en funcionamiento. En sentido estricto, las medidas de desfragmentación engloban todas aquellas modificaciones de vías en funcionamiento que permitan o estimulen el paso de fauna, eliminando el efecto barrera en ese punto y mitigando los efectos de la fragmentación de hábitats y poblaciones. Son las estructuras que se conocen genéricamente como “pasos de fauna”, a los que se dedicó el documento *Prescripciones técnicas para el diseño de pasos de fauna y vallados perimetrales*, primer documento de esta serie (MMA 2006a). En un sentido amplio, estas medidas pueden alcanzar la escala de paisaje, mediante gestión del hábitat en el propio paso de fauna y en su entorno, mejorando la conectividad ecológica entre fragmentos generados por la infraestructura. Sin embargo, a lo largo de este texto, el término “desfragmentación” se aplica en un sentido aún más amplio, incluyendo, además de la reducción del efecto barrera y de la mortalidad de fauna causada por las vías en funcionamiento, la mitigación del conjunto de efectos que producen estas vías en los ecosistemas en los que se integran. Concretamente, y siguiendo la definición aportada en el documento *Desfragmentación de hábitats. Orientaciones para reducir los efectos de las infraestructuras lineales de transporte en funcionamiento* (MAGRAMA 2013), número 5 de esta serie, el concepto “desfragmentación” se define como: *el conjunto de acciones destinadas a recuperar o aumentar la conectividad ecológica en territorios afectados por infraestructuras de transporte en funcionamiento y, en general, a mitigar cualquiera de los efectos asociados a la fragmentación de hábitats generados por estas vías.*

En este sentido, los principales objetivos de la desfragmentación deben ser:

- Reducir la mortalidad de fauna y los accidentes causados por fauna silvestre.
- Reducir el efecto barrera.
- Restablecer la continuidad física entre los fragmentos de hábitats.
- Restablecer la conectividad ecológica entre hábitats, áreas naturales protegidas y otras áreas de especial interés de conservación.
- Mitigar las perturbaciones que afectan los márgenes (en particular ruido e iluminación).
- En los casos más extremos, eliminar todos los impactos de la vía mediante desmantelamiento.

En las últimas décadas, la aplicación de medidas para mitigar los efectos asociados a la fragmenta-

ción de hábitats se ha extendido notablemente, al menos en los países más desarrollados y con red de transporte más compleja (Clevenguer y Waltho 2000, Mata *et al.* 2005, Ford *et al.* 2011). Hoy día, los problemas de conservación de biodiversidad asociados a la construcción de infraestructuras lineales de transporte y la aplicación de medidas para reducir la fragmentación empiezan ya a formar parte ordinaria de los procesos de selección de trazado, diseño, construcción y mantenimiento de estas infraestructuras, como se ha detallado en volúmenes anteriores de esta serie. Sirvan como prueba los centenares de pasos de fauna o estructuras adaptadas como tales que se han construido en las nuevas vías construidas en España durante la última década. Estos esfuerzos sin duda generan notables beneficios para la conservación de la biodiversidad, pero aun siendo un número ya elevado de actuaciones, su desarrollo es todavía limitado en comparación con la enorme y creciente extensión de estas infraestructuras de transporte en países desarrollados. No obstante, la mayor parte de las medidas se aplican particularmente al diseño y construcción de nuevas infraestructuras, siendo más escasos –aunque ya notables– los ejemplos de actuaciones de desfragmentación cuyo objetivo es reducir el efecto de las vías ya en fase de explotación (MARM. 2008b; Álvarez *et al.* 2013 y véase recopilación de experiencias en el documento 5 de esta misma serie, MAGRAMA 2013).

1.2 Justificación

El desarrollo económico que ha experimentado nuestro país en el último siglo ha estado asociado a un gran desarrollo de la red de infraestructuras viarias. Según datos del Instituto Geográfico Nacional (Base Cartográfica Nacional, en adelante BCN200), la longitud total de la red de infraestructuras lineales de transporte en España se acerca a los 200.000 km, es decir, en promedio, alrededor de 0,4 km de vía por cada km² de superficie. Este promedio se encuentra solo ligeramente por debajo de la cifra de 0,6 km de vía/km², que se ha considerado un umbral crítico de densidad de infraestructuras a partir del cual empieza a perderse la funcionalidad natural de paisajes que acogen poblaciones estables de especies sensibles a este problema, como grandes mamíferos depredadores (Forman y Alexander 1998). Por tanto, el grado de fragmentación de hábitats y problemas asociados a la red de transporte es considerable a nivel estatal, en especial considerando la sensibilidad de su rico patrimonio natural que acoge grandes extensiones de hábitats y especies con alto interés de conservación. Con todo, la red de transporte española aún dista mucho de alcanzar la enorme densidad de

algunos países centroeuropeos (Jaeger *et al.* 2011) y su desarrollo ha sido geográficamente desigual, de forma que aún podemos encontrar en el país extensas áreas muy poco afectadas por este problema, mientras que en otras el grado de desarrollo de las infraestructuras viarias está cercano a los máximos europeos.

En las últimas décadas se está perdiendo biodiversidad a nivel global a tasas aceleradas, como resultado de las alteraciones ambientales a gran escala causadas por la expansión de la población humana y modelos de desarrollo que no integran adecuadamente las políticas ambientales (Sala *et al.* 2000, Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica 2010). Este proceso no afecta por igual a todas las especies, sino que hay un pequeño número de especies generalistas, oportunistas y antropófilas que incluso pueden expandirse, mientras una amplia mayoría de taxones sufre una disminución en abundancia y retracción en distribución que conduce a un incremento en el número de especies amenazadas y procesos de extinción a nivel local (McKinney y Lockwood 1999). En definitiva, a nivel de ecosistema se produce un proceso de homogeneización y banalización de las comunidades ecológicas, que puede afectar de forma notable a los servicios ecosistémicos, o introducir nuevos problemas de gestión de vida silvestre con importancia socio-económica notable. Según la UICN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza), la destrucción y alteración de hábitats puede considerarse la principal causa de pérdida de biodiversidad a nivel mundial y el Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB) destaca también las alteraciones del hábitat y, en particular, su fragmentación, como una de las principales presiones que produce pérdida de biodiversidad. Entre los principales elementos que alteran el hábitat a gran escala generando fragmentación se encuentra el desarrollo de infraestructuras, incluyendo las infraestructuras lineales de transporte. Por tanto, la identificación de áreas críticas donde mitigar los efectos de estos factores de presión se convierte en un objetivo de importancia creciente en la gestión de redes de transporte. Por otra parte, España mantiene aún un rico patrimonio natural, en particular en el contexto de la Unión Europea (UE), de forma que la conservación de la biodiversidad española equivale a conservar buena parte del patrimonio natural europeo. La Península Ibérica acoge alrededor del 50% de las especies de plantas y vertebrados terrestres europeos y más del 30% de sus endemismos (Araújo *et al.* 2007). Este rico patrimonio natural se ha reflejado en la amplia red de áreas protegidas, siendo España el país de la UE que contribuye con mayor superficie a la Red Natura 2000, tanto en LIC (Lugares de Interés Comunitario, según la Directiva de Hábi-

tats), con un 23,2% de la superficie española terrestre, como en ZEPA (Zonas de Especial Protección para las Aves, según la Directiva de Aves), con un 20,5% también de la superficie terrestre. Esto realza la importancia de identificar las áreas en las que las infraestructuras viarias generen actualmente impactos significativos sobre los elementos del patrimonio natural y cuya desfragmentación se considere prioritaria para la mejora del estado de conservación de hábitats y especies de especial interés para la conservación.

Además, la aplicación de medidas de desfragmentación y una adecuada gestión de la conectividad ecológica contribuyen a reducir la tasa de accidentes causada por fauna silvestre y a eliminar tramos de concentración de accidentes (Litvaitis y Tash 2008). Ello cobra un alto interés en un contexto en el que las densas poblaciones de ungulados causan un creciente número de accidentes en muchos tramos de carreteras convirtiéndose en las últimas décadas en un problema socio-económico importante.

Sin embargo, a pesar de este contexto de impacto creciente de la red de transporte, rico patrimonio natural a conservar, importancia crítica de la identificación de áreas prioritarias desde el punto de vista de la conservación del patrimonio natural y del paisaje, y aumento de los accidentes con ungulados, aún no disponemos de un análisis global que permita identificar a nivel geográfico los principales focos de conflicto donde sería prioritario desarrollar medidas de reducción de impactos de la red de infraestructuras lineales de transporte existente, en forma de desfragmentación de hábitats.

Es por tanto de crucial importancia para los gestores disponer de información que permita priorizar los recursos disponibles para optimizar las inversiones maximizando los potenciales efectos positivos de las acciones de desfragmentación. En este sentido, es interesante mencionar que en varios trabajos científicos recientes se resalta la necesidad de desarrollar modelos que permitan ayudar a los órganos de gestión de infraestructuras en la toma de decisiones para priorizar a gran escala las acciones destinadas a mitigar los efectos negativos de las infraestructuras viarias (Litvaitis y Tash 2008, Jaeger *et al.* 2011). Además, también facilitará la captación de fondos procedentes de medidas complementarias y compensatorias de nuevos proyectos, para destinarlos a ejecutar actuaciones de desfragmentación y restauración de éstas áreas prioritarias.

La identificación de áreas prioritarias a desfragmentar, a su vez, facilitará que el sector pueda contribuir a la ejecución del objetivo dos de la

estrategia de biodiversidad de la UE para 2020, “Nuestro seguro de vida, nuestro capital natural”: el establecimiento de una red de infraestructura verde y restauración de al menos el 15% de los ecosistemas degradados.

Aunque el resultado final del documento se centra en identificar zonas que ya muestran una afectación por vías en funcionamiento, las cartografías elaboradas también pueden resultar de utilidad en el marco del desarrollo de nuevas infraestructuras, y en concreto, en la evaluación ambiental estratégica (EAE) y la evaluación de impacto ambiental de proyectos (EIA). Ello es así ya que permitirá mejorar el análisis de los efectos sinérgicos que pueden causar los nuevos trazados en el marco de la fragmentación actual que muestra el territorio.

1.3 Objetivos

El objetivo básico de este documento es identificar áreas prioritarias para desarrollar acciones de desfragmentación de hábitats en infraestructuras lineales de transporte y su entorno. Su finalidad es la de promover una mitigación de las afecciones en zonas en las que la red de vías en funcionamiento pueda estar causando efectos negativos significativos sobre la conservación de la biodiversidad y mejorar la conectividad ecológica del territorio. Las actuaciones de desfragmentación contribuirán a reforzar la infraestructura verde y a restaurar ecosistemas y paisajes degradados en mayor o menor medida, y además, reducirán riesgos para la seguridad vial.

Otros objetivos del documento son:

- Ampliar el conocimiento sobre la vulnerabilidad del medio natural a las infraestructuras lineales de transporte y sobre el grado de fragmentación del territorio producido por el desarrollo urbano, industrial y de infraestructuras asociadas.
- Contribuir más específicamente al conocimiento de las áreas en las que se produce la intersección de vías de transporte con conectores forestales que enlazan áreas boscosas y representan las mejores rutas potenciales para el desplazamiento de los mamíferos forestales más vulnerables a los efectos de las infraestructuras viarias.
- Identificar las zonas en las que se produce una mayor concentración de accidentes en los que se ve implicada fauna silvestre (principalmente ungulados).
- Aportar una metodología válida para la identificación de áreas prioritarias para desarrollar accio-

nes de desfragmentación, que permita su aplicación con otros conjuntos de datos, especialmente los procedentes de las comunidades autónomas (CC. AA.).

- Mejorar la integración de la conservación de la biodiversidad en las prácticas del sector de transporte, mediante un trabajo conjunto de investigación, gestión del medio natural y gestión de infraestructuras viarias.

La amplia escala territorial de análisis, las limitaciones en la información disponible y el hecho de que el diagnóstico se base en análisis de datos preexistentes mediante Sistema de Información Geográfica (SIG), sin llevar a cabo trabajos de detalle e inspección de cada zona, no permiten aportar una propuesta concreta de medidas de desfragmentación a aplicar en las áreas identificadas. Obviamente, este nivel de detalle solo podrá alcanzarse en el marco de proyectos de desfragmentación específicos.

Cabe destacar que no se pretende en ningún caso que la cartografía elaborada se considere un inventario cerrado de zonas a desfragmentar. Por el contrario, la cartografía de áreas a desfragmentar que se presenta como producto final debe interpretarse como una guía a gran escala de zonas donde es importante actuar, pero solo un análisis más detallado a nivel local, que puede requerir la obtención y análisis de información adicional, permitirá identificar donde es realmente factible y recomendable actuar. La aportación y el análisis de nueva información a nivel local sin duda alguna permitirán identificar puntos concretos dentro de este conjunto de áreas prioritarias en los cuales la desfragmentación de hábitats pueda generar beneficios de restauración ambiental y mejora de la biodiversidad.

1.4 Ámbito de aplicación

Los modelos y cartografías finales generan un “conjunto de áreas a desfragmentar” donde es prioritaria la aplicación de medidas para reducir los problemas de fragmentación generados por vías ya en funcionamiento. Esta información también puede usarse en la planificación de vías de nueva construcción, evitando nuevos elementos que refuercen la fragmentación en estas áreas. En este sentido, la identificación de áreas prioritarias para la aplicación de medidas de desfragmentación puede ser útil en los siguientes contextos específicos:

- Fase de planeamiento de nuevas infraestructuras y su proceso de EAE, de forma que en el diseño de los nuevos trazados y en las políticas de desarrollo de la red de infraestructuras puedan evaluarse los efectos potenciales futuros de la

fragmentación de hábitat que puede causar una infraestructura determinada y tener así en cuenta este criterio en el proceso de toma de decisiones.

- Fase de proyecto de construcción o ampliación de vías y su proceso de EIA, facilitando que en los nuevos proyectos que afecten áreas prioritarias identificadas se incorporen medidas adecuadas para reducir los efectos de fragmentación y medidas compensatorias que reduzcan la fragmentación generada por las vías ya existentes en el ámbito de actuación o en sus proximidades.
- Explotación y mantenimiento de vías ya existentes. En el caso de vías ubicadas en áreas prioritarias permitirá aplicar actuaciones destinadas a reducir la mortalidad de fauna, los accidentes causados por animales y otros efectos negativos de las vías en el entorno natural.
- También puede resultar útil en el contexto amplio de la ordenación del territorio, la planificación en materia de restauración ambiental, de ordenación de recursos naturales y de diseño de corredores ecológicos.
- Por último, puede usarse en el diseño de disposiciones y medidas de prevención y restauración en planificación y gestión de áreas naturales protegidas, así como en estrategias y planes de con-

servación, restauración o restablecimiento de especies y de hábitats silvestres.

1.5 Destinatarios

Como otros documentos previos de esta serie, este documento tiene un enfoque eminentemente práctico y está dirigido primariamente a los gestores responsables del diseño, construcción y mantenimiento de infraestructuras viarias y a los responsables de conservación del patrimonio natural y gestión de fauna silvestre, en el contexto de colaboración entre estos dos sectores de las administraciones públicas que ha inspirado la constitución del Grupo de Trabajo de fragmentación de hábitats causada por infraestructuras de transporte.

El presente documento puede ser útil también para cualquier otra organización o público involucrado en la planificación, diseño, construcción o mantenimiento de infraestructuras viarias, conservación y gestión del patrimonio natural o evaluación ambiental.

Por último, el texto puede ser de interés en el ámbito académico, como obra técnica de referencia en este ámbito para estudiantes de grado y postgrado.

1

Presentación

2

Conceptos básicos

3

Metodología general para la identificación de áreas a desfragmentar. Resultados de los índices de base

4

Modelos de áreas prioritarias a desfragmentar

5

Criterios complementarios para priorizar las áreas a desfragmentar

6

Fichas descriptivas de las áreas prioritarias a desfragmentar por CC. AA.

7

Anexos

2.1 Vulnerabilidad biológica a las infraestructuras lineales de transporte

La construcción y funcionamiento de infraestructuras lineales de transporte puede tener efectos muy distintos sobre la conservación de la diversidad biológica en función de las características de los ecosistemas afectados por la infraestructura y de su grado de conservación, incluso favoreciendo a algunas especies. En principio, es evidente que un tramo de carretera que atraviese una zona fuertemente urbanizada tendrá un impacto menos importante sobre la conservación de la biodiversidad que otro tramo que atraviese espacios naturales valiosos que acojan una amplia biodiversidad, o a especies o hábitats en los que los problemas inducidos por estas infraestructuras sean particularmente graves. Para priorizar dónde hay que desarrollar acciones de desfragmentación en la red de transporte es preciso identificar aquellos sectores del territorio en los que una carretera o vía de ferrocarril puede estar causando los efectos negativos más importantes sobre la conservación de la diversidad biológica. La determinación de dichos efectos es una materia que se escapa a este trabajo y que supone el uso de investigación adicional, pero puede asumirse que allí donde haya una mayor concentración de valores naturales se producirán mayores efectos negativos, y de ahí que sea trascendente determinar el gradiente de dicha concentración, que denominamos vulnerabilidad biológica al desarrollo de este tipo de infraestructuras.

2.1.1 Especies

La construcción de carreteras o vías de ferrocarril en áreas previamente no perturbadas por estos elementos está asociada a claras alteraciones en las comunidades zoológicas del entorno de la infraestructura (Forman *et al.* 2003, Ruiz-Capillas *et al.* 2013a). Una revisión científica sobre los efectos de las carreteras en las poblaciones de aves y mamíferos, basada en un meta-análisis de 49 estudios diferentes concluye que el principal impacto negativo de las carreteras y otras infraestructuras lineales es la desaparición de especies

en su entorno o una reducción en su densidad de población, ya sea por evitación de la carretera, incremento de mortalidad o aislamiento de poblaciones generado por la fragmentación de hábitats (Benítez-López *et al.* 2010).

Los efectos negativos de la fragmentación de hábitats inducida por las infraestructuras viarias se han descrito sobre multitud de especies, desde artrópodos, anfibios o reptiles de pequeño tamaño hasta grandes mamíferos o aves (véase revisión de estudios realizados en España en Rosell *et al.* 2003). Hay que reconocer que no todas las especies son negativamente afectadas por estas infraestructuras. Por el contrario, los nuevos hábitats generados en cunetas y otras estructuras paisajísticas adyacentes a las infraestructuras viarias pueden favorecer a algunas especies capaces de ocupar con éxito estos nuevos hábitats (Bissonette y Rosa 2009, Ascensao *et al.* 2012, Ruiz-Capillas *et al.* 2013a). Por ejemplo, las cunetas pueden resultar un hábitat tan adecuado para determinadas especies que se convierten en su principal reservorio y fuente demográfica (Ascensao *et al.* 2012, Ruiz-Capillas *et al.* 2013b) y los drenajes pueden acoger densas poblaciones de salamandras comunes (*Tarentola mauritanica*) (Rosell y Velasco Rivas 1999). De hecho, las cunetas pueden fomentar una alta densidad que puede constituir un problema en el caso de especies que causan daños a los cultivos adyacentes, por ejemplo, los topillos campesinos (*Microtus arvalis*) (Torre *et al.* 2007) o a la propia estabilidad de la vía al construir madrigueras subterráneas de gran tamaño, como el conejo de monte (*Oryctolagus cuniculus*) (Ferreira 2012). Por otra parte, esta ocupación de hábitats tan cercanos a las vías de transporte también podría incrementar el riesgo de atropello. A pesar de la existencia de estos casos, el número de efectos negativos detectados en diversos estudios es cinco veces superior al de los efectos positivos, y dobla a la suma de efectos positivos y neutros (Fahrig y Rytwinski 2009). La información disponible sobre los efectos negativos de carreteras y ferrocarriles a nivel de poblaciones es suficientemente abundante como para que los proyectos de mitigación de estos efectos se consideren de forma rutinaria en todos los proyectos de construcción y mantenimiento de

vías. Por tanto, globalmente, puede asumirse que los efectos potencialmente negativos de la fragmentación de hábitats inducida por carreteras y vías de ferrocarril serán más graves en territorios con mayor biodiversidad.

Por otra parte, la información acumulada en las últimas décadas permite afirmar que no todas las especies son igualmente susceptibles a los efectos negativos de las infraestructuras lineales, si no que hay especies particularmente vulnerables a la fragmentación, el efecto barrera o el atropello, que suelen conocerse como especies “focales” u “objetivo”. Por tanto, tiene sentido priorizar las actuaciones de desfragmentación en aquellos territorios que acojan poblaciones de estas especies, como complemento al criterio general de priorizar las actuaciones en áreas que acogen una elevada biodiversidad o hábitats importantes (Litvaitis y Tash 2008).

Se han determinado cuatro perfiles de especies que pueden ser altamente vulnerables al desarrollo de la red viaria (Fahrig y Rytwinski 2009):

1) Especies para las que las infraestructuras viarias resultan atractivas, pero son incapaces de evitar el tráfico y son altamente susceptibles a la mortalidad por atropello. Un buen ejemplo genérico pueden ser los ofidios (Andrews y Jochimsen 2007, Colino-Rabanal y Lizana 2012).

2) Especies con amplios dominios vitales a nivel individual, bajas tasas reproductivas y bajas densidades naturales. Un buen ejemplo para el caso de España puede ser el lince ibérico.

3) Especies que evitan la proximidad de las carreteras. Se ha descrito este comportamiento en España para especies tan dispares como el águila imperial (*Aquila adalberti*) (Bautista *et al.* 2004) o la lagartija colilarga (*Psammotromus algirus*) (Tellería *et al.* 2011).

4) Especies que no muestran ningún comportamiento de rechazo o atracción a las carreteras, pero son altamente susceptibles al atropello durante la dispersión o movimientos rutinarios en sus territorios, en gran parte por la lentitud de sus movimientos. Un buen ejemplo genérico podrían ser los anfibios (Langton 1989, Colino-Rabanal y Lizana 2012).

En definitiva, en un proceso de selección de áreas prioritarias a desfragmentar debe tenerse en cuenta tanto la biodiversidad global que acoge un territorio, como la presencia o abundancia de especies particularmente vulnerables a los problemas inducidos por estas infraestructuras.

2.1.2 Hábitats

En gran parte, la biodiversidad que acoge un territorio determinado depende de la presencia de hábitats en buen estado de conservación y, por tanto, se deberán priorizar las acciones de desfragmentación en territorios que acojan zonas con hábitats de alto valor. La investigación sobre la problemática de fragmentación de hábitats se ha centrado sobre todo en hábitats naturales, en particular bosques, aunque también se han desarrollado estudios en áreas periurbanas y urbanas. Aunque en principio el paisaje agrario puede parecer poco afectado por el fenómeno de fragmentación, dado su carácter intrínsecamente fragmentado, varias especies que habitan estos paisajes pueden verse afectadas por problemas inducidos por las infraestructuras lineales de transporte, como efectos barrera o mortalidad por atropello (Seiler y Helldin 2006, Underhill y Angold 2000, Carvalho y Mira 2011, Colino-Rabanal *et al.* 2011, Tellería *et al.* 2011). Además, los ecosistemas agrarios de la Península Ibérica pueden considerarse entre los más importantes de la UE, acogiendo aún a un buen número de especies desaparecidas históricamente de otros países o que nunca han alcanzado latitudes más norteñas. Por otra parte, dado que estos ecosistemas agrarios ocupan una parte muy importante del territorio, mientras que los hábitats de carácter más forestal suelen presentarse en manchas aisladas, muchas especies de carácter forestal pueden utilizar los ecosistemas agrarios durante su dispersión. En este sentido, son particularmente importantes las manchas de vegetación natural en los paisajes agrarios, a menudo presentes en las zonas más abruptas, pero también en otras estructuras típicas de estos paisajes, como linderos o barbechos, que pueden servir como hábitats de dispersión o refugio temporal para especies tan poco agrarias como el lince ibérico (Palomares *et al.* 2000). Esta situación se ha visto realzada por la notable recuperación que han experimentado en los últimos años las poblaciones de conejo de monte en medios agrarios, que pueden constituir un elemento atrayente de este tipo de fauna en dispersión, cuando se trate de carnívoros (Ferreira 2012). En definitiva, es interesante que un análisis global del problema incluya tanto zonas en la que la vegetación tiene un carácter más natural como paisajes modelados por la agricultura y la ganadería (Mader 1984).

La superficie forestal en España (entendida en su acepción más amplia, es decir, incluyendo pastizales naturales y formaciones de matorral) ha experimentado una notable recuperación en las últimas décadas, por una mezcla de abandono del medio rural, abandono de prácticas forestales

destinadas a la obtención de leña y políticas ambientales de recuperación de las masas forestales (MARM 2007). Esto ha conducido a una importante recuperación en las poblaciones de especies forestales, incluyendo a los ungulados frecuentemente implicados en accidentes, si bien parte de la espectacular expansión de algunas de estas especies también ha sido promovida por cambios en los modelos de explotación agroforestal o cinegética.

Hay ya evidencia científica suficiente para afirmar que los puntos en que las vías de transporte cruzan humedales y ríos, o los tramos de vía que atraviesan sus proximidades, tienen los más altos índices de atropello de fauna, bien por ser áreas de concentración de múltiples especies, bien por acoger a grupos faunísticos altamente vulnerables a este problema, como los anfibios o los quirópteros (Carvalho y Mira 2011, Colino-Rabanal y Lizana 2012, Rosell y Navàs eds. en prensa). En carreteras que atraviesan humedales se han llegado a registrar en los Estados Unidos de América tasas de atropellos de más de 625 serpientes y 1.700 anfibios por km y año (Forman y Alexander 1998). Por otra parte, los ríos y sus hábitats forestales asociados pueden actuar como importantes corredores ecológicos (véase apartado 2.4 para definición), en particular en medios fuertemente antropizados. En definitiva, puede considerarse que, a igualdad de otras condiciones, se deberían priorizar las actuaciones de desfragmentación en aquellos territorios donde abundan los ríos y humedales.

2.1.3 Áreas de interés natural

En el mismo sentido, puede asumirse que los efectos de la fragmentación serán potencialmente más graves en territorios que han sido incluidos en espacios protegidos por su rico patrimonio natural. Trabajos científicos recientes indican que el conjunto de espacios protegidos acoge de forma razonable la biodiversidad global de la Península Ibérica, en particular si se incluyen los espacios protegidos en la Red Natura 2000 (Araújo *et al.* 2007). No obstante, se han identificado algunas carencias en esta red de espacios protegidos, en particular en lo que se refiere al grado de protección de paisajes y ecosistemas agrarios (Traba *et al.* 2007, De la Montaña *et al.* 2011), lo que realza aún más la necesidad de considerar este tipo de hábitats en un análisis global de priorización de las acciones de desfragmentación.

Por otra parte, parece sensato priorizar las actuaciones dentro de estos espacios, ya que según su nivel de protección, se garantiza en menor o mayor medida la biodiversidad que acogen y, así

mismo, varía la inversión económica en su conservación. Por ello, los enclaves que presenten una mayor coincidencia de espacios protegidos y una mayor protección conllevarán seguramente mayores esfuerzos y mayores recursos para su conservación.

2.2 Grado de fragmentación de hábitats

La fragmentación de hábitats causada por infraestructuras lineales de transporte es directamente proporcional a la densidad de las redes viarias y, por tanto, existe una asociación entre el grado de desarrollo de estas infraestructuras y el grado de fragmentación generado. España tiene aún un grado de fragmentación relativamente bajo en comparación con otros países de la UE (Figura 2.1). Los elementos asociados a la actividad humana y que suelen estar espacialmente asociados a las carreteras y ferrocarriles, como superficies urbanizadas, embalses o canales, es lo que se conoce como “elementos fragmentantes” del paisaje de origen antrópico (Jaeger *et al.* 2011). Siguiendo el criterio recomendado en obras científico-técnicas recientes, se ha considerado la fragmentación de origen humano en un sentido amplio, integrando vías de transporte, áreas urbanizadas, presas y canales (Jaeger *et al.* 2011).

Los efectos genéticos y demográficos causados por la fragmentación del hábitat y efectos barrera asociados están considerados como el principal efecto negativo de estas infraestructuras sobre la conservación de la biodiversidad, incluso por encima de la mortalidad directa que pueden causar el tráfico rodado o los ferrocarriles (Forman y Alexander 1998, Forman *et al.* 2003). Por ello es particularmente importante minimizar el desarrollo de infraestructuras en áreas aún poco fragmentadas, y el mismo principio podrá seguirse en lo que se refiere a priorizar acciones de desfragmentación. El concepto de conservación de áreas sin carreteras esta ya bien establecido en algunos países, como USA, donde existe un programa federal de conservación de áreas estatales sin carreteras desde 2001, y ha sido remarcado como un objetivo clave de las estrategias de conservación globales por el Convenio sobre la Diversidad Biológica y en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Desarrollo Sostenible (Rio + 20). Estas áreas sin carreteras son particularmente escasas a nivel europeo y por tanto deben considerarse prioritarias las acciones de conservación en áreas aún poco afectadas por la fragmentación de hábitats causada por la red de transporte (Selva *et al.* 2011).

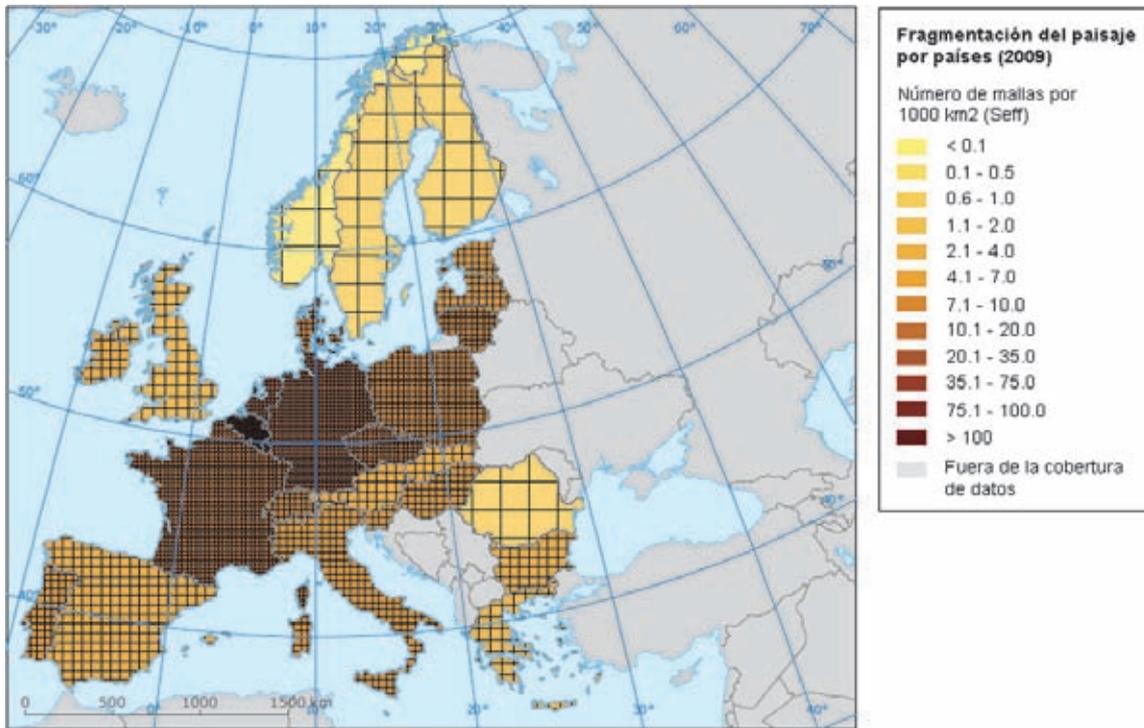


Figura 2.1. Representación esquemática del grado de fragmentación del paisaje inducida por infraestructuras lineales de transporte y otros elementos fragmentantes de origen antrópico asociados en los países de la UE. A mayor tamaño de cuadrícula, mayor tamaño efectivo de malla y menor grado de fragmentación. Tomado de Jaeger *et al.* 2011.

2.3 Grado de ocupación por infraestructuras lineales de transporte

El incremento en el tráfico rodado o ferroviario y la acumulación de infraestructuras lineales de transporte en el espacio agravan los efectos negativos de estas vías sobre la conservación de la vida silvestre de su entorno, y no necesariamente de forma aditiva, sino que puede ser incluso exponencial. Por tanto, es razonable intentar priorizar las acciones de desfragmentación en las zonas donde la densidad de vías de transporte sea mayor, en particular cuando afectan a áreas que aún sufren poca fragmentación pero tienen altos valores de vulnerabilidad a esta problemática. Pero también puede ser importante actuar en áreas muy fragmentadas que aún mantengan zonas de alta vulnerabilidad, para mitigar en lo posible su degradación.

A nivel de ecosistema no está claro que unos tipos de carreteras o vías de ferrocarril sean más perniciosos que otros, aunque como se ha comentado en el apartado anterior, se considera que globalmente el efecto barrera es más grave que el problema de mortalidad. Las carreteras de doble sentido con tráfico bajo o moderado parecen ser las más peligrosas desde el punto de vista de atropellos de anfibios y reptiles, dos de los grupos faunísticos más seriamente afectados por este problema. En cambio, las autovías, autopis-

tas o líneas de alta velocidad causan más problemas de colisiones o efecto barrera en aves y mamíferos.

2.4 Conectividad ecológica

La fragmentación de hábitats convierte manchas continuas de hábitat en un conjunto de teselas de tamaño diverso, que quedan situadas a distancias variables entre ellas y eventualmente aisladas unas de otras. Este proceso afecta negativamente a lo que se conoce como **conectividad ecológica**, definida como el grado en que el territorio facilita los desplazamientos de las especies entre las teselas de hábitat, y, por tanto, el funcionamiento de los procesos ecológicos a gran escala (ver Anexo IV. Glosario y acrónimos). La fragmentación de hábitats y la pérdida de conectividad ecológica producen una disminución de los flujos genéticos entre poblaciones, por la reticencia a abandonar el hábitat favorable o por inducir un bajo éxito en la dispersión al forzar a los animales a atravesar hábitats poco adecuados. Esto a su vez puede causar alteraciones demográficas en un contexto de metapoblaciones expuestas a aislamiento y bajo tamaño de manchas de hábitat disponible, incluyendo fenómenos de extinción local. Todo ello genera una alteración de la funcionalidad a escala de ecosistema, que puede ser altamente dependiente del tamaño y grado de aislamiento de los fragmentos de hábitat, modificando proce-

tos ecológicos tales como las relaciones depredador-presa, por desaparición o rarefacción de especies-presa o depredadores en manchas de hábitat aisladas (Taylor *et al.* 1993, Forman *et al.* 2003, Fahrig 2007, Gurrutxaga *et al.* 2011) o el incremento en la población de depredadores antropófilos cerca de carreteras (Ruiz-Capillas *et al.* 2013a).

Dada la creciente expansión de procesos de fragmentación de hábitat y pérdida de conectividad ecológica inducidos por la actividad humana, ha emergido en las últimas décadas un concepto de importancia también creciente en la gestión del medio natural: **los corredores ecológicos**. Según la Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad, se define corredor ecológico como el *territorio, de extensión y configuración variables que, debido a su disposición y a su estado de conservación, conecta funcionalmente espacios naturales de singular relevancia para la flora o la fauna silvestres, separados entre sí, permitiendo, entre otros procesos ecológicos, el intercambio genético entre poblaciones de especies silvestres o la migración de especímenes de esas especies*. En el Capítulo III, Artículo 20 de dicha Ley se especifica que *las Administraciones Públicas preverán, en su planificación ambiental o en los Planes de Ordenación de los Recursos Naturales, mecanismos para lograr la conectividad ecológica del territorio, estableciendo o restableciendo corredores, en particular entre los espacios protegidos Red Natura 2000 y entre aquellos espacios naturales de singular relevancia para la biodiversidad. Para ello se otorgará un papel prioritario a los cursos fluviales, las vías pecuarias, las áreas de montaña y otros elementos del territorio, lineales y continuos, o que actúan como puntos de enlace, con independencia de que tengan la condición de espacios naturales protegidos*. En definitiva, el contexto legal actual remarca la necesidad de identificar los corredores ecológicos y asegurar su funcionalidad.

Los corredores ecológicos así definidos, ya estén o no delimitados oficialmente, pueden estar afectados por las infraestructuras lineales de transporte cuando existe una intersección entre ambos, alterando su funcionalidad (Coffin 2007) y dificultando los movimientos de especies que concentran sus desplazamientos a través de estos espacios. Además, la intersección de corredores ecológicos con vías de transporte puede generar puntos negros de mortalidad por atropello de fauna y tramos de concentración de accidentes causados por colisiones con grandes mamíferos, si estos tramos no cuentan con estructuras adecuadas de permeabilización.

La conectividad ecológica en ambientes forestales es particularmente importante dado el incre-

mento experimentado por la superficie forestal en las últimas décadas, con la correspondiente expansión de las especies asociadas a estos medios, pero teniendo en cuenta que los hábitat forestales continúan teniendo en gran parte una configuración espacial de manchas distribuidas en una amplia matriz ocupada por áreas agrarias que potencialmente dificulta el movimiento de las especies entre los mismos (véase Figura 1.6 en anexo I). Esta situación puede estar promoviendo un incremento en la movilidad de individuos de especies forestales, efecto deseable, pues puede conllevar un mayor intercambio genético entre teselas de hábitat, o incluso la ocupación de nuevos hábitats de carácter más agrario, como está ocurriendo con el jabalí y el corzo. Pero este incremento de movilidad o en el área de distribución está asociado a conflictos emergentes con las vías de transporte, en forma de un aumento en las tasas de atropello, incluyendo la siniestralidad vial con ungulados. Por otra parte, la conservación de estas especies forestales sigue siendo un objetivo clave, ya que siguen constituyendo una parte importante de la biodiversidad global en hábitats de especial valor de conservación en la UE.

2.5 Otros conceptos relevantes

Los efectos negativos de las carreteras sobre el ecosistema del entorno en que se encuentran varían normalmente según la distancia a la carretera o vía, las especies, los hábitats o el tipo de efecto, de forma que estos efectos negativos disminuyen a medida que aumenta esta distancia, hasta llegar a un punto en que se puede considerar que la presencia de la vía ya no está teniendo efecto ninguno. Esta es la que se suele conocer como **“distancia de afección”** (del inglés “effect-distance”, Forman *et al.* 2003). La distancia de afección varía enormemente en función de especies, hábitats y trazado de la carretera, desde bandas de tan solo unos metros para insectos y vertebrados de pequeño tamaño, hasta más de 10 km para mamíferos de gran tamaño altamente sensibles a la presencia de vías de transporte, como los alces (*Alces alces*). Se ha comprobado que la distancia de afección en promedio es de 1 km para aves, aumentando hasta un promedio de 5 km para mamíferos de tamaño medio y grande (Forman y Alexander 1998). En cuanto a la variación con respecto a los hábitats, las distancias de afección son generalmente mayores en paisajes abiertos que en medios forestales, posiblemente porque la visibilidad de esta perturbación es mayor en paisajes abiertos, en los que también pueden notarse a mayor distancia los efectos del ruido del tráfico.

Los **tramos de concentración de accidentes con animales (o de atropellos de fauna**, aunque no lleguen a causar accidentes) son sectores de vías que suelen coincidir con las rutas habituales de desplazamiento de fauna silvestre. Diversos factores pueden explicar la existencia de estos tramos, en particular los relacionados con la estructura del paisaje (por ejemplo, cuando la carretera cruza humedales, ríos, valles, zonas con alta den-

sidad de cobertura forestal u otros puntos de abundancia o tránsito frecuente de fauna) o con la propia estructura de la carretera (por ejemplo, puede ser tramos de concentración de accidentes puntos cercanos a curvas o los tramos no vallados en carreteras con cerramientos perimetrales discontinuos (Colino-Rabanal *et al.* 2011, Langbein *et al.* 2011, Lagos *et al.* 2012, Malo *et al.* 2004, Rosell *et al.* 2013).



3

Metodología general para la identificación de áreas a desfragmentar.
Resultados de los índices de base

1

Presentación

2

Conceptos básicos

3

Metodología general para la identificación de áreas a desfragmentar. Resultados de los índices de base

4

Modelos de áreas prioritarias a desfragmentar

5

Criterios complementarios para priorizar las áreas a desfragmentar

6

Fichas descriptivas de las áreas prioritarias a desfragmentar por CC. AA.

7

Anexos

3.1 Aspectos generales de los modelos de identificación de áreas a desfragmentar

De lo presentado en el apartado anterior, se deduce que en cualquier proceso de identificación de áreas a desfragmentar se debe considerar simultáneamente la vulnerabilidad biológica a las infraestructuras lineales de transporte, el grado de fragmentación de hábitats inducido por estas infraestructuras, su grado de ocupación del territorio, la conectividad ecológica y la mortalidad de fauna inducida por estas infraestructuras, incluyendo la siniestralidad vial causada por especies de gran tamaño.

Se han integrado los tres primeros elementos mencionados en dos modelos que generan los **índices de prioridad de mitigación de efectos de vías de transporte**. En el anexo I se detalla la metodología seguida para calcular unos índices indicativos de la vulnerabilidad biológica a las infraestructuras lineales de transporte, fragmentación de hábitats inducida por infraestructuras, y grado de ocupación del territorio por infraestructuras lineales de transporte. En esta metodología se han seguido, siempre que ha sido posible, las recomendaciones del documento *5 Desfragmentación de hábitats. Orientaciones para reducir los efectos de las infraestructuras lineales de transporte en funcionamiento* (MAGRAMA 2013). Los valores de estos índices se muestran en el anexo II.

La identificación de áreas prioritarias a desfragmentar supondría idealmente la consideración de corredores ecológicos y tramos de concentración de accidentes. Desafortunadamente, no se ha podido disponer de información oficial de corredores ecológicos, con excepción de Extremadura. Por ello, se integra esta información solamente en el modelo de esta Comunidad Autónoma (véase apartado 4.3). Y, adicionalmente, con carácter complementario, se presenta un modelo de conectividad forestal para todo el territorio, que puede considerarse equivalente a una cartografía de corredores ecológicos forestales y que se ha utilizado en el proceso final de priorización (véase capítulos 5 y 6).

En cuanto a los atropellos y accidentes con fauna silvestre, se han considerado las bases de datos de accidentes causados por fauna silvestre como criterio complementario en el proceso de priorización de áreas a desfragmentar (véase apartado 5.2), y también se han considerado a las especies causantes de accidentes (principalmente cérvidos y jabalí) o a las que son muy sensibles al problema de los atropellos, dentro de las especies objetivo que se describen más adelante. Las bases de datos de accidentes aunque no contienen datos de la totalidad de los siniestros que realmente se producen (véase apartado 5.2), pueden considerarse una buena representación de la intensidad del conflicto, sin que haya razones para pensar que puedan existir sesgos territoriales en la toma de datos. En cambio, no se ha considerado información procedente de muestreos de cadáveres de animales atropellados que ha sido proporcionada por algunas CC. AA., puesto que la información disponible no procede de muestreos sistemáticos, o cuando así ocurre, el ámbito territorial de muestreo es limitado. El análisis de estos datos podría inducir sesgos en la determinación de puntos negros de atropellos, ya que se identificarían como más problemáticas precisamente las cuadrículas en las cuales se hubieran realizado los muestreos en estudios de ámbito geográfico limitado.

Como unidad geográfica de trabajo se ha seleccionado la cuadrícula UTM de 1 km², escala adecuada tanto desde el punto de vista de la variabilidad espacial en la distancia de afección entre hábitats y especies, como desde el punto de vista de identificación de áreas a actuar dentro de la red de infraestructuras lineales de transporte. Esta escala de trabajo permite identificar casos de acumulación espacial de infraestructuras viarias que de otra forma podrían pasar desapercibidos en un análisis basado en la identificación de tramos. Además, este enfoque espacial permite identificar áreas prioritarias no solo en el entorno inmediato de las vías de transporte, lo que también es adecuado desde el punto de vista de gestión, ya que hay acciones que deben ejecutarse en un contexto territorial más amplio que la propia vía de transporte. Por último, esta

es una visión que combina el enfoque de los sectores implicados (identificación de vías de transporte donde puede ser prioritario actuar, pero en un contexto ambiental amplio), como es habitual en los documentos de esta serie que intentan fomentar la comunicación y colaboración entre gestores responsables de la construcción y mantenimiento de estas infraestructuras y aquellos a cargo de la gestión y conservación del medio natural.

Los análisis se han efectuado sobre el territorio de España en la península y en las Islas Baleares y Canarias, pero no en las Ciudades Autónomas de Ceuta y Melilla. La superficie ocupada por estas ciudades es muy limitada y está cubierta en su mayor parte por terreno urbanizado. El estudio de las posibles necesidades de desfragmentación en los cortos tramos de carretera de su territorio tiene más el carácter de un estudio local.

Se han elaborado dos modelos versátiles y flexibles, que se presentan en el capítulo 4, y que tienen las siguientes características:

- Puede incorporarse fácilmente información no disponible actualmente a nivel estatal, bien para hacerlo a nivel autonómico o local, bien para hacerlo en el futuro (por ejemplo, ante el hipotético diseño de una red estatal de corredores ecológicos).
- Permiten subsanar la escasez de información adecuada sobre corredores ecológicos o tramos de concentración de atropellos, utilizando la información de forma óptima, para intentar identificar las áreas a desfragmentar con los recursos disponibles.
- Permiten variar la importancia relativa de los criterios considerados en función de aspectos autonómicos o locales (por ejemplo, darle más importancia a la presencia de determinadas especies o espacios protegidos).
- Pueden aplicarse a escenarios diversos, no solo a desfragmentación de hábitats causada por infraestructuras viarias ya en funcionamiento, sino también a futuras construcciones o ampliaciones, o incluso en el diseño de nuevos trazados.

Toda la cartografía del documento está disponible en formato digital en el Banco de Datos de la Naturaleza, en la web del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (en adelante MAGRAMA), y los mapas de los capítulos 3 a 5 se presentan además a mayor tamaño en el anexo III.

3.2 Grado de vulnerabilidad biológica a las infraestructuras lineales de transporte

3.2.1 Introducción

En el documento 5 de esta serie, *Desfragmentación de hábitats. Orientaciones para reducir los efectos de las infraestructuras lineales de transporte en funcionamiento* (MAGRAMA 2013), se presentaban en detalle las metodologías para identificar áreas a desfragmentar en función de la conectividad ecológica o de la vulnerabilidad de determinadas especies a este problema (véase resumen en Tabla 4.1 de dicho documento). Buena parte de estos indicadores o métodos generan modelos de interés cuando se trata de evaluar el impacto de la fragmentación sobre especies o hábitats concretos, pero son difíciles de incorporar a un modelo global de un territorio muy extenso con una enorme diversidad de hábitats y especies, como es España. Además, pueden requerir información detallada sobre patrones de dispersión (en especial, distancias de dispersión), selección de hábitat o demografía, disponibles solo para un número muy limitado de especies. Algunas de estas metodologías, en gran parte basadas en el concepto de conectividad ecológica, podrían aplicarse de existir cartografía de corredores ecológicos bien establecida y aceptada a nivel estatal, que no es el caso. Sin embargo, sí es factible utilizar alguna de estas metodologías para el caso concreto de especies forestales. Esta situación ha obligado a desarrollar un índice que muestre las características del territorio en términos de valor natural y de su vulnerabilidad a perder la biodiversidad que alberga como consecuencia de los efectos de las infraestructuras lineales de transporte. Dicho índice, denominado Índice de vulnerabilidad biológica a las infraestructuras lineales de transporte, se compone de un conjunto de subíndices que se desarrollan a continuación y se muestran esquemáticamente en la Figura 3.1.

3.2.2 Resultados del índice y de sus componentes

Todos los subíndices que se detallan en los siguientes apartados (a-e) están escalados en valores de 0 a 50. Se ha generado un índice final como sumatorio de los valores de todos ellos, cuyos resultados se presentan cartografiados en la Figura 3.2. Como puede apreciarse en el mapa, se han identificado áreas de máxima vulnerabilidad a las infraestructuras lineales de transporte en todas las CC. AA., destacando amplias áreas de montaña y piedemonte en las Cordillera Cantábrica, Pireneos, Navarra media, sierras costeras mediterrá-

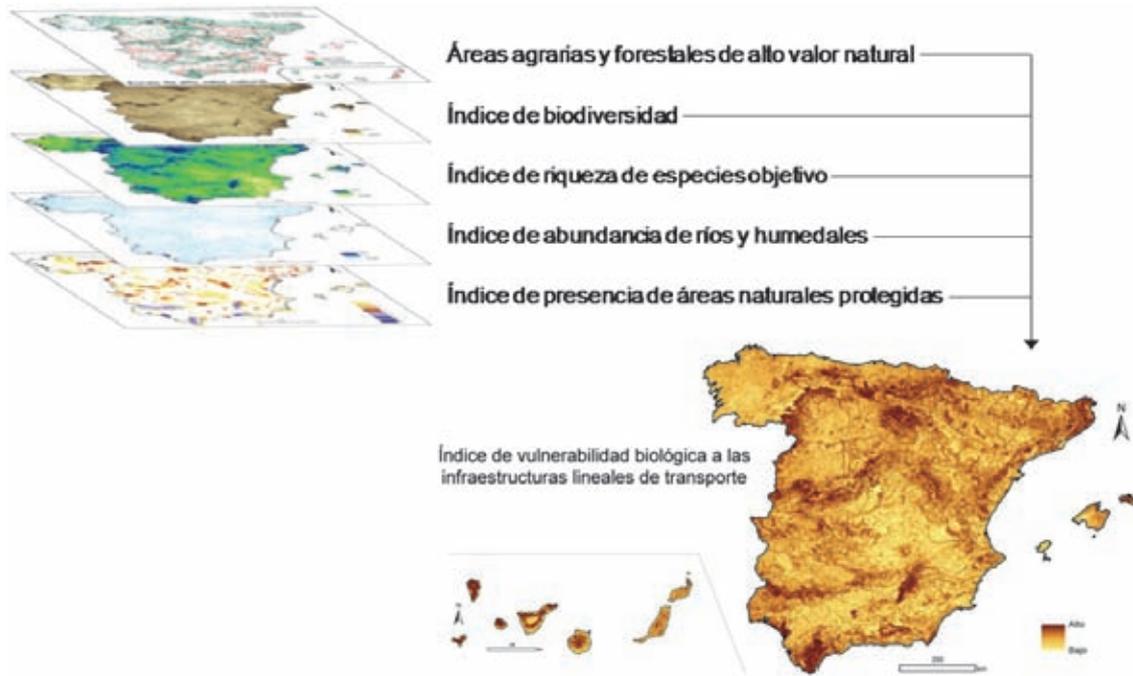


Figura 3.1. Representación esquemática del proceso de integración de información de subíndices parciales para generar un Índice de vulnerabilidad biológica a las infraestructuras lineales de transporte.

neas, Sistema Ibérico, Sistema Central, Sierra Morena y sierras de Cádiz y Málaga. Con valores máximos o altos aparece también el bajo Guadalquivir, algunas zonas de carácter estepario o agrario en el valle del Ebro, Extremadura, Castilla y León, Castilla-La Mancha y Andalucía, diversas zonas, en especial montañas en las Islas Canarias y Baleares, incluyendo la mayor parte del occidente de Menorca y la práctica totalidad de La Palma y El Hierro. El índice también destaca con valores altos las riberas de buena parte de la red hidrográfica estatal, los humedales más impor-

tantes en prácticamente todas las CC. AA. y algunas áreas costeras o esteparias de singular importancia para algunas especies que ocupan estos hábitats (véanse detalles para cada C. A. en las fichas del capítulo 6).

a) Áreas agrarias y forestales de alto valor natural

Se ha seleccionado esta cartografía (MARM 2011) por ser de reciente elaboración y por integrar, de forma espacialmente explícita, tanto la distribución de los dos grandes tipos de ecosistemas pre-

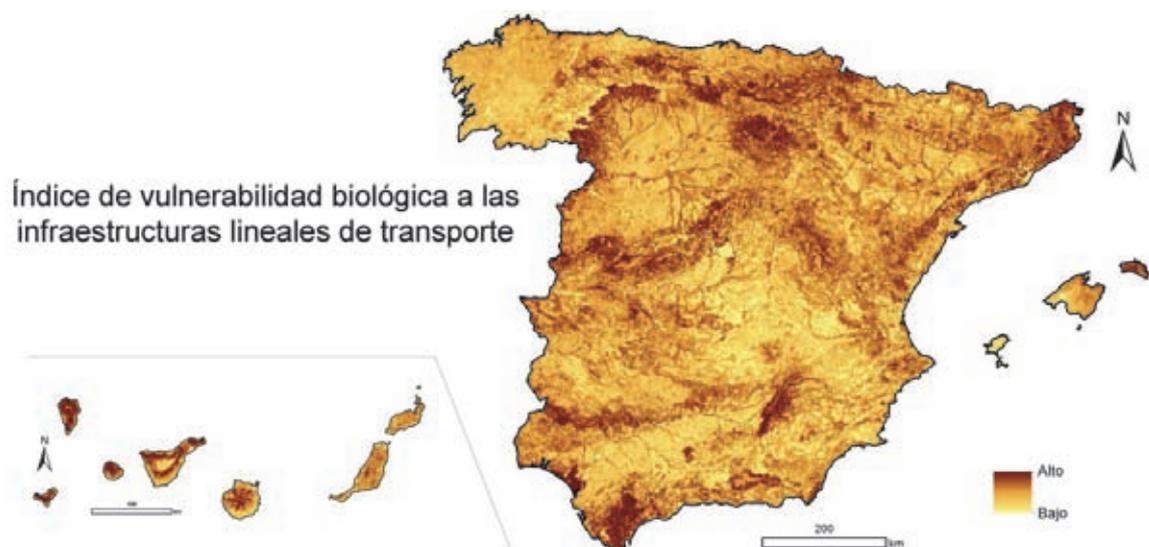


Figura 3.2. Cartografía del Índice de vulnerabilidad biológica a las infraestructuras lineales de transporte. Sumatorio de los valores de los índices presentados en las Figuras 3.3 a 3.7, reescalados entre 0 y 50. Véase anexo I para detalles sobre la metodología.

dominantes en el país como la biodiversidad que acogen, proporcionando, por tanto, una indicación de la importancia ambiental del territorio. En la Figura 3.3 se presentan las cartografías para el medio agrario y para el medio forestal reescaladas a valores entre 0 (mínimo valor natural) y 50 (máximo). Puede apreciarse que las áreas agrarias con máximo valor natural coinciden con zonas de montaña. Sin embargo, también se detectan diversas áreas agrarias con alto valor natural en zonas más bajas, de piedemonte o valle, de carácter más estepario, distribuidas por la mayor parte de las CC. AA., destacando algunas zonas amplias en Castilla y León, Aragón, Cantabria, País Vasco, NE de Cataluña, Comunidad Valenciana, Extremadura, Andalucía, Islas Baleares y las islas orientales del archipiélago canario. En cuanto a las áreas forestales con máximo valor natural, de nuevo coinciden en buena parte con áreas de montaña, destacando las amplias zonas en la Cordillera Cantábrica, Pirineos, sierras costeras del norte de Cataluña, norte del Sistema Ibérico, oeste del Sis-

tema Central, Sierra Morena oriental, Sierra Nevada y las sierras de Cádiz y Málaga.

b) Índice de biodiversidad

Dentro del amplio plantel de índices generados en la literatura científica de las últimas décadas para estimar la biodiversidad de un territorio determinado, se ha seleccionado el Índice de Biodiversidad de Rey Benayas y De la Montaña (2003), denominado índice combinado de biodiversidad. Dicho índice integra información sobre diversidad, rareza y vulnerabilidad de todos los vertebrados inventariados en España y se calcula según se detalla en el anexo I. Ha sido seleccionado por ser un índice que integra estos tres componentes de la biodiversidad y por haber sido ya ampliamente aceptado en la literatura científica y técnica. En la Figura 3.4 se presenta este índice cartografiado. Pueden apreciarse amplias zonas con máximo valor de este índice en la cara sur de la Cordillera Cantábrica, norte del Sistema Ibéri-

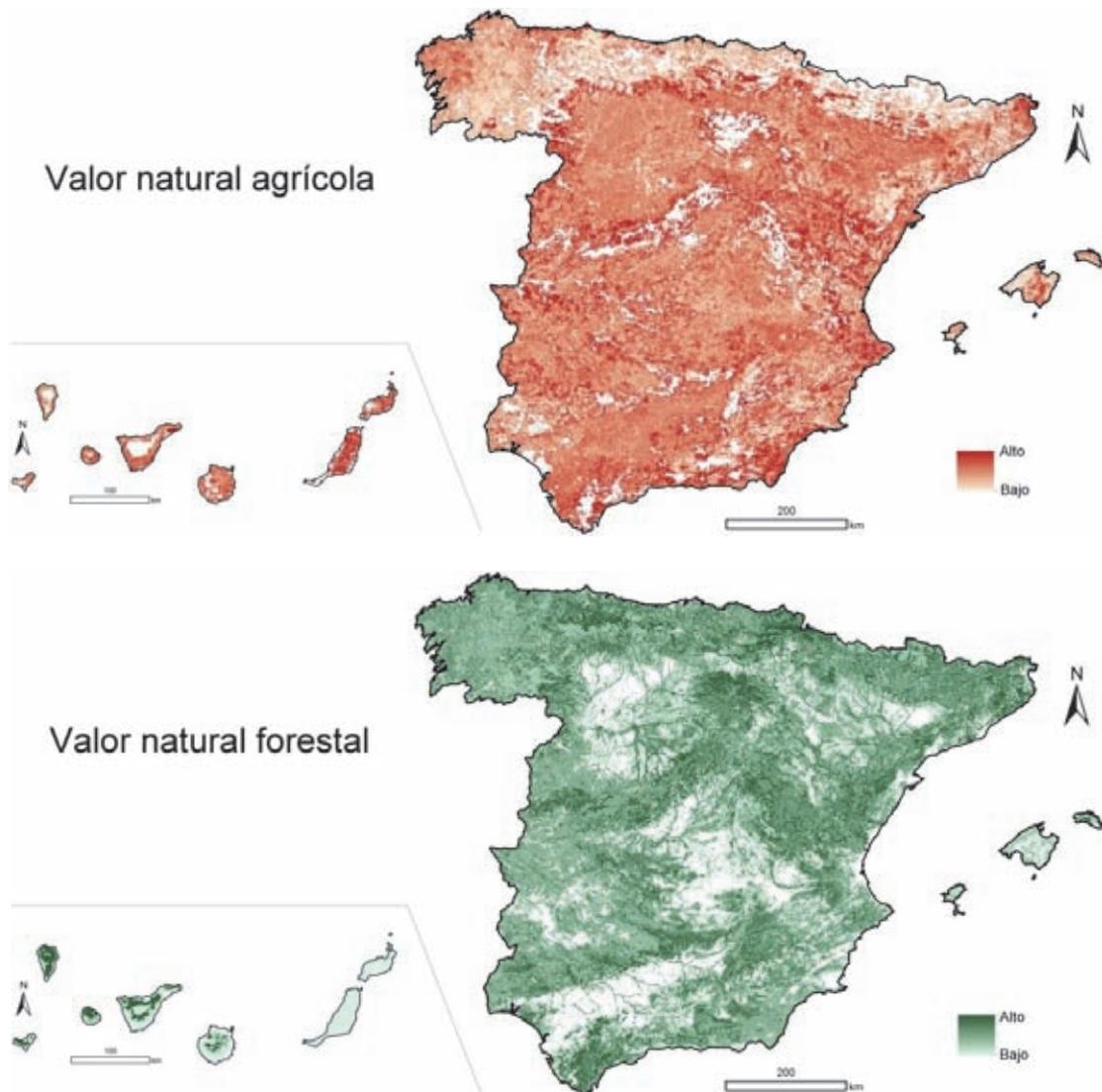


Figura 3.3. Cartografía de las áreas agrarias y forestales de alto valor natural (MARM 2011).

Índice de biodiversidad



Figura 3.4. Cartografía del Índice de biodiversidad. Basado en el *índice combinado de biodiversidad* (Rey Benayas y De la Montaña 2003). Véase anexo I para detalles sobre la metodología.

co, Sistema Central, País Vasco, sierras prepirenaicas, NE de Cataluña, Sierra Morena oriental, sierras subbéticas, Huelva, sierras de Cádiz y Málaga, SE peninsular, Menorca y buena parte de Mallorca e islas occidentales del archipiélago canario.

c) Índice de riqueza de especies objetivo respecto a las infraestructuras lineales de transporte

Para considerar la presencia de especies particularmente sensibles a los problemas inducidos por las infraestructuras viarias, incluyendo aquellas que potencialmente pueden causar accidentes graves, se ha generado un índice similar al anterior, pero considerando solo el grupo de especies detallado en el anexo I. En la Figura 3.5 se presenta este índice cartografiado. Puede apreciarse

que la distribución de áreas con máximo valor de este índice coincide en buena parte con las del índice de biodiversidad, aunque hay diferencias importantes en diversas zonas, en particular en Asturias (valores más altos en el índice de especies objetivo en el centro del territorio), Extremadura (aparecen con valores más altos en este índice varias zonas del norte, este y centro de Cáceres) y Andalucía (valores más altos en este índice en Sierra Morena, sierras costeras mediterráneas y valle del Guadalquivir).

d) Índice de abundancia de ríos y humedales

Se ha considerado la superficie ocupada por ríos y humedales dentro de cada cuadrícula, según la metodología detallada en el anexo I, para consi-

Riqueza de especies objetivo

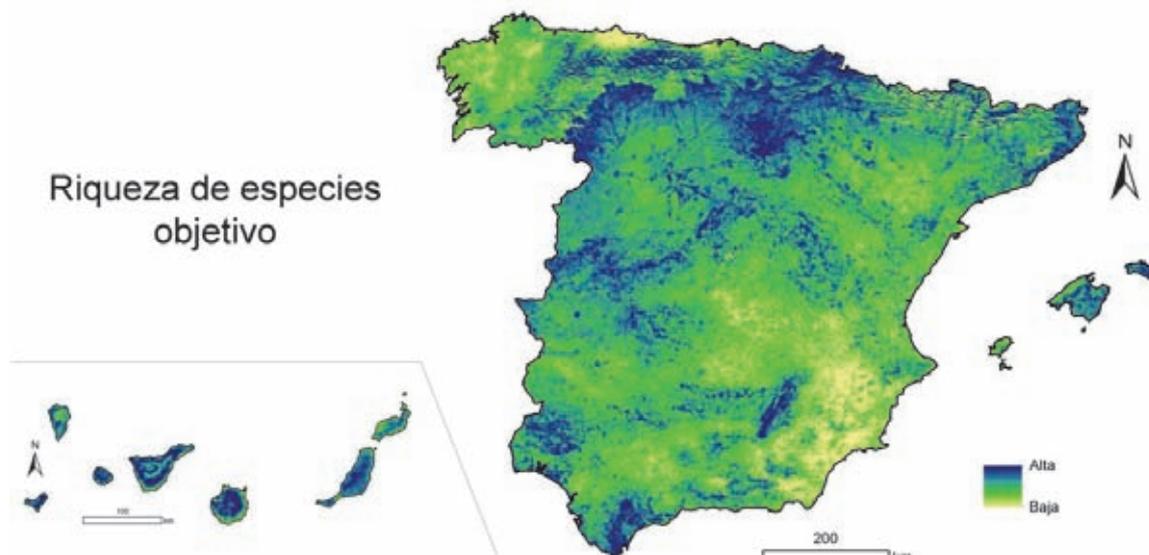


Figura 3.5. Cartografía del Índice de riqueza de especies objetivo respecto a las infraestructuras lineales de transporte.

derar la especial problemática asociada a las infraestructuras viarias que atraviesan ríos y humedales o sus inmediaciones, así como para dar peso a grupos zoológicos particularmente afectados por problemas de atropellos con distribución y abundancias asociadas total o parcialmente a medios acuáticos (anfibios, ofidios o quirópteros). Se presenta el índice cartografiado en la Figura 3.6. Se incluyen tanto ríos y humedales permanentes, como otros temporales, típicos de los ambientes mediterráneos.

e) Índice de presencia de áreas naturales protegidas

Se ha dado un valor a cada cuadrícula según el número de categorías de protección en el que está integrada, considerando todas las figuras usadas a nivel estatal o de CC. AA. presentes en la base de datos del MAGRAMA (Parques Nacionales, Red Natura 2000, Espacios Naturales Protegidos, humedales incluidos en el Convenio Ramsar y Reservas de la Biosfera). Se asignó un valor progresivo según aumentaba el número de categorías. El índice se muestra cartografiado en la Figura 3.7 y pueden consultarse los detalles de su elaboración en el anexo I.

3.3 Grado de fragmentación de hábitats: tamaño efectivo de malla

La identificación del grado de fragmentación del territorio es esencial para determinar las áreas donde aplicar medidas de desfragmentación. Para ello se ha utilizado el índice Tamaño efectivo de malla (MARM 2010) que ha sido ya utilizado para realizar dicho cálculo a nivel europeo (Jaeger 2000) y ha sido adoptado como índice ambiental

de referencia dentro del Conjunto Básico de Indicadores de la AEMA (Agencia Europea de Medio Ambiente) (MMA 2006b, Jaeger *et al.* 2011). Para la aplicación de este índice (véanse detalles de cálculo en anexo I) se ha considerado que las montañas no debían ser tratadas como un elemento fragmentante como consideran Jaeger *et al.* (2011), habida cuenta de su extensión por todo el territorio de España, la gran biodiversidad que albergan y su vulnerabilidad a las infraestructuras lineales de transporte. Por otra parte, si bien es cierto que las grandes cadenas montañosas pueden funcionar como barreras efectivas para buena parte de la fauna, no tanto es así con los macizos montañosos de altura moderada, que son los que predominan en la geografía ibérica. Este cambio metodológico explica algunas diferencias en los resultados de este trabajo con respecto a los del autor citado (véase Tabla I.6 en anexo I). En la elaboración del índice no se han considerado los túneles como elementos fragmentantes, al ser estructuras que no causan fragmentación efectiva de los hábitats (Jaeger *et al.* 2011), es decir, los tramos de vías de transporte en túneles se han eliminado de la cartografía de elementos fragmentantes que se ha usado para calcular el índice. Sin embargo, los viaductos se consideran como cualquier otro tramo de carretera o vía de ferrocarril, ya que dependiendo de sus características estructurales (como altura y emplazamiento de las pilas, presencia o tipo de pantallas laterales, etc.), los viaductos pueden ser desde elementos que no causan fragmentación en absoluto (por ejemplo, viaductos altos y largos que permiten perfectamente el tránsito de fauna por debajo) hasta elementos de la carretera con efectos particularmente negativos sobre la fauna (por ejemplo viaductos de baja altura sobre humedales, donde puede haber una alta mortalidad de fauna por colisión con las pantallas latera-



Figura 3.6. Cartografía del Índice de abundancia de ríos y humedales.

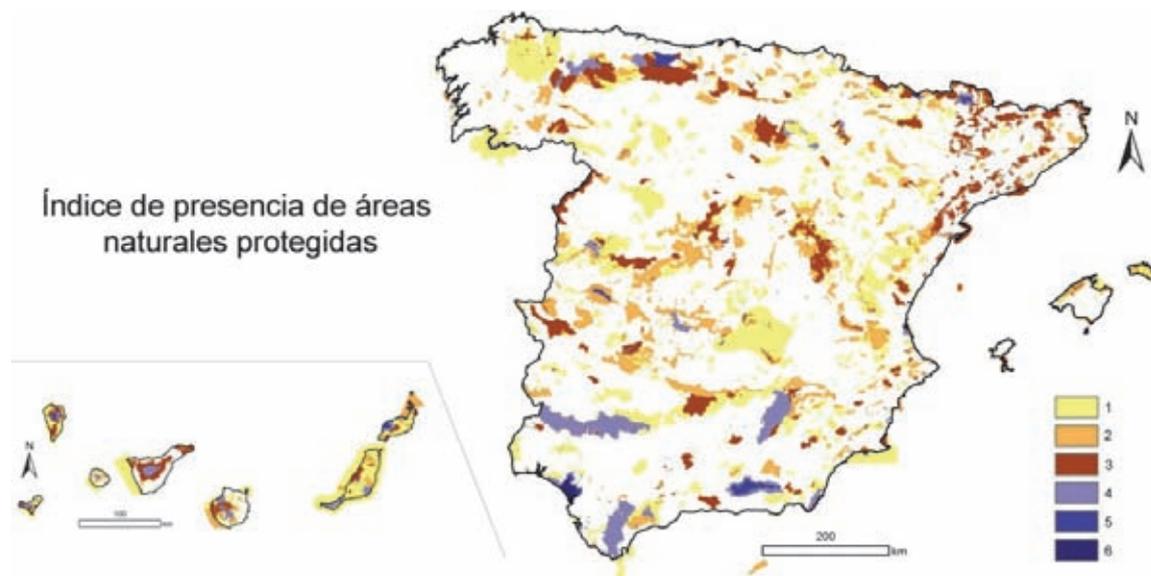


Figura 3.7. Cartografía del Índice de presencia de áreas naturales protegidas. Se han considerado todas las figuras de protección incluidas en la base de datos del MAGRAMA. Se representan también los espacios protegidos transfronterizos (compartidos con Marruecos y Portugal) y marinos (aunque estos últimos no sean afectados por vías de transporte, y por tanto no se han considerado en los análisis).

les). Puesto que no se disponía de información georreferenciada para identificar los viaductos que podrían considerarse como tramos de vía que no causan fragmentación, se optó por incluirlos todos como elementos fragmentantes. Es muy importante tener en cuenta este detalle metodológico a la hora de interpretar los resultados finales, ya que entre las cuadrículas que se han identificado como prioritarias para aplicar medidas de desfragmentación podrían encontrarse tramos de vías sobre viaductos que no necesiten de ningún tipo de actuación.

Los grandes desfiladeros también podrían considerarse barreras para determinado tipo de fauna, sin embargo estas formaciones geológicas suelen ir asociadas a ríos, cuyos fondos de valle pueden ser considerados, por el contrario, como corredores ecológicos para múltiples especies. Dada esta dualidad, no se han considerado estas formaciones como elementos fragmentantes.

El mapa de la Figura 3.8 es muy similar al presentado en la obra de referencia a nivel europeo sobre fragmentación de hábitats por infraestructuras lineales de transporte (Jaeger *et al.* 2011). España es uno de los países de la UE en el que aún quedan mayores superficies con un bajo grado de fragmentación (alto tamaño efectivo de malla), destacando amplias áreas de la provincia de Ourense, Montes de León, Cordillera Cantábrica, Pirineos y sierras prepirenaicas, áreas esteparias del valle del Ebro, sierras costeras de Tarragona, sierras occidentales de Valencia, Sierra de la Demanda, Picos de Urbión, Moncayo, Sierra de Ayllón, Sierra de Ávila, Sierra de Francia y Batuecas,

Gredos y Valle alto del Tietar, Montes de Toledo, Alto Tajo y Serranía de Cuenca, Valle medio del Guadiana, Las Villuercas, Sierra Morena oriental, sierras béticas y subbéticas, Cabo de Gata, Sierra de Cádiz, Doñana, Sierra de la Tramuntana y costa oriental de Mallorca. Hay notables variaciones en el grado de fragmentación del territorio según CC. AA., desde Galicia con máximo grado de fragmentación en la mayor parte del territorio, hasta Pirineos o Andalucía, donde se concentra buena parte de la superficie con grado de fragmentación mínimo. Estas zonas con grado de fragmentación relativamente bajo serían áreas prioritarias a preservar de nueva fragmentación, o bien en las que aplicar medidas de desfragmentación para reducir los impactos derivados de vías de transporte que pudieran detectarse (alta incidencia de atropellos, o accidentes con animales, déficit de conectividad entre hábitats clave u otros) especialmente en aquellas cuadrículas que muestren un mayor índice de vulnerabilidad biológica a las infraestructuras lineales de transporte.

3.4 Densidad de red de infraestructuras lineales de transporte

Se ha utilizado el indicador Superficie ocupada por las infraestructuras de transporte (MARM 2010) dado que se comporta de forma complementaria al indicador Tamaño efectivo de malla y puede calcularse con los datos disponibles. Para su uso en los modelos se ha asignado valor 0 a las cuadrículas que no están directamente

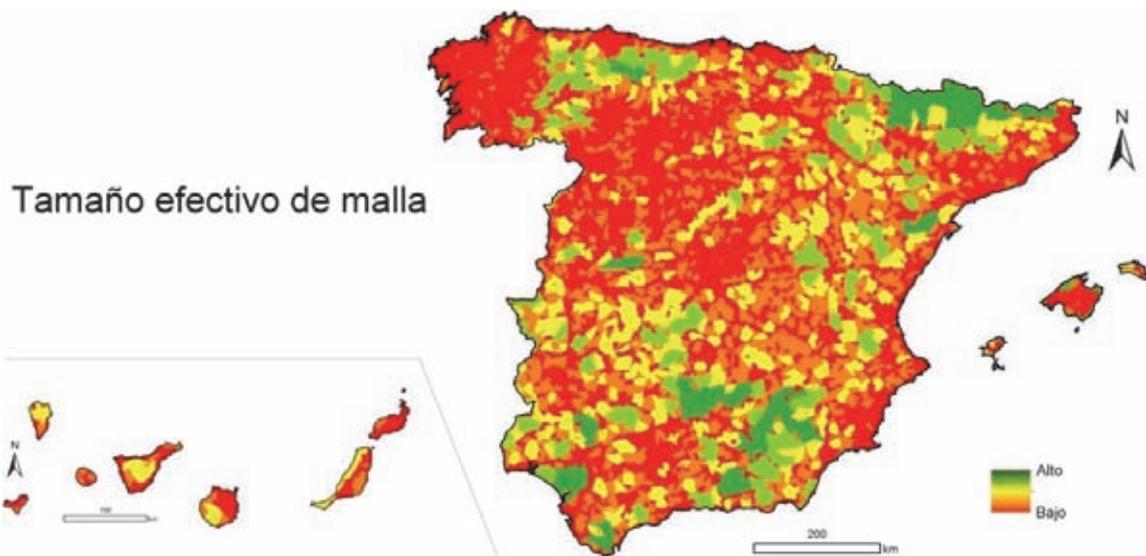


Figura 3.8. Cartografía del índice tamaño efectivo de malla (Jaeger 2000, Moser *et al.* 2007). Altos valores de tamaño de malla indican un bajo grado de fragmentación.

afectadas por este tipo de infraestructuras, es decir, que no contienen en su interior ningún tramo de carretera o vía de ferrocarril. Tampoco se han considerado los tramos de vías que discurren bajo túnel, dado que no afectan realmente al hábitat que atraviesan, pero sí los tramos elevados por las mismas razones expuestas anteriormente (véase anexo I para más detalles metodológicos).

Este indicador y el indicador tamaño efectivo de malla reflejan realidades muy distintas a la escala en la que se ha elaborado el modelo. Una cuadrícula puede encontrarse en un gran espacio natural protegido con un bajo grado de fragmentación global, pero estar atravesada por la única carretera de primer orden de la región (alto tamaño efectivo de malla y densidad relativamente alta de infraestructuras). O por el contrario, una

cuadrícula cercana a un pequeño espacio natural protegido en una zona muy humanizada puede estar en un territorio muy fragmentado y estar atravesada por una carretera similar (la misma densidad de infraestructuras pero con un tamaño efectivo de malla muy bajo; véanse ejemplos en la Figura 3.9). En ambos casos la vulnerabilidad biológica del espacio protegido podría tener valores similares, pero la realidad respecto a fragmentación y densidad de infraestructuras sería muy diferente.

En la Figura 3.10 se presenta la cartografía de este índice. Como era de esperar, muestra valores máximos en el entorno de las grandes urbes y corredores de transporte principales. El 35% de las cuadrículas tienen densidad de vías de transporte superior a 0, es decir, contienen al menos algún tramo de carretera o vía de ferrocarril. Es im-

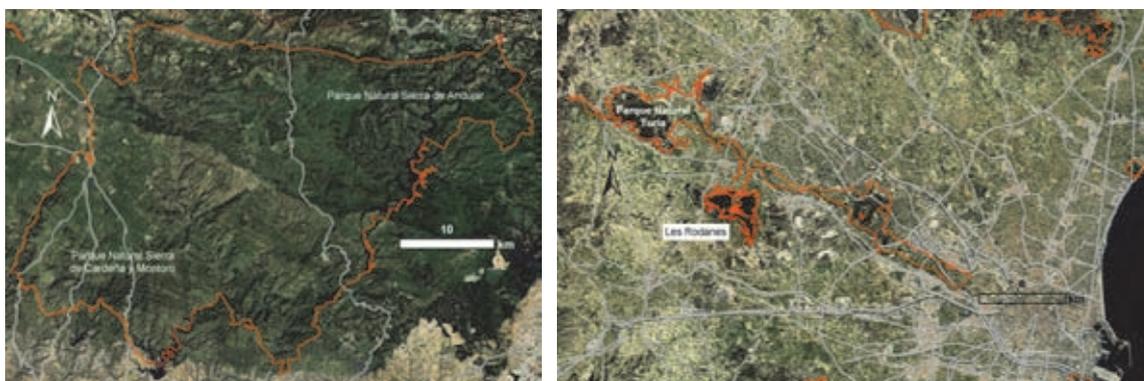


Figura 3.9. Ejemplos de zonas naturales en las que puede haber cuadrículas con similar densidad de infraestructuras viarias (las atravesadas por carreteras de similares características) y de índice de vulnerabilidad biológica a las infraestructuras lineales de transporte, pero con tamaño efectivo de malla muy alto (arriba, sierras de Andújar, Cardena y Montoro, Sierra Morena, Andalucía) o muy bajo (abajo, áreas naturales protegidas cerca de la ciudad de Valencia). Estas figuras también pueden servir de ejemplo para entender los índices de patrimonio natural poco o muy fragmentado, que se describen en el siguiente apartado.

portante precisar que no se han considerado las carreteras locales (no incluidas en la base de datos disponible, véase anexo I), por lo que este porcentaje deber ser sin duda algo superior. Puesto que las carreteras locales o pistas forestales pueden ser también fuente de efectos negativos sobre la fauna, incluso particularmente importante (por ejemplo, buena parte de los linces ibéricos mueren atropellados en este tipo de vías), los modelos pueden mejorarse en el futuro considerando estas vías de transporte. Además, dada la versatilidad que ofrecen los modelos para

incorporar información adicional, es particularmente recomendable que se consideren este tipo de vías, siempre que se disponga de una cartografía completa a nivel territorial amplio (para evitar sesgos indeseados en la identificación de vías prioritarias), como de hecho ocurre en varias CC. AA. La selección de cuadrículas prioritarias omite con seguridad aquellas en las que existen carreteras locales o pistas forestales conflictivas, en particular en aquellos territorios donde abundan (como pueden ser el entorno del Parque Nacional de Doñana o Galicia).

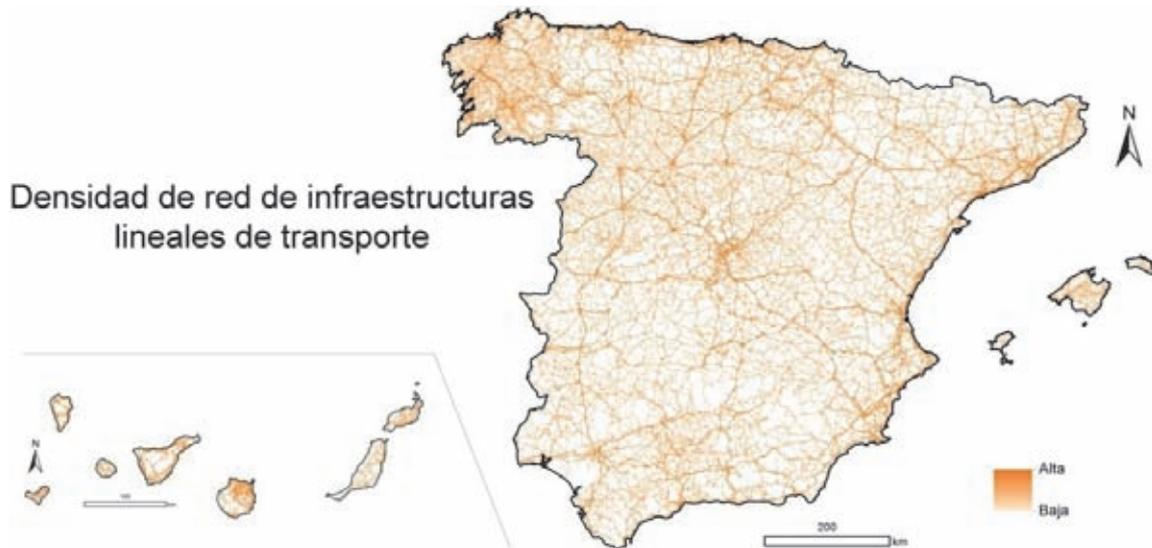


Figura 3.10 Cartografía del índice de densidad de red de infraestructuras lineales de transporte.

4

Modelos de áreas prioritarias a desfragmentar

1

Presentación

2

Conceptos básicos

3

Metodología general para la identificación de áreas a desfragmentar. Resultados de los índices de base

4

Modelos de áreas prioritarias a desfragmentar

5

Criterios complementarios para priorizar las áreas a desfragmentar

6

Fichas descriptivas de las áreas prioritarias a desfragmentar por CC. AA.

7

Anexos

4.1 Elaboración de los índices de prioridad de mitigación de efectos de vías de transporte

Se han integrado los índices de vulnerabilidad biológica a las infraestructuras lineales de transporte, tamaño efectivo de malla y densidad de red de infraestructuras lineales de transporte en dos modelos sencillos cuyo fundamento se explica a continuación. El resultado de estos modelos son los dos índices de prioridad de mitigación de los efectos de vías de transporte con los que se han identificado las principales áreas a desfragmentar a nivel estatal y autonómico.

En la Tabla 4.1 se muestran los valores medios y desviaciones típicas de los tres índices que se han integrado en los modelos. En la Tabla II.1 (véase anexo II) se han incluido también todos los valores de los índices en cada C. A.

De la inspección de las distribuciones de frecuencias de estos tres índices, de sus análisis de correlación y de los gráficos de dispersión de estas correlaciones (véase apartado I.4 del anexo I) se han obtenido las siguientes conclusiones:

- Respecto a la vulnerabilidad biológica a las infraestructuras lineales de transporte:

- Hay un número relativamente reducido de cuadrículas con alto valor.
- Tiende a ser mayor en cuadrículas con baja densidad de red de infraestructuras lineales de transporte y alto tamaño efectivo de malla (baja fragmentación).
- Hay un número reducido de cuadrículas con alto valor de vulnerabilidad biológica a las

infraestructuras lineales de transporte y densidad de red de infraestructuras lineales de transporte media o media-alta.

- En conjunto, las cuadrículas con alto valor de vulnerabilidad biológica a las infraestructuras lineales de transporte se concentran sobre todo en los valores extremos de tamaño de efectivo de malla (máximos o mínimos).

- Respecto al tamaño efectivo de malla:

- Más del 50% del territorio tiene un bajo tamaño efectivo de malla (alto grado de fragmentación de hábitats).

- Hay un número reducido de cuadrículas con grado de fragmentación mínimo agrupadas en un número también limitado de grandes áreas poco fragmentadas (véase también la Figura 3.8).

- El número de cuadrículas con grado de fragmentación medio es relativamente bajo.

- Hay una gran diversidad territorial en tamaño efectivo de malla (véase también apartado 3.3 y Figura 3.8).

- Respecto a la densidad de red de infraestructuras lineales de transporte:

- El 65% de las cuadrículas tienen valor 0, es decir no contienen infraestructuras lineales de las tipologías incluidas en la capa utilizada en el análisis (BCN200, véase Tabla I.5 anexo I).

- Hay un número relativamente elevado de cuadrículas con valores bajos y un número escaso con valores altos.

- Aunque tienden a coincidir las áreas con alta densidad de red de infraestructuras lineales de transporte y bajo tamaño efectivo de malla (véanse también Figuras 3.8 y 3.9), en realidad

Tabla 4.1. Valores medios estatales y desviaciones típicas de los tres índices usados para construir los modelos para la identificación de áreas a desfragmentar en España. Todos ellos fueron reescalados linealmente a valores entre 0 y 50.

Índice	Media \pm desviación estándar
Grado de vulnerabilidad biológica a las infraestructuras lineales de transporte	21,20 \pm 5,73
Grado de fragmentación de hábitats: tamaño efectivo de malla	2,65 \pm 5,88
Densidad de red de infraestructuras lineales de transporte	2,16 \pm 4,16

hay cuadrículas con alta densidad de red de infraestructuras lineales de transporte en todo el rango de tamaño efectivo de malla.

A partir de estos resultados, considerando que es más importante desarrollar acciones de conservación en áreas de alta vulnerabilidad a las infraestructuras lineales de transporte y con alto tamaño efectivo de malla, y conociendo que los efectos negativos de la fragmentación serán mayores cuanto mayor sea la densidad de red de infraestructuras lineales de transporte, se infieren los siguientes criterios para identificar las áreas a desfragmentar:

- Priorizar las áreas con máximos valores de vulnerabilidad biológica a las infraestructuras lineales de transporte.
- Detectar las cuadrículas con máximo valor de vulnerabilidad biológica a las infraestructuras lineales de transporte dentro del amplio conjunto de cuadrículas con bajo tamaño efectivo de malla o alta densidad de red de infraestructuras lineales de transporte.
- Considerar prioritarias tanto áreas con valores máximos de tamaño efectivo de malla, como las que tengan valores mínimos (siempre que tengan valores altos en el índice de vulnerabilidad), mientras que los valores intermedios de tamaño efectivo de malla serían menos relevantes.
- Priorizar situaciones con alta densidad de red de infraestructuras lineales de transporte en áreas con diferente tamaño efectivo de malla y alta vulnerabilidad biológica a las infraestructuras lineales de transporte
- Identificar las cuadrículas con valores más altos de densidad de red de infraestructuras lineales de transporte dentro de las áreas con máxima vulnerabilidad biológica frente a estas vías y alto tamaño efectivo de malla.

De acuerdo con estos criterios y la diversidad de situaciones detectadas, los índices anteriores se han combinado de la siguiente manera:

INDICES DE PRIORIDAD DE MITIGACIÓN DE EFECTOS DE VÍAS DE TRANSPORTE:

En áreas con PATRIMONIO NATURAL POCO FRAGMENTADO:

Vulnerabilidad biológica a las infraestructuras lineales de transporte x (Densidad de red de transporte)² x Tamaño efectivo de malla

En áreas con PATRIMONIO NATURAL MUY FRAGMENTADO:

(Vulnerabilidad biológica a las infraestructuras lineales de transporte)² x Densidad de red de transporte/Tamaño efectivo de malla

Con el índice de patrimonio natural poco fragmentado se pretende identificar, dentro del amplio conjunto de cuadrículas en áreas con bajo grado de fragmentación y alta vulnerabilidad, aquellas con mayor densidad de infraestructuras (véase ejemplo en Figura 3.9). Por el contrario, con el índice de patrimonio natural muy fragmentado se pretende identificar, dentro del también amplio conjunto de cuadrículas en áreas con alto grado de fragmentación y alta densidad de infraestructuras, aquellas con valores de vulnerabilidad particularmente altos (véase ejemplo en Figura 3.9). Este último índice puede tener el problema de identificar como prioritarias áreas ya fuertemente urbanizadas. De hecho, en una primera evaluación de su validez se detectó que había un conjunto de poco más de 100 cuadrículas que tenían más del 60% del territorio urbanizado. Por tanto, en el modelo final solo se han considerado cuadrículas con menos del 60% de su superficie urbanizada.

Idealmente, los índices de prioridad de mitigación de efectos de vías de transporte deberían tener distribuciones de frecuencias muy sesgadas a la izquierda (por combinación de múltiples criterios), con una “cola” que contendría un conjunto poco numeroso de cuadrículas con los máximos valores, presumiblemente agregadas en el espacio. Esto facilitaría la identificación de áreas prioritarias.

4.2 Resultados de los modelos de prioridad de mitigación de efectos de vías de transporte

En la Tabla 4.2 se presentan los valores medios y desviaciones típicas de los dos índices de patrimonio natural que han generado los dos modelos, cuya representación cartográfica se presenta en las Figuras 4.2 y 4.3. En la Tabla II.1 (véase anexo II) se han incluido también todos los valores de los índices en cada C. A.

Puede apreciarse que, como era de esperar dada la gran diversidad territorial en los componentes de estos índices (vulnerabilidad biológica a las infraestructuras lineales de transporte, tamaño efectivo de malla y densidad de red de infraestructuras lineales de transporte), hay también una gran diversidad en la distribución geográfica de áreas prioritarias. Puesto que los dos índices reflejan situaciones muy distintas, prácticamente opuestas en lo que se refiere a grado de fragmentación de

MODELOS APLICADOS PARA LA IDENTIFICACIÓN DE ÁREAS A DESFRAGMENTAR

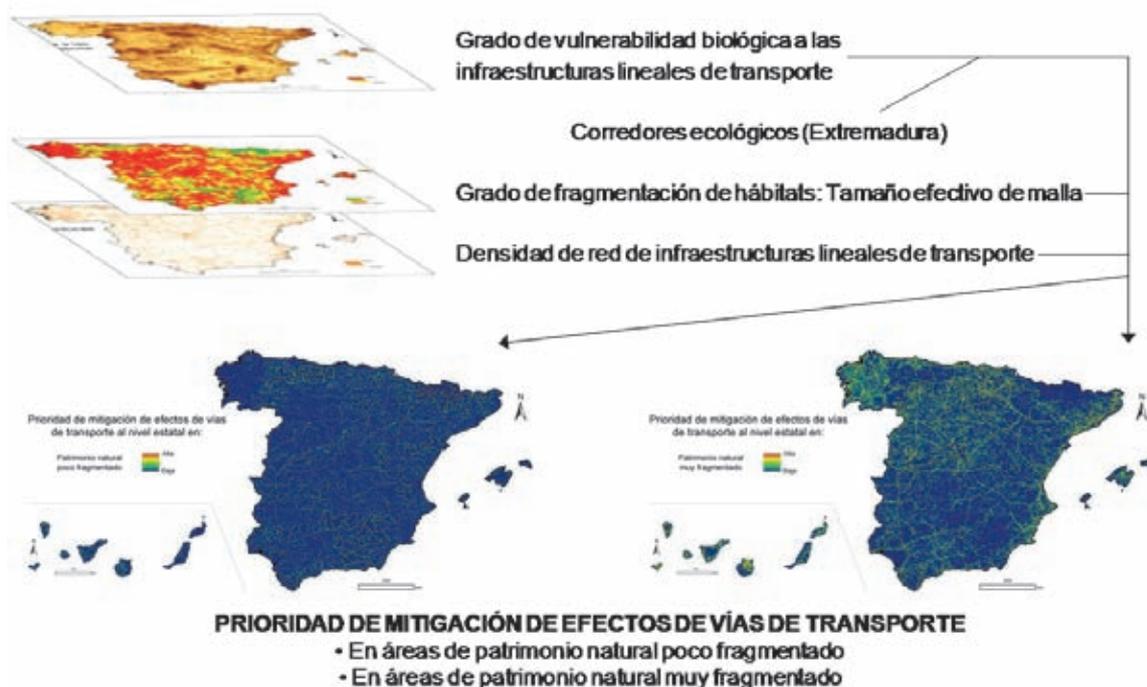


Figura 4.1. Representación esquemática del procedimiento de elaboración del modelo de áreas a desfragmentar a nivel estatal. Extremadura es la única C. A. que ha aportado información cartográfica sobre los corredores ecológicos definidos para su territorio y se han considerado complementando el Índice de Vulnerabilidad.

Tabla 4.2. Valores medios estatales y desviaciones típicas de los índices de prioridad de mitigación de efectos de vías de transporte. Los dos índices fueron reescalados linealmente a valores entre 0 y 50.

Índice	Media \pm desviación estándar
Patrimonio natural poco fragmentado	0,03 \pm 0,22
Patrimonio natural muy fragmentado	0,53 \pm 1,32

hábitats, su distribución es altamente divergente (predomina uno u otro según el área concreta). Es de destacar también el gran desequilibrio en el número de cuadrículas con valores altos identificadas en cada territorio, desde zonas con una alta concentración, hasta amplios espacios donde apenas se han identificado cuadrículas con altos valores en estos índices. En consecuencia, hay una distribución muy desequilibrada de cuadrículas con altos valores entre CC. AA.

El índice para áreas con patrimonio natural poco fragmentado (Figura 4.2) identifica como cuadrículas con alto valor, por tanto alta prioridad, un amplio conjunto de territorios por los que discurren vías de gran capacidad y carreteras convencionales de calzada única en áreas montañas y de piedemonte, en especial de la Cordillera Cantábrica y Pirineos, pero en general en todas las CC. AA. y, en menor medida en áreas de llanura, costeras y humedales, debido a que las áreas con baja fragmentación coinciden en gran parte con las montañas (véase

Figura 3.8). Este índice puede considerarse también un buen indicador de la presencia de áreas sin carreteras (altos valores del índice en las carreteras del entorno de estas áreas) o aún poco afectadas por el desarrollo de la red viaria. Sin embargo, como se detalla en las fichas por CC. AA. (capítulo 6), es posible que buena parte de estas vías no requieran ninguna acción de desfragmentación, en particular las carreteras convencionales de calzada única en áreas montañosas, ya que pueden ser infraestructuras bien integradas en su entorno natural, con bajo volumen de tráfico y con viaductos que mitigan su posible efecto barrera en la fauna. Es por tanto posible que buena parte de ellas no causen ni efecto barrera importante, ni alta mortalidad por atropello, ni tengan otros efectos negativos apreciables. Sin embargo, en otros casos estas carreteras pueden tener puntos negros de atropello importantes, de hecho, concentran un alto porcentaje de la siniestralidad con fauna silvestre, en particular si se tiene en cuenta su previsible bajo volumen de tráfico (véase apar-

tado 5.2). Por tanto, parece aconsejable priorizarlas en función de la presencia de accidentes con fauna silvestre o de presencia de conectores forestales importantes (véase siguiente apartado).

En cuanto al índice de patrimonio natural muy fragmentado, identifica primariamente grandes corredores de vías de transporte en CC. AA. o regiones humanizadas con alto nivel de fragmentación (Galicia, País Vasco, costa mediterránea, principales vías de comunicación en Castilla y León o entorno de grandes ciudades). Aunque en la elaboración del índice se han eliminado las cuadrículas con un nivel de urbanización superior al 60% aún es posible identificar algunas cuadrículas en medios altamente urbanizados, donde es posible que ya no merezca la pena desarrollar acciones de desfragmentación. En particular, se han identificado algunas cuadrículas en medio urbano que contienen amplios meandros de ríos, que sin duda habría que descartar como áreas prioritarias a desfragmentar. Por otra parte, la identificación de vías de transporte en el entorno de los grandes núcleos urbanos como áreas prioritarias a desfragmentar no deja de ser una realidad geográfica con sentido biológico, puesto que el medio natural claramente se fragmenta hacia el entorno de las grandes urbes, y puede ser interesante facilitar la permeabilidad de vías entre manchas de hábitats de interés situadas en zonas periurbanas y las grandes masas naturales más periféricas, en especial cuando los planes de ordenación territorial, el estatus especial o alguna figura de protección garantice la conservación de esas áreas naturales periurbanas (buenos ejemplos pueden ser el Monte de El Pardo en Madrid o Collserola en Barcelona). Pero hay cuadrículas en las carreteras de circunvalación del entorno de las ciudades que, sin estas garantías de conservación del medio natural remanente, pueden no ser adecuadas para aplicar medidas a desfragmentar. Por otra parte, el índice de patrimonio natural muy fragmentado ha sido exitoso identificando infraestructuras viarias donde puede ser crítico actuar para mantener la funcionalidad ecológica de áreas naturales importantes, de tamaño reducido y acosadas por el desarrollo urbano (por ejemplo diversos espacios naturales en las costas cantábrica y mediterránea, las áreas naturales protegidas afectados por grandes autovías en el norte de Madrid o el entorno de humedales en las costas de Huelva, Cádiz y Mallorca). También identifica tramos largos de vías en los grandes corredores de infraestructuras de transporte que pueden estar causando un importante efecto barrera a gran escala (por ejemplo, el corredor del Ebro, el corredor mediterráneo, tramos de líneas de alta velocidad (en

adelante LAV) y las principales autovías radiales del Estado (A-1 a A-6).

Ambos índices tienden a identificar cuadrículas con nudos viarios complejos o confluencias de varias vías de transporte, así como tramos con dos o más vías paralelas a corta distancia, dado que estas situaciones incrementan el valor del índice de densidad de red de infraestructuras lineales de transporte. Esta identificación tiene sentido biológico, puesto que esta acumulación espacial de vías puede incrementar el efecto barrera o el riesgo de atropellos, en mayor medida que una sola vía. Aunque estos nudos viarios no son los lugares más adecuados para establecer medidas de permeabilización, sí puede indicar que cerca de esa encrucijada puede ser interesante aplicarlas, o bien puede interesar evaluar la necesidad de aplicar otras medidas.

A falta de un trabajo de validación de los resultados aquí presentados, que se escapa al objetivo de este trabajo, y que requeriría investigación o información adicionales, hay algunos elementos que sugieren que ambos índices han tenido éxito real en la identificación de áreas prioritarias:

- Identifican como prioritarias cuadrículas en vías de transporte o áreas naturales que podía sospecharse a priori que debían identificarse como tal, como las carreteras del entorno de Doñana y otros humedales importantes, varias carreteras en el entorno del Parque Natural de la Sierra de Andújar, donde se encuentra uno de los principales núcleos poblacionales de lince ibérico, la carretera de Castilla-La Mancha entre San Lorenzo de Calatrava y el Viso del Marqués donde han muerto dos lince atropellados entre 2011 y 2013, buena parte de la LAV y carretera Ciudad Real-Córdoba que atraviesa amplias zonas de alto valor natural con presencia de lince ibérico, las carreteras del entorno del El Pardo y el Soto de Viñuelas en la Comunidad de Madrid, carreteras en zonas de alto valor ambiental de Extremadura o carreteras en zonas oseras de la Cordillera Cantábrica.
- Identifican como prioritarias vías de transporte donde ya se habían desarrollado actuaciones de desfragmentación, bien en la fase de construcción, bien en la de funcionamiento de la vía, por haberse comprobado efectos negativos de la vía o considerarse que atravesaba áreas sensibles donde se debía mitigar el problema de fragmentación de hábitats (carreteras del entorno de Doñana, autovía Jerez-Los Barrios, autovía Pamplona-Yesa, autopista R-2 en la Comunidad de Madrid, y carreteras en el entorno de la Albufera de Valencia, Aiguamolls de l'Empordà y Les Gavarres en Girona).

En todo caso, los resultados anteriores deberían validarse mediante estudios más detallados, para identificar con mayor precisión los lugares concretos de actuación. Ello es particularmente necesario debido a que la escala a la que se desarrolla este estudio no ha permitido considerar la existencia de estructuras que facilitan la permeabilidad como los pasos de fauna, que por otra parte, no están aún cartografiadas a nivel estatal.

Por último, de la comparación de los mapas presentados en las Figuras 4.2 y 4.3 con el mapa del

índice de vulnerabilidad biológica a las infraestructuras lineales de transporte (Figura 3.2), se deduce fácilmente que hay amplias áreas con valores altos en el índice de vulnerabilidad no ocupadas actualmente por vías de transporte, lo que realza la posible utilidad del índice como guía para preservar estas áreas de nueva fragmentación por infraestructuras de transporte, para optimizar la selección de trazado minimizando la ocupación en las cuadrículas con mayores valores, o para asegurar que este se produzca con particular atención al problema de fragmentación de hábitats.

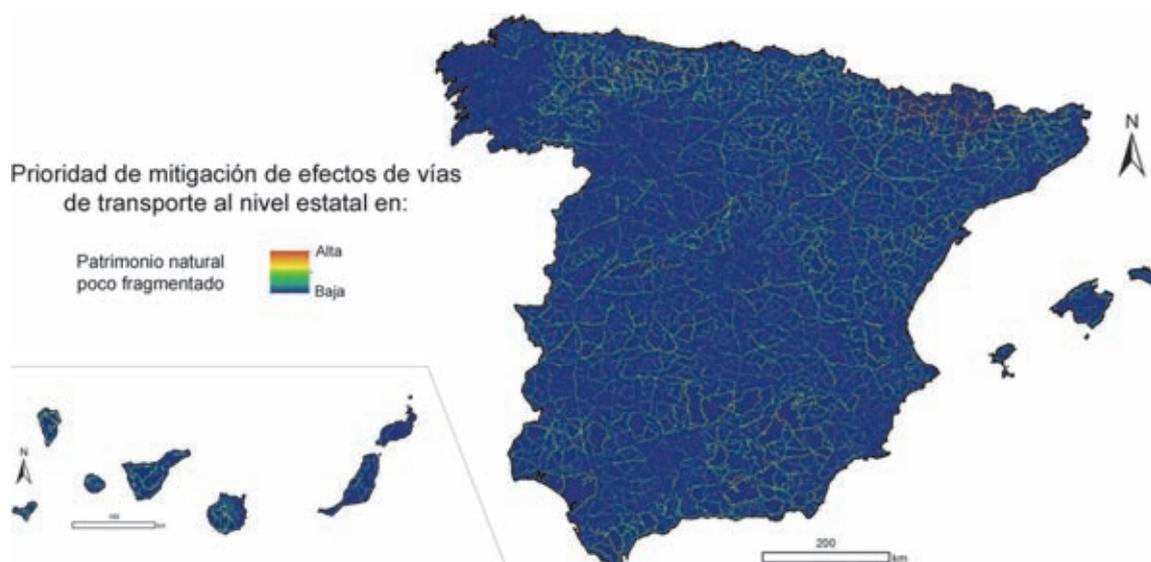


Figura 4.2. Cartografía del índice de patrimonio natural poco fragmentado, resultado de la fórmula: Vulnerabilidad biológica a las infraestructuras lineales de transporte x (Densidad de red de infraestructuras lineales de transporte)² x Tamaño efectivo de malla.

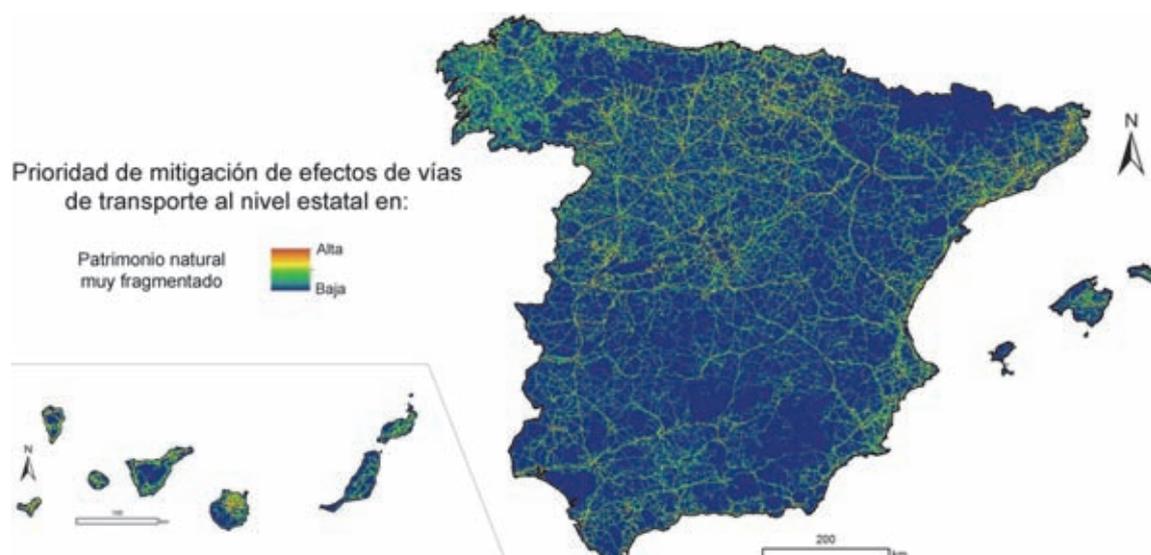


Figura 4.3. Cartografía del índice de patrimonio natural muy fragmentado, resultado de la fórmula: (Vulnerabilidad biológica a las infraestructuras lineales de transporte)² x Densidad de red de infraestructuras lineales de transporte/ Tamaño efectivo de malla.

4.3 Método de selección a nivel estatal y autonómico de las áreas a desfragmentar

Los modelos presentados en las Figuras 4.2 y 4.3 asignan un valor en cada uno de los dos índices de patrimonio natural a cada cuadrícula UTM de 1 km², y en la mayor parte de ellas el valor es nulo, ya que no contienen infraestructuras viarias de las tipologías incluidas en la capa que se ha utilizado para el análisis (BCN200, véase Tabla I.5 anexo I; el color azul oscuro dominante en los mapas) o bajo, ya que se pretendía generar índices con distribución de frecuencias sesgada, lo que permitiría seleccionar con mayor confianza un conjunto limitado de cuadrículas con valores altos que integren el conjunto de áreas a desfragmentar a nivel estatal. Aunque el análisis de identificación de áreas a desfragmentar se debe aplicar a escala de todo el territorio español, uno de los criterios para priorizar las áreas debe ser por fuerza atender a la amplia diversidad espacial en los dos índices considerados y por ello se ha realizado un ejercicio de evaluación a nivel de cada C. A., atendiendo a sus peculiaridades en los tres aspectos básicos considerados en los modelos (vulnerabilidad del territorio a las infraestructuras lineales de transporte, fragmentación de hábitats y densidad de la red de infraestructuras lineales de transporte).

De la inspección de los mapas generados por los dos modelos (Figuras 4.2 y 4.3) resulta obvio que hay una enorme diversidad de situaciones con respecto a los dos índices considerados, desde CC. AA. en las que predominan claramente los valores altos en el índice de patrimonio natural poco fragmentado (por ejemplo, Andalucía), a otras en que predominan los valores altos en el índice de patrimonio natural muy fragmentado (en especial Galicia), pasando por otras CC. AA. donde hay una cantidad similar de cuadrículas con alto valor en ambos índices (por ejemplo, Cataluña). Además, como puede apreciarse en dichos mapas, la distribución de cuadrículas con alto valor ha sido muy desigual por CC. AA. desde algunas donde se concentran altos porcentajes de las cuadrículas con valores altos hasta otras con muy poca representación de estas cuadrículas prioritarias. Esta situación refleja una realidad a nivel estatal: hay CC. AA. donde sería más prioritario adoptar medidas de desfragmentación y es importante poder evaluar desde un punto de vista global, considerando el Estado en su conjunto, donde es más prioritario actuar, dado que el Gobierno del Estado tiene competencias de gestión en una parte importante de estas infraestructuras. Pero, por otra

parte, puesto que las competencias de gestión en materia de medio ambiente e infraestructuras de transporte están en gran parte transferidas a las CC. AA., es importante reflejar cuales son las prioridades dentro de cada una de ellas, independientemente de su situación en el panorama estatal.

Por todo ello, se han seleccionado dos conjuntos de cuadrículas prioritarias (véase Figura 4.4):

a) Áreas a desfragmentar a nivel estatal en cada C. A.

Se han seleccionado las 5.000 cuadrículas con mayores valores a nivel estatal en los índices de patrimonio natural poco fragmentado y muy fragmentado (en total 10.000 cuadrículas). Se decidió este número de forma arbitraria, como compromiso entre dos requisitos opuestos:

- Conviene identificar un número limitado de áreas para que el proceso de priorización sea realmente eficaz en la práctica.
- Puesto que estos índices solo pueden considerarse una indicación aproximada de la localización de puntos donde realmente se pueda actuar y los modelos pueden tener los errores o limitaciones mencionados anteriormente, conviene sin embargo seleccionar un número suficientemente amplio de cuadrículas.

Esta selección de 10.000 cuadrículas reflejaría las áreas más prioritarias para desarrollar medidas de desfragmentación considerando el Estado globalmente. En las cartografías se han distinguido para cada uno de los dos índices tres categorías de prioridad diferentes con número equivalente de cuadrículas en función del valor del índice, denominándolas de prioridad baja (las de menor valor dentro de cada conjunto de 5.000 cuadrículas), media y alta (las cuadrículas con máximos valores).

b) Áreas a desfragmentar a nivel de cada C. A.

Como era de esperar, las 10.000 cuadrículas prioritarias a nivel estatal se han distribuido de forma muy desigual entre CC. AA., desde casos que concentraban un alto porcentaje de las cuadrículas prioritarias para alguno de los dos índices (por ejemplo, Andalucía las del índice de patrimonio natural poco fragmentado), hasta otros con un bajo porcentaje (por ejemplo, Galicia en este mismo índice). Por tanto, se ha decidido preparar un conjunto de áreas a desfragmentar específico para cada una de las CC. AA., seleccionando el 1% de las cuadrículas con mayores valores en cada uno de los dos índices y en cada

CC. AA., lo que supone un número total de cuadrículas similar a las seleccionadas para el caso anterior (en total, 10.362). Con este sistema se generan conjuntos autonómicos de áreas a desfragmentar con porcentajes equivalentes del territorio en cada CC. AA., considerando a cada una de ellas de forma independiente, y proporcionando un conjunto de cuadrículas en número similar al modelo estatal. Se han distinguido tres categorías de prioridad en cada uno de los dos índices, siguiendo el mismo procedimiento que en el caso anterior.

En los casos en que una misma cuadrícula ha sido seleccionada en los dos conjuntos anteriores en ambos índices de patrimonio natural (es decir, aparece como prioritaria tanto en el índice de patrimonio natural muy fragmentado, como en el poco fragmentado), se ha escogido para la cartografía el índice en el que tenía mayor valor. Esto ha ocurrido en un número limitado de casos (415 cuadrículas) que corresponden a zonas con valores particularmente altos de vulnerabilidad o de densidad de infraestructuras y con grado de fragmentación medio. De hecho, buena parte de estas cuadrículas prioritarias según ambos índices (77) se encuentran en Extremadura, C. A. caracterizada por un promedio en el índice de vulnerabilidad biológica a las infraestructuras de transporte algo inferior a la media estatal en un territorio con grado de fragmentación intermedio (véase ficha para esta C. A. en el capítulo 6). Es interesante desde el punto de vista de calidad de los modelos que haya aparecido este conjunto de cuadrículas prioritarias según ambos índices, puesto que esto indica que se han identificado no solo los casos extremos que se pretendía identificar, sino también cuadrículas importantes desde el punto de vista de conservación del patrimonio natural en territorios con grado de fragmentación medio.

Por último, como se ha comentado anteriormente, la Junta de Extremadura ha aportado un mapa de corredores ecológicos para esta C. A. Esta información se ha integrado en el índice de vulnerabilidad de Extremadura como una capa más (se presenta la cartografía de corredores en la ficha de la C. A.), asignando un valor de 50 a las cuadrículas que se encontraban dentro de los corredores ecológicos y 0 al resto y sumándose este valor al del resto de los subíndices que componen el índice de vulnerabilidad. Este índice autonómico de vulnerabilidad es el que se ha usado para calcular los índices de patrimonio natural poco o muy fragmentado a nivel de Extremadura.

Como puede apreciarse en los mapas autonómicos de las fichas del capítulo 6, las cuadrículas prioritarias de estos dos conjuntos seleccionados tienden a agruparse en tramos largos de determinadas carreteras o vías de ferrocarril o en determinadas comarcas. Estas agregaciones de cuadrículas son las que se han denominado áreas a desfragmentar, que se detallan por CC. AA. en dicho apartado. Las principales diferencias entre los conjuntos de áreas a desfragmentar estatal y autonómico son cuantitativas, no cualitativas. Es decir, en una C. A. la selección estatal puede tener más o menos cuadrículas que la selección autonómica, pero estas cuadrículas suelen encontrarse en las mismas áreas. Aunque las diferencias en el número de cuadrículas de la selección estatal y de la autonómica pueden ser notables, el número de áreas que aparecen solamente en la selección estatal o en la autonómica es limitado. Las CC. AA. que tienen un alto porcentaje de las cuadrículas de la selección estatal, tienen menor número de cuadrículas en la selección autonómica. En cambio, las CC. AA. que tienen un número relativamente bajo de cuadrículas de la selección estatal, tienen mayor número de cuadrículas en la selección autonómica (véase Tabla 4.3).

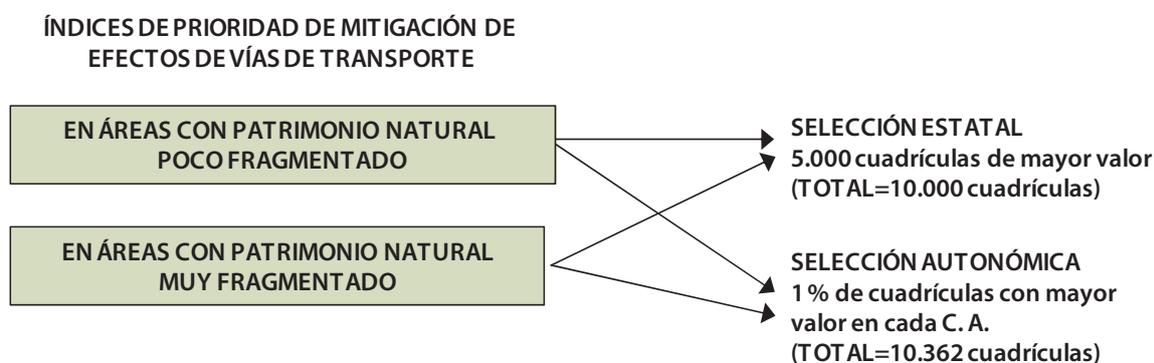


Figura 4.4. Método de selección de las principales áreas a desfragmentar a nivel estatal y autonómico.

Tabla 4.3. Diferencias en la cantidad de cuadrículas prioritarias de los índices de patrimonio natural presentes en cada CC. AA. Se indican los casos en que el número de cuadrículas es mayor en la selección estatal que en la autonómica y viceversa.

Patrimonio natural poco fragmentado		Patrimonio natural muy fragmentado	
Estatal>CC. AA	CC. AA.>Estatal	Estatal>CC. AA.	CC. AA.>Estatal
Andalucía			Andalucía
Aragón			Aragón
Canarias		Canarias	
Cantabria		Cantabria	
	Castilla-La Mancha		Castilla-La Mancha
	Castilla y León	Castilla y León	
Cataluña		Cataluña	
	Comunidad de Madrid	Comunidad de Madrid	
	Comunidad Foral de Navarra	Comunidad Foral de Navarra	
	Comunitat Valenciana	Comunitat Valenciana	
	Extremadura		Extremadura
	Galicia	Galicia	
Illes Balears		Illes Balears	
La Rioja		La Rioja	
	País Vasco	País Vasco	
Principado de Asturias		Principado de Asturias	
	Región de Murcia		Región de Murcia

5

Criterios complementarios para priorizar las áreas a desfragmentar



Presentación



Conceptos básicos



Metodología general para la identificación de áreas a desfragmentar. Resultados de los índices de base



Modelos de áreas prioritarias a desfragmentar



Criterios complementarios para priorizar las áreas a desfragmentar



Fichas descriptivas de las áreas prioritarias a desfragmentar por CC. AA.



Anexos

5.1 Conectividad forestal

Como se ha indicado en apartados anteriores, no existe cartografía oficial de corredores ecológicos a nivel estatal, y tan solo se ha recibido este tipo de información para el caso de Extremadura. Por otro lado, resultaría notablemente complejo elaborar un modelo de conectividad ecológica integrado en una situación que implica a múltiples especies y hábitats como se necesitaría para el objetivo de este trabajo. Pero, por otro lado, también parece evidente que el problema de la conectividad ecológica en España es particularmente acusado para especies forestales, dado el gran valor de conservación e indicador de muchas de ellas, la importancia para la biodiversidad en general del medio forestal y la distribución fragmentada de este hábitat a escala estatal en manchas separadas en el espacio y potencialmente aisladas entre sí. Por ello, se decidió aplicar una metodología de reciente desarrollo y amplia difusión para elaborar un modelo estatal de conectividad forestal como criterio complementario a los modelos presentados anteriormente, sin que ello suponga que en el futuro no pueda incorporarse el análisis para otros tipos de hábitat.

La conectividad forestal se ha analizado en este documento para un grupo funcional de mamíferos forestales como especies focales, en el que se incluyen las especies recogidas en el listado de especies objetivo (véase Tabla I.3 en el anexo I). Este grupo funcional de mamíferos forestales se ha seleccionado para los objetivos del análisis de la conectividad en el presente documento por los siguientes motivos: (i) su sensibilidad al efecto barrera de las vías de transporte (especialmente de las infraestructuras con vallado perimetral), (ii) su riesgo para la seguridad vial por ser causa de accidentes, (iii) su grado de movilidad detectable y relevante a la escala nacional del estudio (a diferencia de otras especies de menor capacidad dispersiva, cuyo estudio sería relevante a escalas más de detalle), y (iv) al suficiente conocimiento que se dispone sobre el modo en que los distintos tipos de cubiertas del suelo afectan a su facilidad de desplazamiento (información de partida

necesaria para realizar el análisis de conectividad del paisaje).

Para el análisis de la conectividad forestal se ha seleccionado la metodología CONEFOR, una de las más utilizadas y aceptadas en el ámbito científico-técnico (Saura y Torné 2009, Saura y Rubio 2010, MARM 2010, Gurrutxaga *et al.* 2011), y que ha sido seleccionado como indicador ambiental por la Comisión Europea y la Agencia Ambiental Europea (véase www.conefor.org/applications.html). En el anexo I se detalla la metodología empleada en este caso particular, y se presentan las cartografías derivadas de este análisis. Éste se basa en identificar las manchas forestales continuas de mayor tamaño que constituyen la red de áreas fuente denominadas nodos forestales, a integrar en la red de conectividad que genera el modelo (véase Figura I.5 en anexo I). Se han considerado como nodos forestales las formaciones boscosas naturales y las repoblaciones antiguas bien naturalizadas. Se definen los conectores forestales como las rutas potenciales con mayor facilidad de desplazamiento para las especies faunísticas seleccionadas, que enlazan estos nodos forestales (véase criterios en el anexo I, I.5.1). Para seleccionar estas rutas se considera un mapa de resistencias según los tipos de cubierta del suelo existentes en diferentes zonas del territorio, de forma que las menos adecuadas para especies forestales tendrían mayor resistencia a su dispersión y por tanto más baja probabilidad de albergar un conector forestal (véase Figura I.6 en anexo I). Como puede apreciarse en la Figuras I.7 a I.10 del anexo I, la mayoría de los conectores forestales se encuentran por tanto en las áreas montañas que rodean a los grandes valles fluviales, cuyos hábitats más agrarios y deforestados ofrecen mayor resistencia a la dispersión de especies forestales.

A partir del cruce de la cartografía de las vías de transporte y de los enlaces entre nodos forestales, se ha generado el denominado índice de intersecciones entre infraestructuras viarias y conectores forestales, que se muestra en la Figura 5.1. En él se consideran cinco categorías de priorización según la importancia conectora de los enlaces entre áreas boscosas. Puede apreciarse

una alta densidad de intersecciones de máxima prioridad asociadas a las grandes masas forestales del macizo Galaico, Cordillera Cantábrica, Pirineos, Sistema Ibérico, Sistema Central, zonas montañas de Extremadura, Sierra Morena, Sierra Nevada, sierras costeras mediterráneas y zonas montañas de Islas Baleares y Canarias. Pero el modelo identifica también intersecciones, la mayoría menos prioritarias, en otras zonas más llanas de Galicia, Castilla y León, Aragón, Extremadura y Andalucía.

Para el análisis de coincidencia de criterios, se ha partido del índice de intersección entre infraestructuras viarias y conectores forestales cuya elaboración se presenta en el apartado 5.3 y sus valores por CC. AA. en la Tabla II.2 del anexo II. Como se detalla en esta tabla (véanse también las fichas en el capítulo 6), las comunidades o provincias con mayor densidad de estas intersecciones son aquellas en que hay un mayor número de nodos forestales dispersos, normalmente de tamaño limitado (por ejemplo, la Región de Murcia). En cambio, otras áreas con mayor superficie continua de bosque (y por tanto grandes nodos forestales únicos o en bajo número) tienen un número más limitado de conectores forestales, a menudo de menor longitud (por ejemplo, Asturias o La Rioja).

Los datos utilizados para el análisis de conectividad forestal (Mapa Forestal de España a escala 1:50.000) no incluyen información sobre las masas boscosas de Portugal y Francia, por lo que se puede estar subestimando la

presencia de conectores forestales transfronterizos.

5.2 Densidad de accidentes con fauna silvestre

Los accidentes en los que se ve implicada fauna silvestre se incluyen en la base de datos ARENA (Accidentes: Recogida de información y Análisis) de la Dirección General de Tráfico, donde se recopilan todos los atestados de la Guardia Civil de Tráfico en referencia a este tipo de incidencias para toda la red viaria española con la excepción de Cataluña y del País Vasco, en los que son las policías autonómicas respectivas las que recaban los datos de los accidentes de tráfico. Para el análisis que se ha llevado a cabo se han considerado los datos de accidentes con fauna silvestre incluidos en ARENA para el período 2007-2011 (47.961 accidentes). Estos datos se han completado con la información de accidentes registrados en Cataluña en el período 2000-2006, proporcionada por la Generalitat de Cataluña, y que incluye 2.292 accidentes. No ha sido posible obtener datos del País Vasco. Por último, se han añadido datos adicionales proporcionados por la Xunta de Galicia (524 accidentes entre 2003 y 2006).

Estas bases de datos incluyen información sólo sobre accidentes en los que ha intervenido la policía de tráfico; los siniestros que no causan víctimas y se saldan sin daños en el vehículo (o con daños menores) con frecuencia no quedan registrados, y constituyen una proporción no despre-

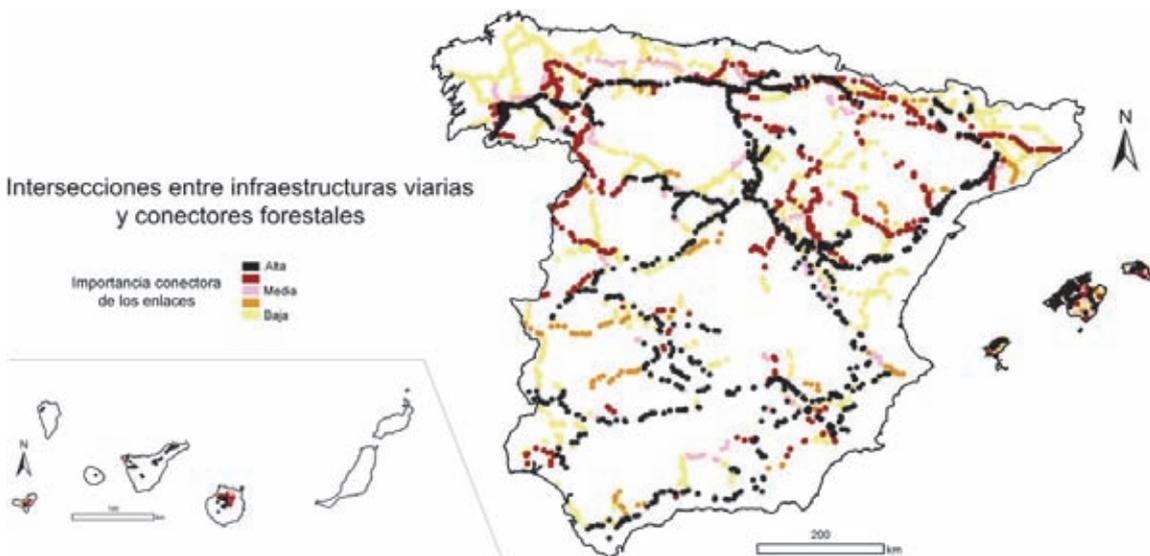


Figura 5.1. Cartografía de las intersecciones entre infraestructuras viarias y conectores forestales (enlaces entre nodos forestales cuya importancia conectora se ha calculado mediante la herramienta para el análisis de la conectividad ecológica CONEFOR, Saura y Torné 2009). Las intersecciones se han clasificado en cinco categorías de importancia, tres de ellas denominadas de importancia alta, media y baja, y las otras dos correspondientes a valores de importancia intermedios entre aquéllas (véase anexo I.5 para una descripción detallada de la metodología).

ciable de siniestros. En Cataluña se ha comprobado que tan solo el 50% de los accidentes causados por ungulados en un tramo de vía en Girona fueron registrados oficialmente (DTES-Generalitat de Catalunya 2012) y se estima que la base de datos ARENA puede contener entre un 25 y un 30% del total de los accidentes que realmente se producen (J.P. Aguilar, Ministerio de Fomento, comunicación personal).

Estos datos de accidentes en los que se ha visto implicada fauna silvestre se han tratado según la metodología detallada en el anexo I, para generar la cartografía presentada en la Figura 5.2, en la que se representa la densidad de accidentes por cuadrícula, es decir, el número de accidentes registrados en cada cuadrícula UTM de 1 km². Hay que remarcar que por los problemas de disponibilidad de información georeferenciada detallados en dicho anexo, solo se han podido cartografiar 25.390 accidentes con fauna salvaje de un total de 50.777 recogidos en las bases de datos mencionadas, es decir, aproximadamente solo el 50% del total. El cartografiado del resto de los accidentes ha quedado fuera del alcance de este trabajo. Además, la distribución geográfica de los accidentes que se han podido cartografiar no es al azar, sino que corresponden a los siniestros que han tenido lugar en vías de gran capacidad (autopistas, autovías y carreteras de doble calzada) (véase anexo I.6). Por tanto, es muy importante tener en cuenta este fuerte sesgo a la hora de interpretar los resultados, teniendo en cuenta, en particular, que no se han podido incluir en el análisis

los accidentes registrados en carreteras convencionales de intensidades de tráfico moderadas (IMD, intensidad media diaria) que son las que acostumbran a concentrar una mayor intensidad del conflicto. Ello es importante ya que la máxima siniestralidad viaria con animales implicados se centra en tramos de vías con IMD medias o bajas (Müller y Berthoud 1994, Rosell *et al.* 2003, Luell *et al.* 2005, DTES-Generalitat de Catalunya 2012), cuando estos cruzan áreas con alta densidad de ungulados silvestres en libertad. Antaño estas se asociaban a zonas de montaña pero actualmente, a causa de la expansión y cambios de comportamiento del jabalí, se localizan también en llanuras agrícolas e incluso áreas periurbanas.

Sin embargo, en la Figura 5.2 puede apreciarse un fuerte sesgo territorial que no puede explicarse por este problema metodológico. La densidad de accidentes es muy superior en la mitad norte de España, con particular referencia a Galicia, Asturias, Castilla y León, La Rioja, Comunidad Foral de Navarra, y norte de Aragón y Cataluña. Sería necesario un análisis más detallado de estos resultados para dilucidar qué factores explican este sesgo territorial en la densidad de accidentes, pero pueden anticiparse dos hipótesis razonables. En primer lugar, es posible que este sesgo refleje diferencias territoriales en densidad de población humana y por tanto intensidad de tráfico, que es uno de los principales factores que incrementan el riesgo de aparición de accidentes (Litvaitis y Tash 2008). En segundo lugar, puesto que la mayor parte de los accidentes con fauna

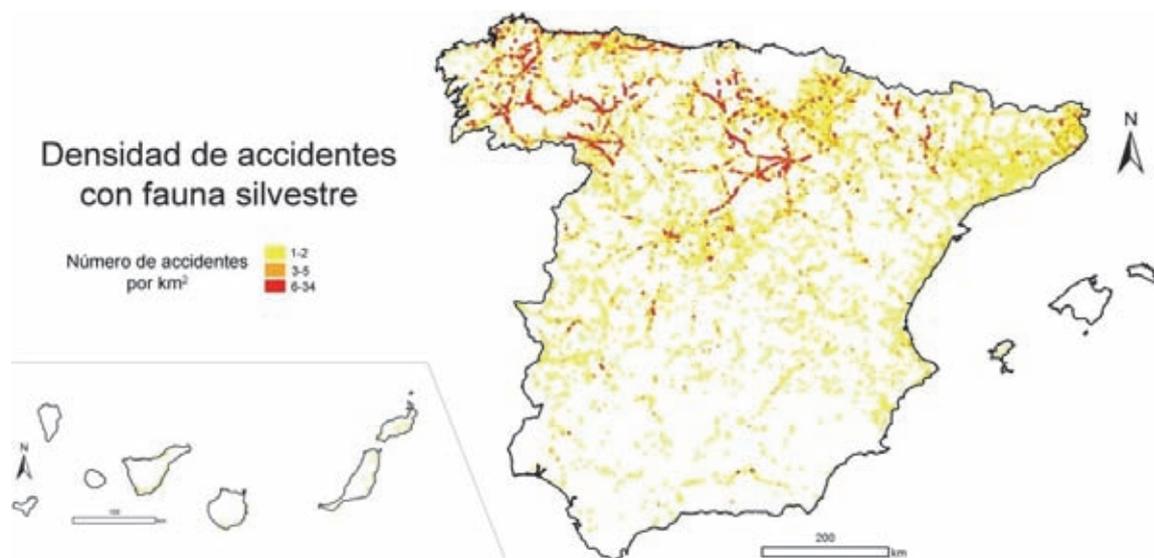


Figura 5.2. Cuadrículas donde se han producido accidentes con fauna silvestre. Datos de la Dirección General de Tráfico (2007-2011), Generalitat de Catalunya (2000-2006) y Xunta de Galicia (2003-2006); véase anexo I para detalles metodológicos de la elaboración del mapa. No se han obtenido datos para el País Vasco. Se representan solo 25.390 accidentes con fauna salvaje de un total de 50.777 registrados. Quedó fuera del alcance de este trabajo la georeferenciación del resto de accidentes, la mayoría de ellos acaecidos en carreteras convencionales de calzada única, por lo que el mapa representa información fuertemente sesgada a vías de gran capacidad.

silvestre registrados en las bases de datos utilizadas fueron causados por ungulados con carácter cinegético, el sesgo territorial en densidad de accidentes puede estar reflejando las notables diferencias en la gestión de especies de caza mayor entre el norte y el sur de España. En la mitad norte de España, las fincas de caza raramente están valladas, mientras que en la mitad sur, en especial en Castilla-La Mancha y Andalucía, los vallados cinegéticos perimetrales están muy extendidos, y lo raro es encontrar una gran finca sin vallar (Gortázar 2012). Estos vallados impiden la irrupción de ungulados en las carreteras y es posible, por tanto, que expliquen el menor número de accidentes registrados en estas zonas. Es dudoso que este sesgo pueda estar reflejando variaciones en abundancia de estas especies de ungulados. Al contrario, en la mitad sur de España está también más extendida la gestión intensiva de caza mayor y es donde se encuentran las mayores densidades de ciervo (*Cervus elaphus*) y jabalí (Gortázar *et al.* 2006). Sin embargo, esta posibilidad debe considerarse como una hipótesis a validar mediante un análisis más detallado de esta información o investigación adicional.

Se han identificado 11.127 cuadrículas con presencia de accidentes con fauna silvestre. En el 55% de estas cuadrículas tan solo se registró un único accidente. Pero hay 4.972 cuadrículas en las que se ha registrado más de un accidente y 638 con más de 6, con un máximo de 34 accidentes en una cuadrícula (véase distribución de frecuencias en Figura 5.3). Estas cuadrículas con alto número de accidentes deben reflejar la presencia de tramos de concentración de accidentes, donde la siniestralidad con fauna silvestre podría considerarse un problema recurrente. En cualquier caso, hay que tener en cuenta que la siniestralidad vial puede cambiar por muchos factores de forma relativamente rápida, y por tanto, será particularmente importante actualizar estos da-

tos con regularidad (alrededor de cada cinco años puede ser un periodo razonable), lo que puede cambiar la priorización de cuadrículas en el futuro según este criterio complementario.

5.3 Análisis de coincidencia de distintos criterios

Los conjuntos de áreas a desfragmentar, a nivel estatal y autonómico, presentados en el apartado 4.3 tienen un número alto de cuadrículas, y aunque en los mapas autonómicos se representan tres categorías de prioridad en función de los valores de los índices de patrimonio natural poco o muy fragmentado, es deseable intentar acotar más las áreas prioritarias. Además, como puede deducirse de la inspección de la cartografía estatal para estos índices (Figuras 4.2 y 4.3), las cuadrículas con valores altos se agrupan a menudo en tramos largos de las mismas vías o corredores de transporte, y por tanto resulta conveniente usar criterios adicionales para priorizar cuadrículas dentro de estos largos tramos. Por otra parte, estos índices de patrimonio natural no integran información sobre dos elementos muy importantes en cualquier proceso de priorización de áreas donde aplicar medidas de desfragmentación, como son la conectividad ecológica y la siniestralidad causada por fauna silvestre. Por tanto, se ha considerado pertinente utilizar la información sobre conectividad forestal y densidad de accidentes con animales (véase apartados 5.1 y 5.2) como criterios complementarios para priorizar áreas dentro de los conjuntos de áreas a desfragmentar en cada C. A. El criterio básico sería que un área a desfragmentar (cuadrícula prioritaria según los índices de prioridad de mitigación de vías de transporte) sería aún más relevante si contiene intersecciones entre infraestructuras viarias y conectores forestales o accidentes con fauna silvestre (véase Figura 5.4).

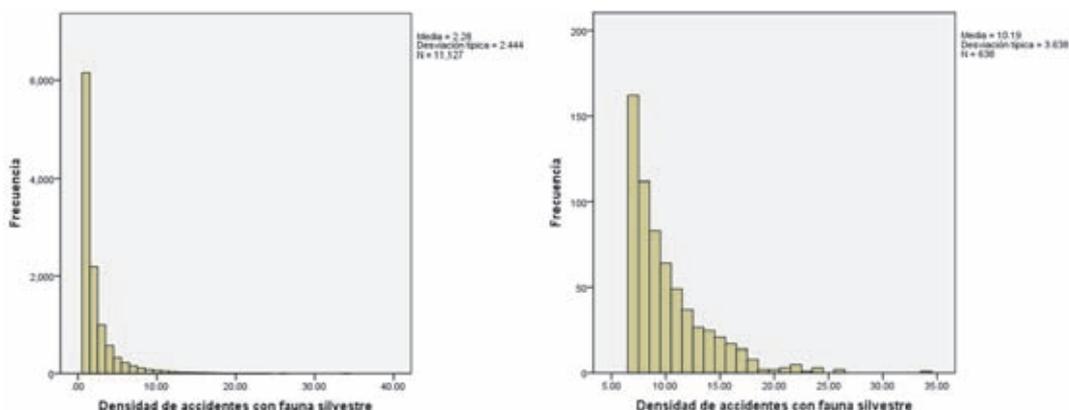


Figura 5.3. Distribución de frecuencias de la densidad de accidentes con fauna silvestre en cada cuadrícula UTM de 1 km² (las representadas en la Figura 3.9), en cuadrículas con uno o más accidentes (panel izquierdo) y en cuadrículas con más de 6 accidentes (panel derecho).

APLICACIÓN DE CRITERIOS COMPLEMENTARIOS PARA
CONTRIBUIR A LA PRIORIZACIÓN DE ÁREAS A DESFRAGMENTAR

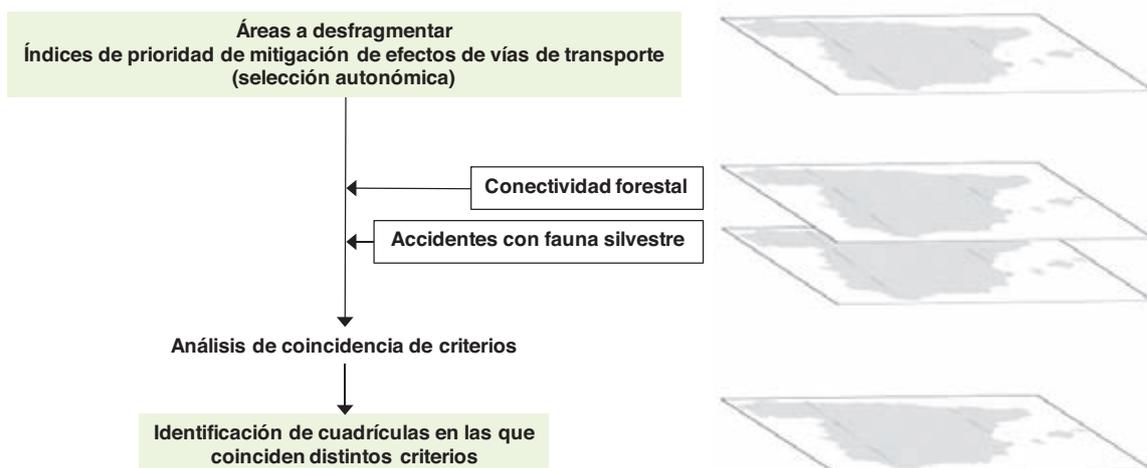


Figura 5.4. Esquema del procedimiento de identificación de las cuadrículas UTM de 1 km² donde se han encontrado coincidencias de criterios (cuadrículas prioritarias según los índices de prioridad de mitigación de efectos de vías de transporte, presencia de intersecciones entre conectores forestales y vías de transporte y presencia de accidentes con fauna silvestre). La información del mapa final debe considerarse como meramente orientativa dada la disponibilidad actual de datos y las posibilidades de mejora indicadas en el apartado 6.4.

Para identificar las cuadrículas con coincidencias en las capas de los índices de prioridad de mitigación de efectos, de intersección entre infraestructuras viarias y conectores forestales, y de accidentes con fauna silvestre (véase información complementaria sobre estas variables en la Tabla 4.1), se han utilizado los conjuntos de áreas a desfragmentar seleccionados a nivel autonómico, por ser los que proporcionan información equivalente para todas las CC. AA. (el 1% de las cuadrículas del territorio con mayor valor en estos índices), y constituir la base de información para gestión más adecuada a dicho nivel territorial. En el proceso de priorización se han asignado los siguientes valores a cada cuadrícula del conjunto de áreas a desfragmentar a nivel de cada CC. AA.:

- **Áreas a desfragmentar.** Se combinaron los índices en áreas de patrimonio natural poco y muy fragmentado en una única variable, utilizando los

valores de prioridad de 1 a 3 descritos anteriormente (1 prioridad baja, 2 media, 3 alta) y reflejados en las cartografías de las fichas por CC. AA. (capítulo 6). Se asignó valor 0 al resto de las cuadrículas no prioritarias según este índice. En los casos en que una cuadrícula era prioritaria según ambos índices, se ha calculado el valor medio, redondeando al alza (por ejemplo, una cuadrícula con valor 1 en el índice de patrimonio natural poco fragmentado y valor 2 en el índice de patrimonio natural muy fragmentado, tendría un valor medio de 1,5, y se le ha asignado el valor 2).

- **Índice de intersección entre infraestructuras viarias y conectores forestales.** Se ha calculado el número de cruces entre conectores forestales y vías de transporte en cada cuadrícula UTM, ponderándolo por el grado de prioridad de los conectores y el tipo de vía, generándose así una nueva base de datos en la que los valores de importancia de la cuadrícula desde el punto de vista de co-

Tabla 5.1. Parámetros estadísticos de las dos variables consideradas para priorizar las áreas a desfragmentar (en combinación con los valores de los índices de patrimonio natural poco y muy fragmentado a nivel de CC. AA.; pueden consultarse las tablas con los valores medios de estos últimos índices en la ficha de cada C. A.). Se muestra el número de cuadrículas con valores mayores que 0 (es decir, en las que se registraron accidentes con fauna silvestre o que contienen intersecciones entre vías de transporte y conectores forestales), valores medios para toda España, desviaciones típicas y rango de valores.

Variable	Número de cuadrículas con valor > 0	Media ± desviación estándar (rango)
Intersecciones entre infraestructuras viarias y conectores forestales	4.332	0,004 ± 0,085 (0-5,5)
Densidad de accidentes	11.127	0,050 ± 0,491 (0-34)

nectividad forestal oscilaban entre 0 (sin intersecciones con conectores forestales) y 5,5 (máximo valor). Estos valores se agruparon posteriormente en 3 categorías con valores 1 (baja prioridad), 2 (prioridad media) y 3 (prioridad máxima, contiene todas las intersecciones con autopistas, autovías y LAV). Los detalles de los cálculos y criterios de agrupación se detallan en el apartado I.7 del anexo I y los parámetros estadísticos de esta variable se muestran en la Tabla 5.1.

● **Densidad de accidentes con fauna silvestre.** Se han considerado también tres categorías de prioridad calculadas a partir de la variable densidad de accidentes con fauna silvestre (número de accidentes en cada cuadrícula UTM de 1 km²; Tabla 5.1). Con valor 1 (baja prioridad) se han considerado las cuadrículas con un solo accidente (el 55% del total goerreferenciado), ya que la aparición de un único accidente en una cuadrícula puede ser un fenómeno azaroso y muy extendido en las circunstancias actuales (se han registrado accidentes con jabalí incluso en las vías de circunvalación internas de grandes ciudades, como la M-30 en Madrid). Se ha asignado valor 2 (prioridad media) a las cuadrículas con 2-3 accidentes (el 29%), ya que la aparición de más de un accidente en una cuadrícula puede estar reflejando un problema más crónico o emergente. Por último, se ha asignado valor 3 (máxima prioridad) a las cuadrículas con más de 3 accidentes (el 21%) que pueden estar indicando la presencia de tramos de concentración de accidentes. Se asignó valor 0 a las cuadrículas sin presencia de accidentes.

A continuación se sumaron todos los valores en cada una de las tres variables, y se seleccionaron en la base de datos todas las cuadrículas prioritarias (con valor mayor que 0) en más de uno de los 3 criterios considerados (índices de patrimonio natural, de intersección entre infraestructuras de transporte y conectores forestales, y accidentes con fauna silvestre). Por tanto, la base de datos final contenía cuadrículas cuyos valores podían oscilar entre 2 (coincidencia de 2 criterios con baja prioridad) hasta 9 (coincidencia de los tres criterios con máxima prioridad). Se volvieron a agrupar estos valores en 3 categorías de prioridad: valores 2-3 (baja prioridad), 4-6 (prioridad media) y 7-9 (prioridad máxima). Con estos valores se ha generado una cartografía de áreas prioritarias a desfragmentar por coincidencia de criterios en cada C. A. (véase apartado I.7 del anexo I).

Se han considerado por tanto, no solo las coincidencias entre áreas prioritarias a desfragmentar

según los índices de patrimonio natural, intersección entre infraestructuras viarias y conectores forestales, o accidentes, sino también las coincidencias entre estas dos últimas variables en cuadrículas no prioritarias según los índices de patrimonio natural, ya que la intersección de conectores forestales y la presencia de accidentes con animales en una misma cuadrícula puede estar señalando un punto particularmente importante donde resolver tanto la alta siniestralidad como la conexión entre poblaciones de especies forestales, ya que las vías de dispersión no tienen porque transcurrir necesariamente por zonas con patrimonio natural de alto valor, incluso para especies con selección de hábitat muy estricta, como el lince ibérico (Palomares *et al.* 2000).

Dado que los datos utilizados para la aplicación del modelo de conectividad forestal (Mapa Forestal de España a escala 1:50.000) en este documento no incluyen información sobre las masas boscosas de Andorra, Francia y Portugal, se puede estar subestimando la presencia de conectores forestales transfronterizos en los territorios cercanos a las fronteras con Francia, Andorra y Portugal. Además, la densidad de accidentes con fauna silvestre es una variable sesgada porque se han incluido mayoritariamente siniestros localizados en autopistas, autovías y carreteras de doble calzada. Ambas pueden considerarse circunstancias relativamente menores en el contexto global del trabajo, puesto que en el caso de la conectividad forestal, la subestimación afecta sólo a una franja territorial fronteriza de extensión limitada. En el caso de los accidentes, tampoco afectaría a la mayor parte de las cuadrículas identificadas puesto que los índices de prioridad de mitigación de efectos tienden a identificar grandes corredores de transporte y vías de gran capacidad más que las carreteras convencionales. Con todo, la priorización por combinación de criterios está subestimando la presencia de cuadrículas prioritarias en carreteras convencionales y en los territorios fronterizos con Francia y Portugal.

En consecuencia con lo anterior, atendiendo a algunas diferencias metodológicas, los resultados de los índices de prioridad de mitigación de vías de transporte se destacan en primer lugar para identificar las áreas a desfragmentar, pero es importante complementarlos con los resultados de los otros dos índices (intersección de vías con conectores forestales y densidad de accidentes con fauna silvestre), y de la coincidencia entre todos ellos. En las fichas del capítulo 6 se incluyen todos los mapas obtenidos para cada C.A.

1

Presentación

2

Conceptos básicos

3

Metodología general para la identificación de áreas a desfragmentar. Resultados de los índices de base

4

Modelos de áreas prioritarias a desfragmentar

5

Criterios complementarios para priorizar las áreas a desfragmentar

6

Fichas descriptivas de las áreas prioritarias a desfragmentar por CC. AA.

7

Anexos

6.1 Estructura de las fichas y presentación de áreas a desfragmentar

Se presenta una ficha por C. A. Cada ficha tiene los siguientes apartados y subapartados (en negrita):

- **Diagnóstico general**, donde se presenta:

- **Vulnerabilidad biológica a las infraestructuras lineales de transporte, tamaño efectivo de malla y densidad de red de infraestructuras lineales de transporte.** Un resumen de las principales características de cada C. A. respecto a estos tres índices con los que se han generado los modelos de áreas prioritarias para aplicar medidas de desfragmentación (véase capítulo 2 y definiciones de estos índices en el apartado 6.3).

- **Prioridad de mitigación de efectos de vías de transporte: áreas a desfragmentar.** Descripción de las áreas a desfragmentar, basada en el modelo anterior, que genera los índices de patrimonio natural poco fragmentado y muy fragmentado (véase capítulo 4 y definiciones de estos índices en el apartado 6.3).

- **Otros índices complementarios para la identificación final**, en el que se analiza las principales características de cada C. A. respecto a los dos criterios complementarios considerados (**conectividad forestal y densidad de accidentes con fauna silvestre**), y se detallan las **áreas en las que coinciden distintos criterios**, evaluándose la situación de forma comparativa con el Estado en su conjunto y resaltando las áreas más importantes según cada uno de estos aspectos (véase capítulo 5 y definiciones de estos índices en el apartado 6.3).

En este apartado se describen las áreas a desfragmentar según los índices de patrimonio natural (en todos los casos se considera la selección con mayor número de cuadrículas (la estatal o la autonómica, véase Figura 4.4) que se han identificado por la agregación de cuadrículas prioritarias, que puede ocurrir de dos formas:

- Agregaciones continuas en tramos de corredores de transporte o vías concretas, en cuyo caso se indica el nombre oficial de la carretera, y los municipios más cercanos al inicio y fin de cada tramo.

- Agregaciones dispersas en áreas geográficas concretas, en cuyo caso se identifica el área desde un punto de vista geográfico (localización en la provincia, accidente geográfico, región bien reconocida, etc.), las vías de transporte principales que se encuentran dentro de las cuadrículas prioritarias y el municipio, cruce de carreteras o puerto de montaña más cercano. Cada listado de áreas se presenta ordenado de forma geográfica dentro de cada C. A., de oeste a este y de norte a sur.

- **Directrices sobre el tipo de actuaciones requeridas en las áreas a desfragmentar** presentando una visión integrada del conjunto de zonas identificadas en la C. A. En este apartado se aportan indicaciones generales sin concretar las medidas a aplicar ya que ello requiere un diagnóstico a una escala que escapa de los objetivos de este documento. Para definir adecuadamente las actuaciones a aplicar en las áreas a desfragmentar se requiere un análisis de detalle, que considere tanto las características estructurales de las vías (incluyendo el análisis de las estructuras transversales existentes y de su idoneidad para la fauna) como las de su entorno paisajístico. La elección de las medidas estará en función de los distintos impactos a mitigar (conectar teselas de hábitat separadas por infraestructuras lineales, reducir atropellos, reducir perturbaciones asociadas al funcionamiento de la vía, etc.) y puede realizarse siguiendo las directrices incluidas en el capítulo 5 del documento 5 de esta misma serie, MAGRAMA 2012).

- **Cartografía.** Se presentan los mapas que se indican en el apartado siguiente.

6.2 Descripción de la cartografía

Para cada C. A. se presentan cinco cartografías que se describen a continuación y que están accesibles en formato digital en el Banco de Datos de la Naturaleza, en la web del MAGRAMA (<http://>

- **Áreas a desfragmentar. Selección a nivel estatal.** Áreas prioritarias a nivel estatal según los índices de prioridad de mitigación de efectos de vías de transporte en áreas con patrimonio natural poco y muy fragmentado. El índice de patrimonio natural poco fragmentado es el resultado de multiplicar los valores de índice de vulnerabilidad a las infraestructuras lineales de transporte por el tamaño efectivo de malla y por la densidad de red de infraestructuras lineales de transporte al cuadrado. El índice de patrimonio natural muy fragmentado se obtiene multiplicando los valores de densidad de red de transporte por la vulnerabilidad a las infraestructuras al cuadrado, producto dividido por el tamaño efectivo de malla (véanse capítulos 3 y 4 para obtener una explicación más detallada de la metodología y el significado de cada uno de los índices). Los mapas reflejan las 5.000 cuadrículas UTM de 1 km² con mayores valores en cada uno de estos índices a nivel estatal (en total 10.000 cuadrículas), distribuidas en 3 categorías con igual número de cuadrículas según estos valores. El número de cuadrículas puede variar por tanto según la C. A. Estas áreas serían las áreas prioritarias a desfragmentar considerando el conjunto del Estado.

Las prioridades de los índices se presentan en las siguientes gamas de colores:

a) Los **tonos fríos de la gama de verde-azules** identifican cuadrículas con alto valor en las que el grado de fragmentación actual es bajo, aunque por ellas discurre alguna infraestructura viaria y puede haber una afección potencial a alguno de los elementos de la biodiversidad (atropello u efecto barrera para especies sensibles, por ejemplo). En muchos casos identifican sectores que, aunque no requieren medidas de desfragmentación, es necesario preservar de la aparición de nuevos elementos fragmentantes (como nuevas vías), o evitar el refuerzo del efecto barrera en los ya existentes (ampliación de vías).

b) Los **tonos cálidos de la gama de naranjos**, en cambio, identifican cuadrículas con conflictos en las que el grado de fragmentación actual es ya elevado; en algunos casos coinciden con zonas con un alto grado de desarrollo de espacios urbanizados en los que es posible que ya no sea necesaria la aplicación de medidas de desfragmentación. En otros casos, en cambio, la aplicación de medidas en estos puntos puede contribuir a restaurar la conectividad en áreas críticas.

En todos los casos, se señalan cuadrículas de particular atención y serán los estudios de detalle los que puedan precisar qué tipo de medidas pueden ser necesaria.

- **Áreas a desfragmentar. Selección a nivel autonómico.** Áreas prioritarias a nivel autonómico según los índices de prioridad de mitigación de efectos de vías de transporte en áreas con patrimonio natural poco y muy fragmentado: los mismos índices que en el caso anterior, pero en esta cartografía se han seleccionado el 1% de las cuadrículas UTM de 1 km² con mayores valores en estos índices para cada C. A. (en total, un 2% del territorio). Se representan por tanto las cuadrículas prioritarias a nivel de cada C. A. ocupando un porcentaje de superficie equivalente en todas ellas. Estas áreas serían las áreas prioritarias a desfragmentar considerando a cada C. A. de forma independiente. Al igual que para las áreas prioritarias a nivel estatal, se han establecido tres categorías de priorización con igual número de cuadrículas según los valores de estos índices. Las prioridades de los índices se presentan en las mismas gamas de colores que se han indicado para el nivel estatal.

- **Áreas con intersecciones entre infraestructuras viarias y conectores forestales.** Indica los puntos en los que se produce la intersección de vías de transporte con los principales conectores forestales (enlaces que comunican los nodos forestales considerados; véase definiciones en anexo IV. Glosario y acrónimos) identificados en el mapa de conectividad forestal. Se detalla la importancia de la intersección para aumentar la conectividad entre áreas forestales (véase anexo I para una explicación detallada del proceso de priorización). Se han establecido distintas categorías de importancia de los enlaces a nivel estatal que reflejan básicamente el nivel de efecto del tipo de vía sobre la conectividad, desde intersecciones con carreteras convencionales, hasta las intersecciones con LAV y vías de gran capacidad (autopistas, autovías y carreteras de doble calzada) que tendrían importancia alta. Los datos utilizados para la aplicación del modelo de conectividad forestal (Mapa Forestal de España a escala 1:50.000) no incluyen información sobre las masas boscosas de Andorra, Francia y Portugal, por lo que se puede estar subestimando la presencia de conectores forestales transfronterizos.

- **Densidad de accidentes con fauna silvestre.** Refleja las cuadrículas UTM de 1 km² en las que se han detectado accidentes con fauna silvestre. No se dispone de información para el País Vasco. Se han establecido las categorías en función del número de accidentes detectados en cada cuadrícula y para cada C. A. dadas las notables diferen-

cias en esta variable entre CC. AA. Es importante tener en cuenta que solo se goerreferenciaron el 50% de los accidentes, fundamentalmente aquellos localizados en vías de transporte de gran capacidad (autopistas, autovías y carreteras de doble calzada), por lo que los mapas están fuertemente sesgados ya que no figuran la mayor parte de accidentes en vías convencionales de calzada única donde este tipo de accidentes pueden ser particularmente frecuentes.

- **Áreas en las que coinciden distintos criterios.** Muestra las cuadrículas en las que coinciden dos o tres de los criterios considerados (índices de prioridad de mitigación, intersección entre infraestructuras viarias y conectores forestales, y accidentes con fauna silvestre). Se clasifican en tres categorías de prioridad según el método descrito en el apartado 5.3. Estas cuadrículas pueden considerarse particularmente prioritarias, ya que no solo tienen altos valores en los índices de patrimonio natural poco o muy fragmentado, sino que también son importantes desde el punto de vista de conectividad forestal y siniestralidad con fauna silvestre.

6.3 Interpretación de los resultados y cartografía

Las cuadrículas prioritarias que se han identificado a partir de los índices de patrimonio natural deben considerarse como un listado abierto, que puede ser completado aportando información adicional a los modelos; ello es así por las razones siguientes (véase también apartado 6.4):

- Se han considerado los viaductos como cualquier otro tramo de carretera o vía de ferrocarril, es decir, como elementos que pueden generar fragmentación, por las razones metodológicas detalladas en el apartado 3.3. Sin embargo, muchos viaductos pueden considerarse precisamente estructuras que reducen la fragmentación que induce la vía de transporte, si tienen la estructura adecuada (viaductos largos y con pilas altas y situadas fuera de los cauces, cuyo diseño y localización no obstaculicen el tránsito de fauna debajo de la estructura). Otros viaductos, en cambio, sí pueden considerarse elementos fragmentantes con efectos particularmente perniciosos (en especial, los de baja altura que atraviesan humedales y pueden causar mortalidad de fauna por colisión con las pantallas de los márgenes de la estructura). Tan solo un estudio de detalle, que se escapa a los objetivos de este trabajo, puede permitir evaluar estas situaciones.
- No se ha incluido en el análisis información sobre la presencia de elementos estructurales de

las vías de transporte que mitigan el efecto de fragmentación, como pasos de fauna específicos u otras estructuras adaptadas como tales, que se han incorporado en la mayor parte de vías de reciente construcción e incluso en vías ya en funcionamiento en el marco de los proyectos de mejora y ampliación de vías (véase documento 5 de esta misma colección). De nuevo, solo un estudio de detalle a nivel más local, que se escapa a los objetivos de este trabajo a gran escala, permitiría evaluar esta posibilidad.

- Las cuadrículas prioritarias pueden estar identificando tramos de vías donde no sea posible actuar o no sea viable por razones económicas, geotécnicas o de otra índole.
 - Las cuadrículas prioritarias según el índice de prioridad de mitigación de efectos en áreas de patrimonio natural poco fragmentado pueden identificar tramos de vías en áreas de montaña donde no sea necesario aplicar medidas de desfragmentación.
 - Las cuadrículas prioritarias según el índice de prioridad de mitigación de efectos en áreas de patrimonio natural muy fragmentado se encuentran a menudo en entornos periurbanos donde es posible que, dependiendo de los planes de ordenación territorial, no sea recomendable actuar, porque sea previsible su urbanización en un futuro próximo.
- Pero las cuadrículas prioritarias por coincidencia de distintos criterios (combinación de índices de patrimonio natural, intersección de vías con conectores forestales y densidad de accidentes) sí permiten identificar las siguientes situaciones:
- Tramos de grandes corredores de transporte donde sería prioritario localizar puntos concretos en que aplicar medidas de permeabilización.
 - Áreas con problemas de siniestralidad vial donde habría que mejorar vallados perimetrales en autopistas y autovías, en combinación con la construcción de pasos de fauna, o bien aplicar otras medidas para reducir el riesgo de accidentes provocados por fauna silvestre.
 - Áreas o tramos de vías de transporte donde potencialmente puede haber mayores problemas de atropello de fauna en función del índice de vulnerabilidad.
 - Puntos concretos donde mejorar la conectividad forestal dentro de tramos de vías de transporte en donde los índices de patrimonio natural indican que hay valores altos desde el punto de vista de conservación del medio natural.

- Áreas donde puede ser conveniente aplicar medidas para reducir la densidad de ungulados forestales o desarrollar actuaciones en las vías para reducir la siniestralidad vial causada por animales.

La incorporación a los modelos de nuevas capas con datos adicionales, disponibles actualmente en las CC. AA. o en el futuro, permitirá mejorar la identificación de áreas prioritarias.

6.4 Posibles mejoras y actualizaciones futuras

Entre las principales virtudes de los índices, representados en la cartografía que se presenta en estas fichas, se encuentra sin duda su versatilidad, que permite incorporar con facilidad información adicional no disponible a nivel estatal o en la actualidad. Buena parte de las bases de datos que se han considerado para generar estos índices y cartografía no contienen información estática o invariable, sino que la mayor parte puede ser susceptible de variación por investigación adicional o cambios futuros. Por ejemplo, la información sobre distribución de especies, los elementos fragmentantes de origen antrópico o la propia red de infraestructuras lineales de transporte. Por tanto, los modelos de priorización de áreas a desfragmentar, los criterios complementarios y la cartografía final deben considerarse una primera aproximación al proceso de priorización de áreas a desfragmentar, que puede y debe mejorarse y actualizarse en función de la información adicional disponible o de la modificación que sufran las bases de datos ya utilizadas. Dada la velocidad con que puede cambiar la información relevante para priorizar áreas a desfragmentar, se puede proponer un período de cinco años como adecuado para actualizar la priorización de áreas a desfragmentar.

Entre la información que puede incorporarse a los modelos, bien en la actualidad por estar disponible en algunas CC. AA., bien en actualizaciones futuras, se puede destacar:

- Carreteras locales, pistas asfaltadas o caminos forestales. No incluidas en los modelos aquí presentados por no existir información georreferenciada completa a nivel estatal, pero que está disponible en algunas CC. AA. Es importante resaltar que debe utilizarse siempre información completa al nivel territorial que se considere, de lo contrario, se podría sesgar la identificación de áreas a desfragmentar. Esta información adicional puede ser particularmente importante para el caso del lince ibérico, que sufre frecuentemente atropellos en este tipo de vías.

- Diagnóstico de corredores ecológicos.

- Análisis de conectividad ecológica que consideren no sólo hábitats forestales, que se podrían efectuar mediante la misma metodología aquí aplicada para el estudio de la conectividad forestal.

- Información transfronteriza que permita incluir en el modelo de conectividad las masas y conectores forestales en las áreas limítrofes de Andorra, Francia y Portugal

- Variaciones en los datos utilizados para la aplicación del modelo de conectividad forestal que incluyan las repoblaciones forestales o las dehesas como nodos.

- Capa de viaductos, en la que se distingan aquellos que pueden mitigar el problema de fragmentación frente a los que pueden constituir un problema adicional (véase discusión detallada sobre este problema en el apartado 3.3).

- Capa de pasos de fauna u otras estructuras transversales de las vías de transporte que mejoren la permeabilidad de la vía para la fauna y que pueden por tanto comportar cambios en la prioridad de actuación.

- Mejoras en los atlas de distribución e inventarios de fauna.

- Datos de atropellos de fauna, siempre que se traten de muestreos exhaustivos u homogéneos a nivel territorial.

- Accidentes con fauna silvestre, bien los no incluidos en las bases de datos oficiales, bien la actualización de estas bases de datos.

- Diagnóstico de tramos de concentración de accidentes en las cuadrículas que se han identificado con alta densidad de accidentes.

- Áreas de alta densidad de conejo, que pueden funcionar como puntos de atracción para fauna sensible al problema de atropello (carnívoros, con particular referencia al lince ibérico) y pueden estar muy asociadas a las vías de transporte, ya que los conejos usan con frecuencia cunetas y taludes para establecer sus vivares.

Y en general, cualquier información susceptible de cambiar rápidamente y que se ha utilizado en la construcción de los modelos, como la propia red de infraestructuras lineales de transporte o los elementos fragmentantes de origen antrópico.

6.5 Fichas descriptivas

A continuación se presentan las fichas para cada C. A., siguiendo el orden alfabético según el nombre oficial incluido en las directrices toponímicas del Instituto Geográfico Nacional (IGN 2011).

Ficha 1. Andalucía

Ficha 2. Aragón

Ficha 3. Canarias

Ficha 4. Cantabria

Ficha 5. Castilla-La Mancha

Ficha 6. Castilla y León

Ficha 7. Cataluña/Catalunya

Ficha 8. Comunidad de Madrid

Ficha 9. Comunidad Foral de Navarra

Ficha 10. Comunitat Valenciana

Ficha 11. Extremadura

Ficha 12. Galicia

Ficha 13. Illes Balears

Ficha 14. La Rioja

Ficha 15. País Vasco/Euskadi

Ficha 16. Principado de Asturias

Ficha 17. Región de Murcia

Diagnóstico general

Vulnerabilidad biológica a las infraestructuras lineales de transporte, tamaño efectivo de malla y densidad de red de infraestructuras lineales de transporte

- El valor medio del índice de vulnerabilidad biológica a las infraestructuras lineales de transporte en Andalucía es similar al promedio estatal (véase Tabla II.1 en anexo II). Este índice alcanza valores máximos en Sierra Morena, en especial las sierras del Norte de Huelva y Sierra Norte de Sevilla, Parque Nacional de Doñana y costa oriental de la provincia de Huelva, Sierras de Cádiz y oeste de la provincia de Málaga, Sierras de Cazorla y Segura, Sierra Mágina, Parque Natural de las Sierras Subbéticas, Sierra Nevada, Sierra de Huétor, Sierra de Gádor, Sierra de Arana, Sierra de Baza, Sierra de los Filabres, costa oriental de Almería y riberas del Guadalquivir y sus afluentes (en especial el río Genil) (véase Figura 3.2 en el apartado 3.2). Zonas con valores altos, pero más entremezcladas con otras de valores medios o medios-bajos se encuentran en la mayor parte de la provincia de Huelva, oeste de la provincia de Cádiz, este de la provincia de Málaga y oeste de la de Granada, tercio sur de la provincia de Jaén y Sierras de María y de las Estancias. Valores mínimos en este índice se encuentran en la mayor parte del Valle del Guadalquivir, campo de Jerez y Valle del Genil.

- Andalucía es la tercera C. A. con mayor tamaño efectivo de malla medio, superado solamente en Cataluña y Aragón (véase Tabla II.1 en anexo II). En Andalucía se encuentran varias de las áreas más amplias con valores máximos de tamaño efectivo de malla (Marismas del Guadalquivir, incluyendo al Parque Nacional de Doñana y el espacio natural protegido que lo rodea; Sierra Norte de Sevilla, compartida con Badajoz; Sierra Morena Oriental, compartida con Castilla-La Mancha, y que incluye las zonas linceras del Parque Natural de la Sierra de Andújar; sierras subbéticas, compartida con Castilla-La Mancha y Región de Murcia; Sierra Nevada y Sierra de Cádiz; véase Figura 3.8 en el apartado 3.3 del texto). Se encuentran también otras áreas amplias con tamaño efectivo de malla alto en El Andévalo occidental, Sierra de Aracena, costa de Huelva (entre la capital de provincia y Doñana), cabeceras de los ríos Tinto y Guadimar, noroeste de la provincia de Córdoba, Serranía de Ronda, Parque Natural Cardeña-Montoro, sierras del suroeste de la provincia de Jaén, Alpujarras y costa de Almuñe-

car, Sierra de Gádor, Sierras de Baza y de los Filabres, Sierras de María y de las Estancias, costa oriental de Almería y Cabo de Gata. En contraste, la mayor parte del Valle del Guadalquivir y la mitad occidental de la provincia de Cádiz tienen tamaños efectivos de malla mínimos o bajos.

- La **densidad de red de infraestructuras lineales de transporte** en Andalucía es relativamente baja en comparación con la media estatal (véase Tabla II.1 en anexo II). Este índice sigue un patrón espacial similar al tamaño efectivo de malla, con áreas de muy baja densidad de infraestructuras en el noroeste de la provincia de Huelva, marismas del Guadalquivir, Sierra Morena, sierras subbéticas orientales, Cordillera Penibética y costa oriental de Almería (véase Figura 3.10 en el apartado 3.4).

Prioridad de mitigación de efectos de vías de transporte: áreas a desfragmentar

Andalucía tiene un promedio ligeramente superior al estatal en el índice de patrimonio natural poco fragmentado, y uno de los menores promedios en el índice de patrimonio natural muy fragmentado, superior sólo a los de Castilla-La Mancha y Aragón (véase Tabla II.2 en anexo II). Andalucía es la C. A. con mayor número de cuadrículas prioritarias a nivel estatal en el índice de patrimonio natural poco fragmentado (el 22,2% de todas las del Estado), número superior al de cuadrículas en la selección autonómica, mientras que el número de cuadrículas del índice de patrimonio natural muy fragmentado es superior en la selección autonómica (Figuras 6.1 y 6.2). Por tanto, se ha usado la selección estatal para la descripción de áreas prioritarias según el índice de patrimonio natural poco fragmentado y la selección autonómica para el índice de patrimonio natural muy fragmentado.

a) Áreas a desfragmentar situadas en zonas con índice de patrimonio natural poco fragmentado

Las cuadrículas prioritarias según el índice de patrimonio natural poco fragmentado se concentran en las áreas y vías de transporte detalladas a continuación (véase Figura 6.1): N-433, N-435 y ferrocarril en el entorno de Jabugo; corredor A-66/N-630 entre la Rivera de Huelva y el límite con Badajoz; carreteras del entorno de Doñana (A-483 entre Almonte y Matalascañas; A-486, A-474 y A-484 al norte del Parque Nacional; A-4, AP-4 y N-IV entre Sevilla y Las Cabezas de San Juan;

A-471 entre esta última localidad y Sanlúcar de Barrameda; y otras carreteras hacia Villamanrique de la Condesa e Isla Mayor; es importante resaltar que en la cartografía considerada para desarrollar los modelos no se incluían carreteras locales ni pistas asfaltadas, comunes en Doñana, es decir, el modelo ha identificado todas las carreteras que habían sido consideradas en el entorno de este espacio natural); N-340 entre Vejer de la Frontera y Venta de Facinas; A-381 entre Medina-Sidonia y Los Barrios; A-405 y ferrocarril entre Los Barrios y Jimena de la Frontera; A-4 y tramos de ferrocarril entre Despeñaperros y Montoro; carreteras en los Parques Naturales de la Sierra de Andújar y de las Sierras de Cardeña y Montoro (N-420, A-420, A-6177, A-6178 y JA-6100, incluyendo la carretera del Santuario de Santa María de la Cabeza; como en el caso de Doñana, hay que resaltar que no se han considerado carreteras locales ni pistas asfaltadas, luego se han identificado como prioritarias prácticamente todas las carreteras consideradas en el modelo que se encuentran en estos espacios naturales); A-32 y N-322 entre Úbeda y Villanueva del Arzobispo; carreteras en el entorno e interior del Parque Natural de las Sierras de Cazorla, Segura y Las Villas (A-310, A-315, A-317, A-319, A-322, A-326 y otras carreteras; carreteras en Puebla de Don Fadrique (A-317 y A-330); A-44 entre Menjíbar y Jaén, y entre La Guardia de Jaén y Campotéjar; A-316 entre Jaén y Martos; carreteras en Castillo de Locubín-Alcalá la Real (N-432, N-432a y carreteras convencionales); A-92 y A-92N entre Granada y el límite con la Región de Murcia; carreteras en el entorno e interior del Parque Nacional de Sierra Nevada (A-44, A-92, N-323, A-337, A-348, A-395 y otras carreteras); A-7 y N-340 entre Nerja y Almuñécar y A-7 entre Los Gallardos y Níjar.

Cuadrículas prioritarias más dispersas o aisladas se encuentran en la A-49 en los pinares de Cartaya; N-435 entre Jabugo y Beas; A-432, A-447 y otras carreteras convencionales en el Parque Natural de la Sierra Norte; N-432 en la Sierra de los Puntales y Espiel; N-502a en Santa Eufemia; LAV Puertollano-Sevilla y tramos de la A-4 y A-431 en Conquista, Adamuz, Alcolea, Villarrubia y Lora del Río; LAV Córdoba-Málaga en la Sierra del Hacho; AP-7 entre Estepona y Marbella; A-377 y otras carreteras en Sierra Bermeja y Sierra Crestellina; carreteras del entorno del Parque Natural de la Sierra de las Nieves; A-45 y A-92M en Casabermeja; A-45 en Benamejí; A-92 y ferrocarril en Loja; A-335, A-402 y otras carreteras en el entorno del Parque Natural de las Sierras de Tejada, Almijara y Alhama; A-44 en el embalse de Cubi-

llas; A-315 y carreteras convencionales en la Hoya de Baza; A-330 en Galera y Huéscar; A-317 en Sierra María; A-334 entre Arboleas y Fines; A-92 y N-340a entre Tabernas y Rioja; A-7 entre Níjar y Viator; A-7 y N-340a entre Aguadulce y El Ejido, entre Adra y La Rábida y en Salobreña; N-341 entre la A-7 y Carboneras; y carreteras convencionales en El Granado (Huelva), Parque Natural de los Alcornocales, Hornachuelos, Sierra de Baza y Sierra de los Filabres.

b) Áreas a desfragmentar situadas en zonas con índice de patrimonio natural muy fragmentado

Las cuadrículas prioritarias según el índice de patrimonio natural muy fragmentado se concentran en las siguientes áreas (véase Figura 6.2): N-433, N-435, ferrocarril y carreteras convencionales en el entorno de Jabugo y Aracena y entre Jabugo y el límite con Badajoz; A-49 y N-431 entre Gibraleón y Ayamonte; A-497 en las Marismas del Odiel; A-49, A-472 y ferrocarril entre Huelva y La Palma del Condado; A-66 y N-630 entre Sevilla y la Rivera de Huelva y en Santa Olalla del Cala; autovías de circunvalación de las capitales de provincia; A-432 y ferrocarril en Cazalla de la Sierra; LAV Córdoba-Málaga y A-431 en Tocina, entre Guadajoz y Lora del Río y en Almodóvar del Río; A-92 entre Alcalá de Guadaíra y Arahal; A-4, AP-4, CA-32, CA-33 y ferrocarril en la circunvalación de Jerez de la Frontera, entre Jerez y el Puerto de Santa María y en la Bahía de Cádiz; A-48 y N-340 entre Chiclana y Vejer de la Frontera; N-340 entre Casas de Porro y Tarifa; AP-7 y A-7 entre San Roque y Málaga; A-369 entre Gaucín y Ronda; A-372, A-376 y otras carreteras en la Sierra de Grazalema; A-4, N-IV y ferrocarril entre Córdoba y El Carpio; A-44, N323a y ferrocarril entre Bailén y Jaén; A-32 y N-322 entre Bailén y Úbeda; A-44 y N-323 entre Lanjarón y Motril; A-7 y N-340 entre Motril y Adra; A-7, AP-7, A-334 y N-340 en el entorno de Vera.

Concentraciones menos numerosas o cuadrículas dispersas se encuentran en la N-435 en Valverde del Camino; A-496, otras carreteras de menor entidad y ferrocarril en Calañas-Cerro de Andévalo; A-477 en Gerena; A-376, A-394 y ferrocarril en Utrera; A-360 en Las Ramiras; A-92 entre La Puebla de Cazalla y Estepa, en Fuentedepiedra, Antequera, Archidona, Loja y Santa Fe; A-382 en Jédula y El Guijo; N-432 entre Córdoba y Peñarroya; A-4 y N-IV en Carmona, Écija y La Carlota; y LAV Córdoba-Málaga en Fuentedepiedra, Colonia de Ballesteros y Campanillas.

Otros índices complementarios para la identificación final

I. Conectividad forestal

El promedio en Andalucía del índice de intersección entre infraestructuras viarias y conectores forestales es muy inferior a la media estatal (véase Tabla II.2 en anexo II) y uno de los más bajos de todas las CC. AA., superando solo al Principado de Asturias y La Rioja. En la Figura 6.3 se representan todas las intersecciones entre los conectores forestales (véanse Figuras I.7-I.10 en anexo I) y vías de transporte en Andalucía. Conviene recordar que en la elaboración del modelo de conectividad forestal solo se han considerado como áreas forestales fuente (nodos forestales) las manchas de bosque autóctono o repoblaciones antiguas naturalizadas que ocupan una superficie continua de más de 4.000 ha, pero no las repoblaciones forestales con eucaliptos o pinos no naturalizadas, comunes en muchos montes andaluces (véase Figura I.5 en anexo I). Todos estos nodos forestales se encuentran en áreas serranas de la periferia del Valle del Guadalquivir, pero este valle está ocupado por hábitats con resistencia máxima a la dispersión de especies forestales (véase Figura I.6 en anexo I). En consecuencia, todas las intersecciones entre conectores forestales de importancia alta y vías de transporte se encuentran en la periferia del Valle del Guadalquivir, reflejando la existencia de tres largos conectores forestales generados por el modelo de conectividad forestal: uno a lo largo de Sierra Morena, desde Huelva hasta Jaén; otro a lo largo de las montañas costeras, desde la Sierra de Cádiz hasta la Sierra de Gádor; y otro que conecta Sierra Morena y Sierra Nevada a través de Cazorla y las sierras del norte de Granada. Otros conectores secundarios ponen en contacto Sierra Morena y las áreas boscosas del Bajo Guadalquivir, las sierras subbéticas entre sí, y éstas con la Cordillera Penibética. Pero no se han identificado conectores forestales que atraviesen el Valle del Guadalquivir, lo que explica el bajo valor medio de este índice en Andalucía, ya que este valle ocupa buena parte de la superficie de la C. A. Se han identificado intersecciones con las principales autopistas, autovías y LAV que cruzan las áreas montañosas de la periferia del Valle del Guadalquivir.

II. Densidad de accidentes con fauna silvestre

El promedio de la densidad de accidentes con fauna silvestre en Andalucía es muy inferior a la

media estatal, superando tan solo al de Islas Baleares y Región de Murcia (véase Tabla II.2 en anexo II), resultado sorprendente, teniendo en cuenta la abundancia de ungulados en buena parte de las áreas montañosas de la C. A., siendo estas especies las implicadas en la mayor parte de los accidentes. Como se comentó en el apartado 5.2, el sesgo de este índice hacia vías de gran capacidad (autopistas, autovías y carreteras de doble calzada) puede explicar parte de este resultado, ya que la densidad de este tipo de vías es baja en la mayor parte de las zonas montañosas de Andalucía y, por tanto, buena parte de los accidentes pueden no haber sido georreferenciados. En segundo lugar, es posible que en las regiones menos pobladas de la C. A. la intensidad de tráfico sea baja y, por tanto, la probabilidad de que se produzcan accidentes sea menor. Por último, en Andalucía se ha extendido en las últimas décadas el vallado cinegético en grandes fincas de caza mayor, lo que puede estar mitigando el problema en comparación con otras CC. AA. del norte donde el uso de vallados cinegéticos está menos extendido. Los tramos de carreteras con mayor concentración de cuadrículas con alta densidad de accidentes (en cualquier caso, valores máximos que son moderados en comparación con otras CC. AA.) se encuentran en (véase Figura 6.4): la Sierra de Huelva (en especial N-433 en Higuera de la Sierra y A-479 en el valle del río Vanegas), Los Pedroches (N-502a en Santa Eufemia), A-449 entre Peñarroya y Villanueva del Duque, N-502a entre Alcaracejos y Espiel, N-322 en El Moralico y A-92 en Guadix y Sierra de Huétor.

III. Áreas en las que coinciden distintos criterios

En la Figura 6.5 se representan todas las cuadrículas en que se ha encontrado coincidencia de criterios (136 en total). Destacan las concentraciones de cuadrículas con coincidencias en la autovía A-92 entre Granada y Guadix, donde se encuentra la única cuadrícula de máxima prioridad de la C. A. (coincidencia de los tres criterios con prioridad media-alta) en la Sierra de Huétor, y la carretera N-433 y otras carreteras entre Jabugo y Aracena.

Concentraciones con menor número de cuadrículas, más dispersas o aisladas se encuentran en las siguientes zonas: N-435 y ferrocarril en la Sierra del Álamo (Huelva); N-435 en Valverde del Camino; A-49/N-431 en Cartaya; A-493 en Tumbalejo; A-484 en Bonares; A-483 y A-484 en Doñana; A-66 y N-630 en Santiponce, El Ronquillo y Santa Olalla

del Cala; SE-7101 y ferrocarril en Cazalla de la Sierra; A-92 al sureste de Alcalá de Guadaíra y en La Puebla de Cazalla; A-4 en Estella del Marqués; CA-31 y ferrocarril en El Puerto de Santa María; AP-4 en Puerto Real; A-381 entre Medina-Sidonia y Los Barrios; A-369, otras carreteras y ferrocarril en Jímena de la Frontera, Gaucín y Cortes de la Frontera; AP-7 y A-7 en Estepona; N-502a en Santa Eufemia; N-432 en El Vacar; A-3075 en Villanueva de Córdoba; LAV y A-431 en Villarrubia; N-432 y ferrocarril en Torres Cabrera; MA-431 y A-45 entre Villanueva de Cauche y Casabermeja; A-357 en Ardales; LAV y A-357 en Campanillas; A-92, carreteras convencionales y ferrocarril entre Archidona y Huétor Tájar; A-6178 en el Parque Natural de la Sierra de Andújar; A-4 y ferrocarril en Despeñaperros; A-44, N-323a y ferrocarril entre Menjíbar y Jaen; A-316 en La Imora y Torredelcampo; A-44 en Campillo de Arenas; A-403 en Benalúa de las Villas; A-6050 en Castillo de Locubín; A-44 y N-323 en Izbor; GR-4200 en Pampaneira; A-395 en Sierra Nevada; GR-3201 en Tocón; A-32 y N-322 en Úbeda y Villanueva del Arzobispo; A-315, A-317, A-319 y A-6206 en el Parque Natural de las Sierras de Cazorla, Segura y Las Villas; A-317 en Puebla de don Fadrique; A-92N en el Puerto del Contador y Baza; Gr-8101 en el Parque Natural de la Sierra de Baza; A-337 en Ferreira; A-348 en Canjáyar; A-92 entre Guadix y Tabernas; y N-341 en el Parque Natural del Cabo de Gata-Níjar.

Directrices generales sobre acciones a desarrollar

Entre las áreas a desfragmentar identificadas se encuentran las carreteras de los dos únicos espacios naturales con población importante de lince ibérico (*Lynx pardinus*) en toda España: Doñana y Andújar. Las medidas para reducir la mortalidad por atropello en esta especie son de importancia crítica, y ya se han comenzado a acometer en alguna de las carreteras identificadas por los modelos de áreas a desfragmentar en las que se había detectado mortalidad de la especie (véase documento 5 de esta serie; MAGRAMA 2013). Sin embargo, para construir estos modelos no se han considerado carreteras locales y caminos pavimentados, dónde también se produce mortalidad por atropello en esta especie, y que por tanto se deberían tener en cuenta de forma adicional a este trabajo. Por otra parte, hay zonas colonizadas recientemente por el lince ibérico, de forma natural o favorecido por el programa de reintroducción, otras que están siendo usadas con mayor frecuencia en las últimas décadas

y otras que son zonas críticas para ejemplares en dispersión, que no se han considerado dentro de la distribución de la especie a la hora de construir los modelos, ya que esta información más detallada o reciente sobre su distribución tampoco está incluida en el atlas de mamíferos que se ha usado como base de información. En estas zonas se puede estar subestimando la necesidad de actuación, ya que en las vías de transporte que las cruzan no se han identificado cuadrículas prioritarias, o se ha hecho en número muy bajo. En concreto, estas áreas son el entorno occidental de Doñana (tramo occidental del Parque Natural de Doñana y otras áreas forestales y agrarias de su entorno), donde la presencia más frecuente de lince ha entrado en conflicto con los tramos de autovía y carretera costera entre Matalascañas y Huelva; el noroeste del Parque Nacional, donde la aproximación de ejemplares está marcando la necesidad de actuación en varios tramos de la autovía A-49 entre La Palma del Condado y Sevilla; y las áreas de liberación de ejemplares silvestres y cautivos en la Sierra Morena de Córdoba.

Algunos de los tramos de autovías o vías de ferrocarril identificados como prioritarios pueden no requerir actuaciones de permeabilización por ser vías de montaña con abundantes pasos superiores e inferiores a la vías y de viaductos, o por haberse tenido ya en cuenta el problema de fragmentación de hábitats en la fase de diseño y construcción (por ejemplo, autopista Jerez-Los Barrios, que incluso ha recibido un premio internacional por su diseño integrado en el paisaje y respetuoso con el medio natural) o carreteras del entorno de Doñana donde se han construido ya pasos de fauna dirigidos específicamente al lince ibérico.

Igualmente, algunas de las cuadrículas identificadas por el índice de patrimonio natural muy fragmentado pueden no ser ya adecuadas para aplicar medidas de desfragmentación, por encontrarse en medios muy humanizados, o que van a experimentar un desarrollo urbano previsible en un futuro próximo (en especial las autovías de circunvalación de las capitales de provincia). Sin embargo, en otros casos, estas cuadrículas han podido identificar áreas periurbanas donde sí puede ser importante actuar por tratarse de espacios naturales valiosos cerca de grandes urbes (por ejemplo, Marismas del Odiel en Huelva, marismas, salinas y humedales de la Bahía de Cádiz, riberas del Guadalquivir en Córdoba y Sevilla o Parque Natural de los Montes de Málaga).

Entre las áreas identificadas como prioritarias se encuentran vías de transporte que atraviesan las inmediaciones de varios humedales importantes como las Marismas del Odiel e Isla Cristina, Doñana,

laguna de Fuentedepiedra, Bahía de Cádiz o albufera de Adra, donde debe considerarse prioritaria la localización y corrección de posibles puntos negros de atropello de fauna asociada a estos hábitats.

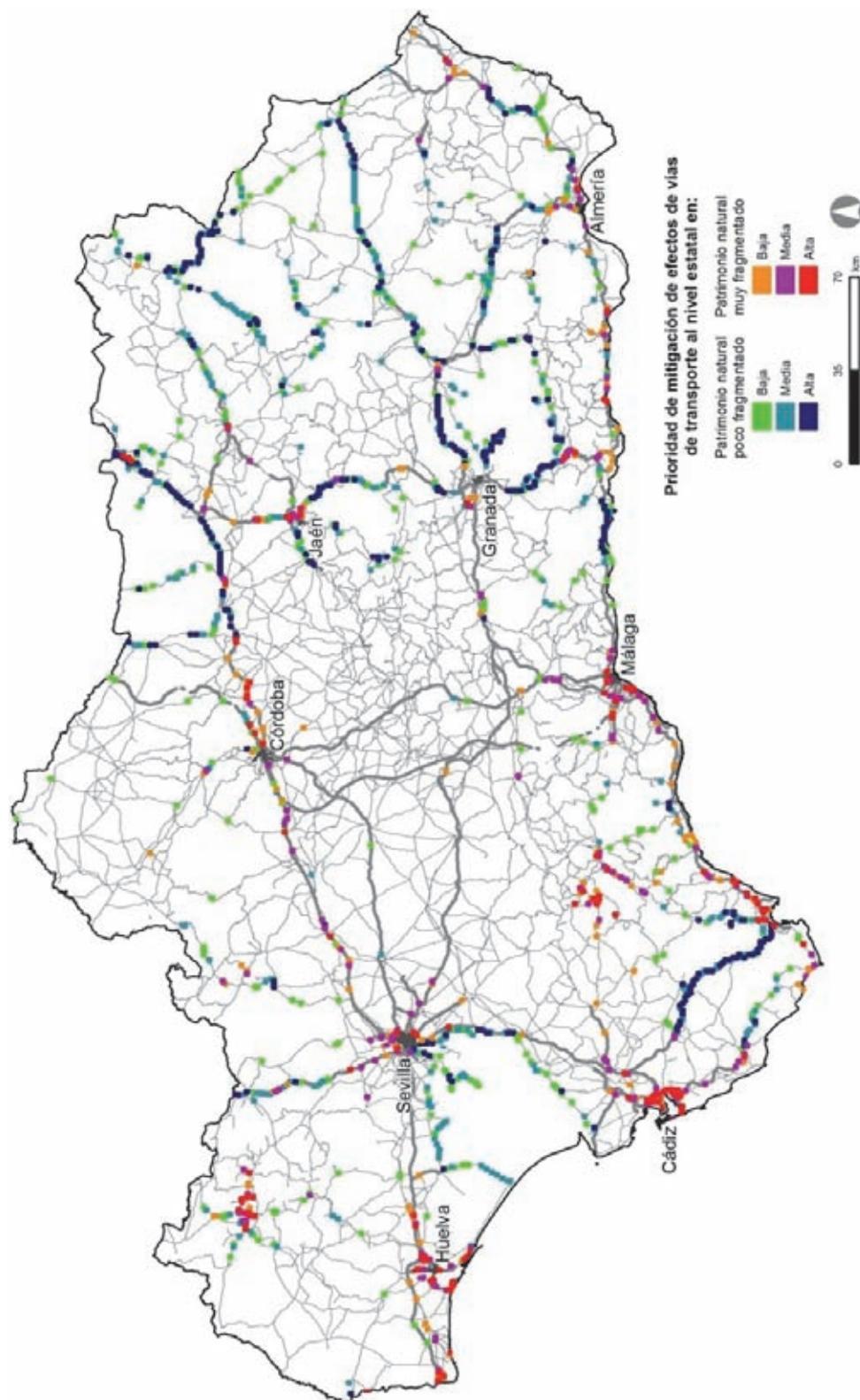


Figura 6.1. Áreas a desfragmentar. Selección a nivel estatal. Cuadrículas UTM de 1 km² correspondientes a Andalucía de la selección realizada para todo el Estado a partir del modelo de áreas prioritarias para aplicar medidas de desfragmentación: 5.000 cuadrículas con mayor valor de cada uno de los dos índices seleccionadas en todo el Estado. Véase capítulo 4 y anexo I para detalles sobre metodología.

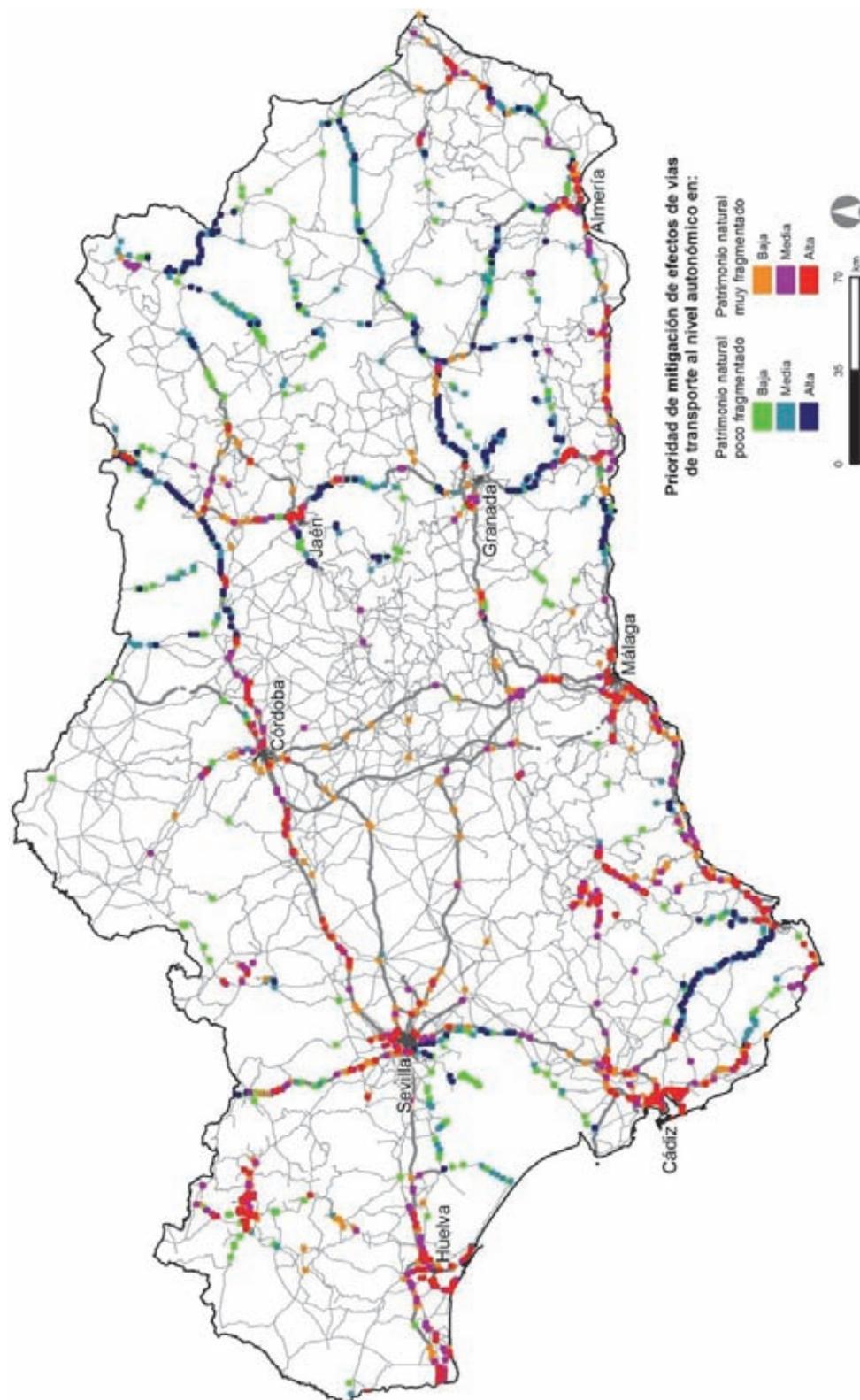


Figura 6.2. Áreas a desfragmentar. Selección a nivel autonómico. Se ha seleccionado en cada C. A. el 1% del total de cuadrículas UTM de 1 km² con mayor valor en cada uno de los dos índices de patrimonio natural (en total en ésta 1.774). Esta selección refleja por tanto las áreas más importantes en Andalucía independientemente del resto del Estado. Véase capítulo 4 y anexo I para detalles sobre metodología.

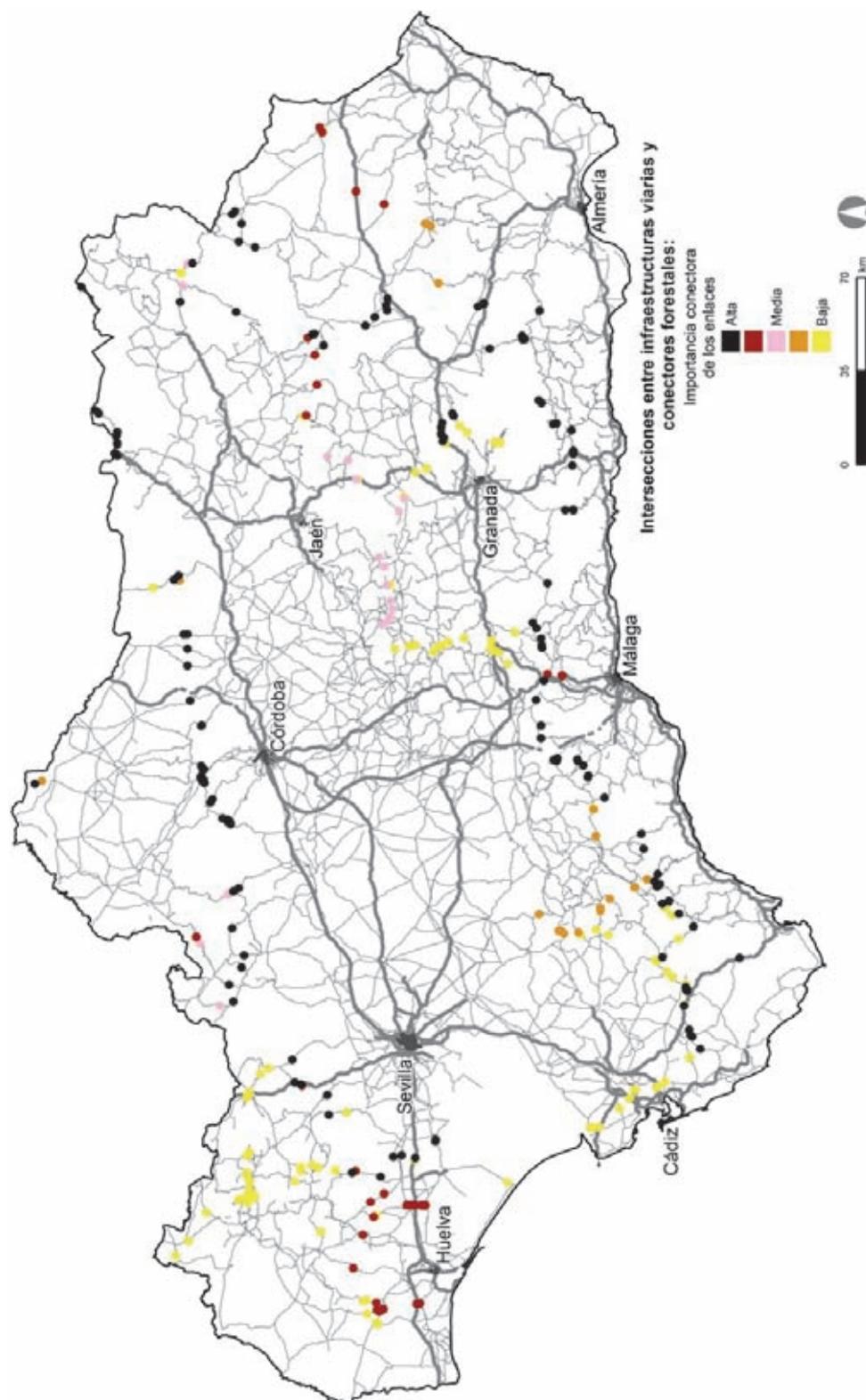


Figura 6.3. Áreas con intersecciones entre infraestructuras viarias y conectores forestales. Se indican los puntos de cruce entre vías de transporte y conectores forestales (enlaces entre nodos forestales identificados mediante la herramienta para el análisis de la conectividad ecológica CONEFOR, Saura y Torné 2009). Al no haberse considerado datos de Portugal, puede estar subestimándose la presencia de conectores forestales transfronterizos. Las intersecciones se han clasificado en cinco categorías de importancia, tres de ellas denominadas de importancia alta, media y baja, y las otras dos correspondientes a valores de importancia intermedios entre aquéllas. Véase capítulo 5 y anexo I.5 para detalles sobre metodología.

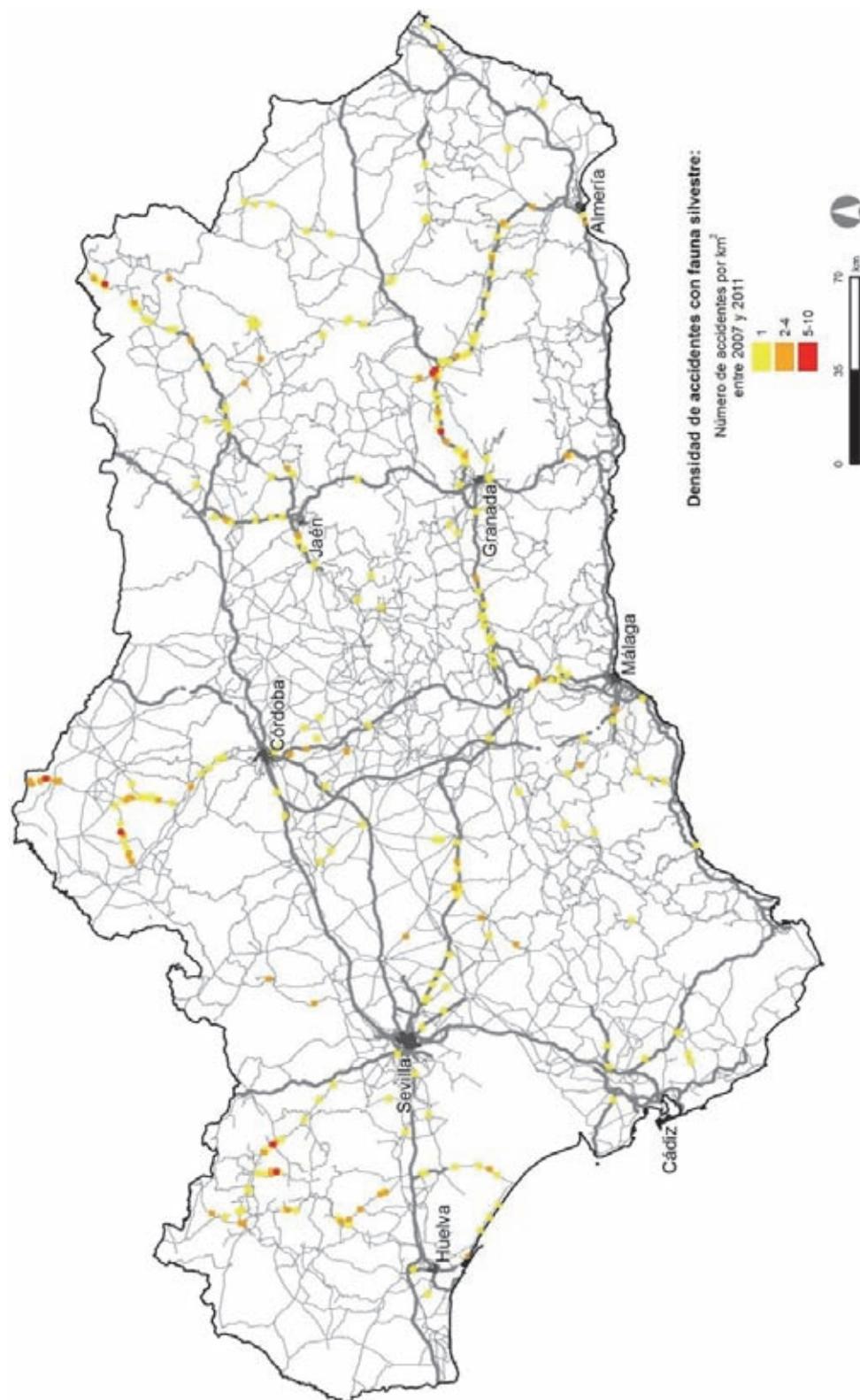


Figura 6.4. Densidad de accidentes con fauna silvestre. Se indican las cuadrículas UTM de 1 km² donde se ha registrado este tipo de siniestralidad, clasificadas por el número de accidentes en cada cuadrícula (281 cuadrículas en total). Los registros corresponden a los de la base de datos ARENA (DG de Tráfico); se han georeferenciado alrededor del 50% del total de registros, localizados mayoritariamente en carreteras de doble calzada, autopistas y autovías. Véase capítulo 5 y anexo I para detalles sobre metodología.

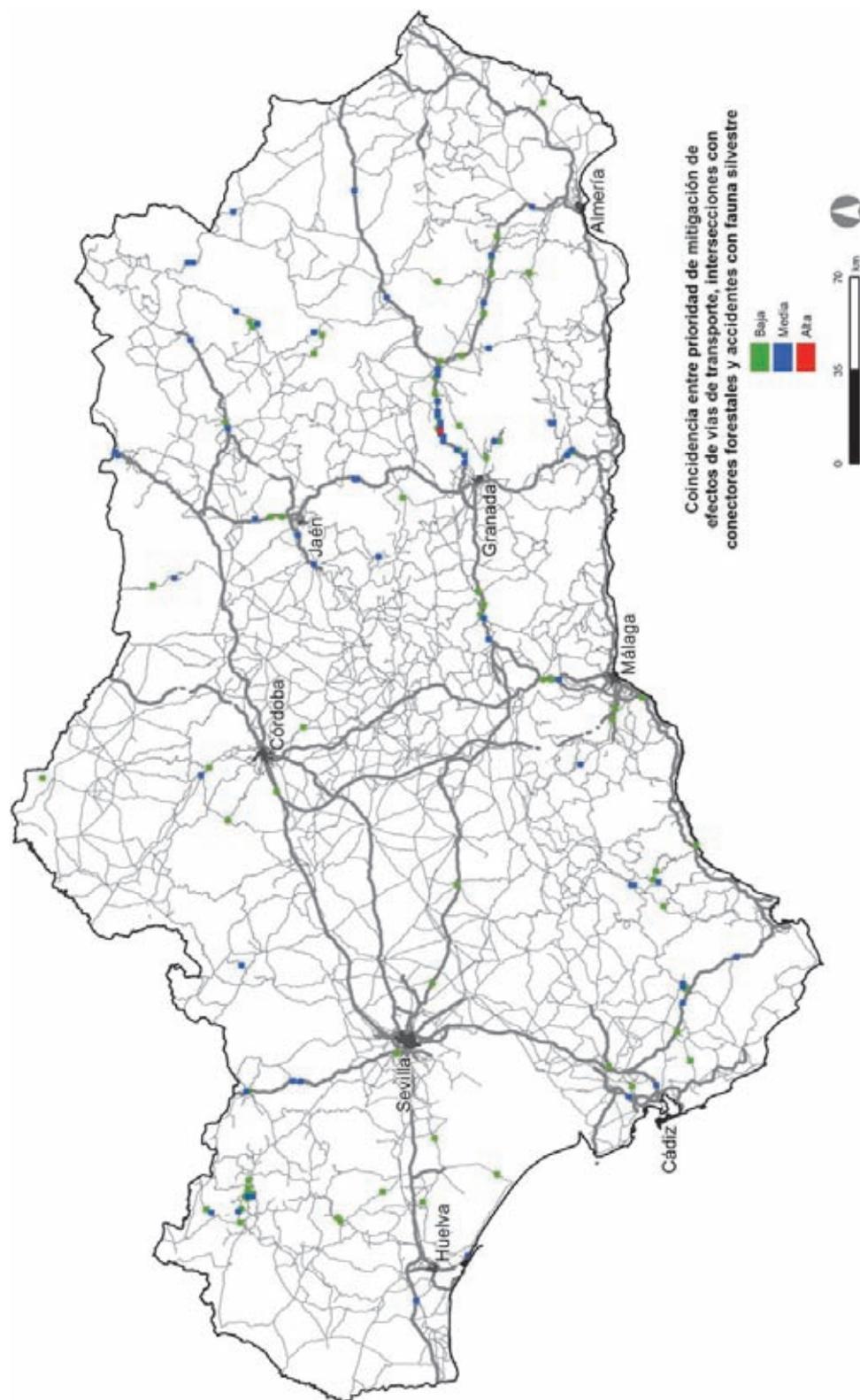


Figura 6.5. Áreas en las que coinciden distintos criterios. Se indican las cuadrículas UTM de 1 km² donde coinciden áreas a desfragmentar a nivel autonómico (Figura 6.2), intersecciones entre infraestructuras viarias y conectores forestales (Figura 6.3) y accidentes con fauna silvestre (Figura 6.4). Se han clasificado en tres categorías que reflejan número de coincidencias (2 o 3 criterios) y prioridad de cada uno de los índices. Dados los sesgos del modelo de conectividad forestal y de la densidad de accidentes con fauna silvestre descritos en las Figuras 6.3 y 6.4, se puede estar subestimando la presencia de cuadrículas con coincidencias en las áreas más próximas a la frontera con Portugal y en carreteras convencionales, de calzada única. Véase capítulo 5 y anexo I para detalles sobre metodología.

Diagnóstico general

Vulnerabilidad biológica a las infraestructuras lineales de transporte, tamaño efectivo de malla y densidad de red de infraestructuras lineales de transporte

- El promedio del índice de vulnerabilidad biológica a las infraestructuras lineales de transporte en Aragón es muy similar a la media estatal (véase Tabla II.1 en anexo II). Este índice alcanza valores máximos en los valles pirenaicos (véase Figura 3.2 en el apartado 3.2, en especial la Canal de Berdún, Ansó, Hecho, Canfranc, Tena, Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido, Pineta y Chistau), sierras prepirenaicas (destacando las sierras de la Sarda, Santo Domingo, de La Peña, Loarre-Caballera, Guara, Torón y Carrodilla), Altas Cinco Villas, las Bardenas, montes de Castejón y Zuera, Sierra de Alcubierre, Serreta Negra, humedales de Bujaraloz y Sástago, Moncayo, estepas de Azuara y Belchite, valle del río Piedra y sierras del suroeste de la provincia de Zaragoza, laguna de Gallicantá, Sierra de Arcos, Puertos de Beceite y sierras próximas del noroeste de la provincia de Teruel, Maestrazgo, y Sierras de Gúdar, Javalambre, Albarracín y Montes Universales. También se encuentran valores máximos o altos en la mayor parte de la red hidrográfica del Ebro. En el resto de la C. A. predominan los valores medios, con áreas de valores mínimos en la ciudad de Zaragoza, Ribagorza y en amplias áreas agrarias y esteparias en la vega y margen derecha del Ebro y páramos del centro de la provincia de Teruel.

- Aragón es la segunda C. A. con mayor **tamaño efectivo de malla** medio, después de Cataluña (véase Tabla II.1 en anexo II). En esta C. A. se encuentra la mayor área continua con valor de **tamaño efectivo de malla** máximo en toda España, el Alto Pirineo y Prepireneo centrales, compartida con Cataluña (véase Figura 3.8 en el apartado 3.3). Pero además tiene un amplio conjunto de áreas con buen tamaño y valores de tamaño efectivo de malla alto en el resto de Pirineos-Sierra de la Peña, Sierra de Santo Domingo-Altas Cinco Villas y las Bardenas (prolongadas en Navarra en la Sierra de Abodi, Valle del Aragón y Bardenas Reales, respectivamente); Tauste-Montes de Zuera, Tardienta-Sierra de Alcubierre, Monegros, Caspe-Mequinzenza y Calanda-Alcañiz en el Valle del Ebro; Moncayo (compartida con Soria); Puertos de Beceite-Maestrazgo (compartida con Valencia y Cataluña); Ribagorza baja (compartida con Cataluña); Sierra de Albarracín (compartida con

Castilla-La Mancha) y sierras y páramos de Teruel (incluye las Sierras de Javalambre y Gúdar y los páramos del centro de la provincia). El resto de la C. A. esta cubierta por una mezcla compleja de áreas con valores de medios a mínimos, estos últimos en áreas especialmente amplias en la Hoya de Huesca y su entorno y en la vega del Ebro.

- Aragón también es la segunda C. A. con menor **densidad de red de infraestructuras lineales de transporte**, después de Extremadura (véase Tabla II.1 en anexo II). La densidad de red de infraestructuras lineales de transporte es particularmente alta en el corredor de transporte de la ribera del Ebro, pero es baja en la mayor parte del resto de este valle, Cinco Villas, sierras Pre-pirenaicas, Pirineos y la mayor parte de la provincia de Teruel (véase Figura 3.10 en el apartado 3.4).

Prioridad de mitigación de efectos de vías de transporte: áreas a desfragmentar

Aragón es la C. A. con segundo promedio más alto en el índice de patrimonio natural poco fragmentado, doblando a la media estatal, y superado solo por el de Cataluña (véase Tabla II.2 en anexo II). En cambio, es la segunda C. A. con menor promedio en el índice de patrimonio natural muy fragmentado, superando sólo a Castilla-La Mancha. El número de cuadrículas prioritarias según el índice de patrimonio natural poco fragmentado es mayor en la selección estatal, pero ocurre lo contrario con el índice de patrimonio natural muy fragmentado (Figuras 6.6 y 6.7). Se ha considerado la selección estatal en la descripción de áreas del índice de patrimonio natural poco fragmentado y la selección autonómica para el de patrimonio natural muy fragmentado. Ambos índices de patrimonio natural destacan como prioritarios algunos de los principales corredores de transporte de la C. A.

a) Áreas a desfragmentar situadas en zonas con índice de patrimonio natural poco fragmentado

La mayor concentración de cuadrículas con alta prioridad del índice de patrimonio natural poco fragmentado se encuentra en la gran área con máximo tamaño efectivo de malla de Pirineos y Prepireneo centrales (véase Figura 6.6), como en el caso de Cataluña. Estas cuadrículas se agrupan a lo largo de las principales vías de comunicación y algunas carreteras de menor importancia de esta amplia área montañosa: corredor A-23, N-330 y ferrocarril entre Jaca y Francia; corredor de la

A-23, N-330 y ferrocarril entre Huesca y Jaca y de la A-23 y N-240 en Puente la Reina; A-2606 hacia Baños de Panticosa; N-260 y A-136 entre Sabiñánigo y Francia; N-260 entre Sabiñánigo y Fiscal y entre Biescas y Cataluña; A-135 hasta Ordesa; A-1604 entre la N-330 y Boltaña; A-1227 y otras carreteras convencionales en el sur de la Sierra de Guara; HU-631 entre Sarvisé y Escalona; A-138 entre Abizanda y Francia; A-2611 al Parador de Bielsa; A-2609 y otras carreteras en el Valle de Chistau; carreteras convencionales en la Sierra de Torón; A-139 en el Valle de Benasque; carretera a la estación de Cerler; A-139 entre Barbastro y la N-260; y N-230 desde el Valle de Arán hasta Benabarre.

Otras concentraciones importantes de cuadrículas prioritarias según este índice se encuentran en el corredor de la A-23, N-330a, A-123 y LAV entre Huesca y Zuera; corredor del Ebro (AP-68, A-68, N-232 y ferrocarril) entre Zaragoza y Alagón; A-23, N-330 y ferrocarril entre María de Huerva y Muel; nordeste de la provincia de Teruel, en el entorno de los Puertos de Beceite y sierras cercanas (N-232, A-225, A-231 y otras carreteras); Sierra de San Just (N-420, N-211, A-1403 y otras carreteras); A-228 entre Cañada Vellida y Camarillas; y Maestrazgo turolense-Sierra de Gúdar (A-226, A-228 y otras carreteras convencionales).

Otras concentraciones menos importantes o cuadrículas aisladas se encuentran en la A-176 en los valles de Ansó y Hecho; A-127 entre Sos del Rey Católico y Castiliscar; A-1601 y otras carreteras en Navardún y el Puerto de los Cuatro Caminos; A-132 y ferrocarril entre Puente la Reina y Ayerbe; A-1202 entre Uncastillo y Ayerbe; A-1205, HU-V-3001 y ferrocarril en Yeste; A-125 entre Ejea de los Caballeros y Navarra y en Ballestar; N-240 entre Huesca y Bandalies; nudo viario de Tardienta (A-1210, A-1211 y LAV); A-22 y N-240 entre Binéfar y Cataluña; A-126, A-127 y carreteras de menor entidad en Tauste; corredor de la A-23, N-330a y LAV en Villanueva de Gállego; A-129 entre Leciñena y Alcubierre; corredor de la AP-2, A-2 y N-II entre Zaragoza y Osera de Ebro; AP-2, A-230 y LAV en Bujaraloz; A-2214 y LAV en Candanos; AP-2 entre Candanos y Fraga; A-130, A-131 y A-2214 en Ontiñena; N-234 entre Villarroya de la Sierra y Clarés de Ribota y cerca de Calatayud; A-121, otras carreteras y LAV en Ricla; nudos viarios de La Almunia de Doña Godina (A-2, N-IIa, A-220, carreteras convencionales y ferrocarril) y Caspe (N-211, A-221, A-230 y ferrocarril); N-211 entre Caspe y Mequinzenza; A-223 en Albalate del Arzobispo; N-420 en Valdeltorno; A-23, N-234, N-211, carreteras convencionales y ferrocarril en Caminreal,

Torrijo del Campo y Singra; N-211 en Vivel del Río Martín; A-1704 y otras carreteras en los Montes Universales y Sierra de Albarracín; N-330 en Libros; A-1514 y otras carreteras en la Sierra de Javalambre; A-232 y carreteras convencionales en Rubielos de Mora; y carreteras convencionales en Aisa, Tierga y Pancrudo.

b) Áreas a desfragmentar situadas en zonas con índice de patrimonio natural muy fragmentado

Las cuadrículas prioritarias según el índice de patrimonio natural muy fragmentado (véase Figura 6.7) se concentran en el corredor de la A-21, N-240 y tramos de ferrocarril en el Valle del Aragón, entre Jaca y Sabiñánigo; A-22 y N-240 entre Siétamo y Binéfar; nudo viario en el entorno de Zaragoza (AP-68, AP-8, A-2, A-23 y Z-40); y A-2, N-IIa, carreteras convencionales y LAV entre Calatayud y Granja de San Pedro.

Cuadrículas dispersas o concentraciones de menor importancia se encuentran en el corredor de la AP-68 y la N-232 entre Alagón y Mallén; nudos viarios en Estada (N-123, A-133 y A-138), Grañén (A-1210, A-1212, A-1213, A-1214, A-1216 y ferrocarril), Sariñena (A-129, A-131, A-230, otras carreteras convencionales y ferrocarril), Gallur (A-127, VP-24 y ferrocarril), Épila (A-122, otras carreteras, ferrocarril y LAV), Alagón (AP-68, A-68, A-122, A-126 y ferrocarril); Zuera (A-23, N-33a, A-123, A-124 y LAV), Fuentes de Ebro (N-232, carreteras convencionales, ferrocarril y LAV), Quinto (N-232, A-221, CP-09 y ferrocarril), Monzón (N-240, A-130, otras carreteras y ferrocarril), Fraga (AP-2, A-2, N-211, A-131, A-142 y otras carreteras), Belchite (A-220, A-222, A-1307, A-1506 y otras carreteras), Daroca (N-234, A-211 y otras carreteras), Alcañiz (N-211, N-232 y carreteras convencionales) y Teruel (A-23, N-234, N-330, N-420 y ferrocarril); N-121 y N-122 en Tarazona; N-122 y carreteras convencionales en Magallón; A-140 en Tamarite de Litera y Albelda; A-216 y A-217 en Pertusa; N-123 y carreteras convencionales en Torres del Obispo; A-122, otras carreteras, ferrocarril y LAV entre Bárboles y Épila; carreteras convencionales, ferrocarril y LAV entre Sabiñán y Calatayud; A-122, ferrocarril y LAV en Lucena de Jalón; A-23, N-330 y LAV en Cuarte de Huerva; A-68, N-232 y LAV entre Zaragoza y Fuentes de Ebro; AP-2, A-ARA-1, A-2 y N-II en Nuez de Ebro y Villafranca de Ebro; AP-2 y N-II en Candanos; A-131, A-1234 y A-1239 en Albalate de Cinca; A-1234 y LAV en Ballobar; A-202 entre Nuévalos y Lugar Nuevo y otras carreteras en Calmarza; A-23, N-330 y ferrocarril entre Paniza

y Villarreal de Huerva y entre Cuencabuena y Calamocha; A-222 y otras carreteras en Cortes de Aragón; A-224, otras carreteras y ferrocarril entre Híjar y Castelnou; CV-103 en Fayón; A-221 y otras carreteras en Sástago; A-226 en Calanda; A-1408, A-1409 y A-1410 en Castelserás; A-1512 y otras carreteras de menor entidad en Noguera de Albarra-cín, Bronchales y Orihuela del Tremedal; A-1703 en Terriente; A-1513 en el Puerto de Donarque; A-23 y ferrocarril en la Puebla de Valverde; A-23, N-234 y ferrocarril entre la Puebla de Sarrión y el límite con Castellón; A-228 en Mora de Rubielos; A-232 en Fuentes de Rubielos; y carreteras convencionales en El Cuervo y Sierra de Peñarredonda.

Otros índices complementarios para la identificación final

I. Conectividad forestal

El promedio en Aragón del índice de intersección entre infraestructuras viarias y conectores forestales es ligeramente inferior a la media estatal (véase Tabla II.2 en anexo II). Las intersecciones entre conectores forestales y vías de transporte reflejan la red compleja de conectores forestales en esta C. A. (véanse Figuras I.7-I.10 en anexo I).

Las intersecciones entre conectores forestales de importancia alta y vías de transporte (véase Figura 6.8) se concentran en la periferia montañosa de la mitad sur de la provincia de Teruel, (conectando las Sierras Pelada, de Albarracín, Javalambre y Gúdar), Pirineos y Prepirineo (largos conectores de oeste a este, que continúan en Navarra y Cataluña, desde los valles al pie del Alto Pirineo hasta el sur de las sierras prepirenaicas), sierras del suroeste de la provincia de Zaragoza y norte de la de Teruel (conectando aproximadamente las Sierras de Pardos, Santa Cruz, Herrera, Pelada, Arcos, San Just y Bordón), entorno de las sierras de Caspe, Mequinenza y Encanada, conector entre las Sierras de Alcubierre, Sigena y Mequinenza (atravesando el Ebro al este de Bujaraloz), y conector desde la Sierra de Santo Domingo a los Montes de Zuera. Otros conectores de importancia baja se encuentran entre el Moncayo y los Montes de Zuera (atravesando el Ebro cerca de Luceni), Montes de Zuera y Sierra de Alcubierre, y Montes de Zuera y sierras de Teruel (atravesando el Ebro al oeste de Zaragoza). Por tanto, a diferencia del Valle del Guadalquivir (Andalucía), en el Valle del Ebro sí parece necesario asegurar la conectividad forestal entre ambos márgenes del río, debido a la presencia de nodos forestales en el fondo del valle.

Destacan las intersecciones de conectores de importancia alta con los corredores de transporte AP-2/N-II/LAV al este de Bujaraloz y en Calatayud; A-23/N-330/ferrocarril en Cariñena; y A-23/N-234/ferrocarril en Singra y el Puerto de Escandón.

II. Densidad de accidentes con fauna silvestre

El promedio de la densidad de accidentes con fauna silvestre en Aragón es ligeramente inferior al estatal (véase Tabla II.2 en anexo II). Los tramos con mayor densidad de accidentes (véase Figura 6.9) se encuentran en: Pirineos y Prepirineo occidentales (en especial N-330 entre Arguis y Sabiñánigo, N-260 entre esta última localidad y Biescas, A-23/N-330 entre Sabiñánigo y Santa Cilia, y N-330 entre Jaca y Villanúa); carreteras alrededor de Ainsa; A-132 entre Huesca y Esquedas; N-240 entre la A-22 y Barbastro; N-123 entre Barbastro y Esteda; A-138 entre Esteda y Abizanda; varias carreteras en el entorno de Monzón, entre esta localidad y Albalate de Cinca y en el bajo Cinca en Fraga y Zaidín; A-2/N-IIa entre La Almunia de Doña Godina y Calatayud; N-211 en Alcañiz y varias carreteras al este de la ciudad de Teruel.

III. Áreas en las que coinciden distintos criterios

En la Figura 6.10 se representan todas las cuadrículas en que se ha encontrado coincidencia de criterios en Aragón (255 en total). La mayor concentración de cuadrículas con coincidencias se encuentra en Pirineos y Prepirineo, destacando el corredor A-23/N-330/ferrocarril entre Arguis, Sabiñánigo, Jaca y Santa Cilia; N-260 entre Biescas y Ainsa y entre Seira y el límite con Cataluña; A-138 entre Ainsa y Bielsa; y A-139 en el Valle de Benasque.

Otros tramos con varias cuadrículas con coincidencias se encuentran en la A-132 entre Carcavilla y el Puerto de Santa Bárbara; A-23/N-330a/LAV entre Zuera y Huesca; A-22/N-240 entre Barbastro y Monzón y en Altorricón; N-240, A-130 y carreteras de menor entidad en Monzón y Pomar de Cinca; AP-68/A-68/N-232 y otras carreteras en Alagón y Pedrola; A-2 y ramal de la LAV al oeste de Zaragoza; AP-2/A-2/LAV entre Alfajarín y Candasnos; A-2/N-IIa/LAV en la Almunia de Doña Godina y entre el El Frasno y Ateca (con una cuadrícula de máxima prioridad en Aluenda) y A-23/ferrocarril entre Teruel y el Puerto de Escandón.

Cuadrículas en menor número, mas dispersas o aisladas se encuentran en la A-176 en el Valle de

Hecho; N-330/ferrocarril entre Jaca y Canfranc; A-136 entre Biescas y Hoz de Jaca; N-260 entre Sabiñánigo y Biescas; A-1604 entre la N-330 y Boltaña; HU-631 en el Valle de Añisclo; A-2609 en el Valle de Chistau; N-260 y A-139 entre el Puerto de la Foradada y Santaliestra y San Quilez; A-138 entre Ainsa y Abizanda; A-1227 en Panzano; A-2205 en Bárcabo; N-123a y A-139 entre el Embalse de Barasona y Las Ventas de Santa Lucía; N-123 en Benabarre; A-1605 en La Manzana; A-125 en Ejea de los Caballeros; A-129 en el Puerto de Alcubierre; N-122 en Tarazona; A-122 en Bárboles; A-222 y LAV en Fuentes de Ebro; A-68, A-ARA-1, N-232 y ferrocarril en Guadalajara; N-234 en Villarroya de la Sierra; A-2 y ferrocarril en Monreal de Ariza; CV-685 en Pajares de Calmarza; A-202 en Lugar Nuevo; nudo viario de Daroca; N-234 en Luco de Jiloca; A-23/N-330 y ferrocarril en Muel y Cerveruela; A-23/N-234 en Monreal del Campo y Puerto de Singra; N-211 en Portalrubio y Montalbán; A-1702 en el Puerto de Villarluengo; A-1409 en Alcañiz; A-225 en Aguaviva; carreteras convencionales en Bronchales y Orihuela del Tremedal; A-228 en el Puerto de San Rafael y A-1701 en el Puerto de Linares.

Directrices generales sobre acciones a desarrollar

Se han identificado varios tramos prioritarios, tanto con los índices de patrimonio natural poco y muy fragmentado, como por coincidencia de criterios, en corredores de transporte compuestos por varias vías paralelas en los que se pueden considerar prioritarias las acciones de permeabilización, destacando el gran corredor de transporte del Ebro, A-2/N-IIa/LAV entre Soria y Zaragoza, A-23/N-330a/LAV entre Huesca y Zuera, A-23/N-330/ferrocarril entre Huesca y Jaca, futura A-21/N-240 entre Jaca y Navarra y A-22/N-240 entre Huesca y Lleida.

Es importante destacar que el modelo de conectividad forestal identifica conectores que cruzan el río Ebro y ponen en contacto las masas boscosas más cercanas al gran río con las de las montañas de la periferia del valle. De hecho, se han registrado buen número de accidentes con fauna silvestre en las carreteras del gran corredor de transporte de este valle que transcurre paralelo al río en toda su longitud dentro de la C. A. Todo indica que este corredor puede constituir una importante barrera para la fauna, ya que incluye vías de gran capacidad con vallados perimetrales, en particular la LAV, u otras estructuras paralelas al río que

incrementan la fragmentación, como los grandes canales de riego. Este factor debería tenerse en cuenta a la hora de mejorar la permeabilidad del corredor del Ebro, que dado su ancho cauce, puede constituir también una barrera natural importante para la fauna, en particular teniendo en cuenta la presencia de grandes embalses como Mequinenza. Estudios de detalle en el valle, junto con la información proporcionada por los modelos aquí presentados, pueden identificar la mejor estrategia para garantizar la desfragmentación del fondo del valle, que posiblemente ha de basarse en la conexión de las manchas de hábitat natural en un entorno de agricultura intensiva e importante desarrollo urbanístico, siguiendo una estrategia de conexión de estriberones o áreas aliñadas "puente" (del inglés *stepping stones*).

Como ocurre en todas las CC. AA., el índice de patrimonio natural muy fragmentado ha podido identificar como prioritarias cuadrículas en las vías de transporte del entorno de una gran ciudad como Zaragoza (incluyendo la Z-40), donde es posible que no sea ya recomendable actuar por tratarse de un medio muy urbanizado, o con desarrollo urbanístico previsible en un futuro próximo. Pero si hay prevista la conservación a largo plazo de espacios naturales periurbanos, estas cuadrículas pueden estar señalando puntos de actuación crítica para el mantenimiento de la funcionalidad ecológica de estas áreas, por ejemplo, en los bosques de la ribera del Ebro y Galachos al sureste de la ciudad, completamente rodeados por grandes vías de transporte. Este índice también ha identificado como prioritarias cuadrículas en grandes nudos viarios donde posiblemente no sea recomendable actuar por razones parecidas, pero estas cuadrículas están indicando áreas donde la concentración de vías de transporte está causando un grado de fragmentación importante, que puntualmente podría requerir actuaciones de mitigación.

Se han identificado también tramos de vías de transporte en áreas del Valle del Ebro importantes para aves esteparias y cercanas a humedales, donde sería prioritaria la localización de posibles puntos negros de atropello y aplicación de medidas correctoras del problema si fuera necesario.

Tanto los índices de patrimonio natural como la combinación de criterios también han identificado como prioritarios varios tramos o cuadrículas aisladas tanto en carreteras de gran capacidad como en vías convencionales, sobre todo de Pirineos, Prepirineo y grandes sierras

de la provincia de Teruel, que pueden servir de guía para la localización de posibles puntos negros de atropello y como listado de áreas particularmente sensibles al desarrollo de nuevas

infraestructuras, en las que habría que prestar especial atención al problema de fragmentación en caso de ampliaciones o nuevas construcciones.

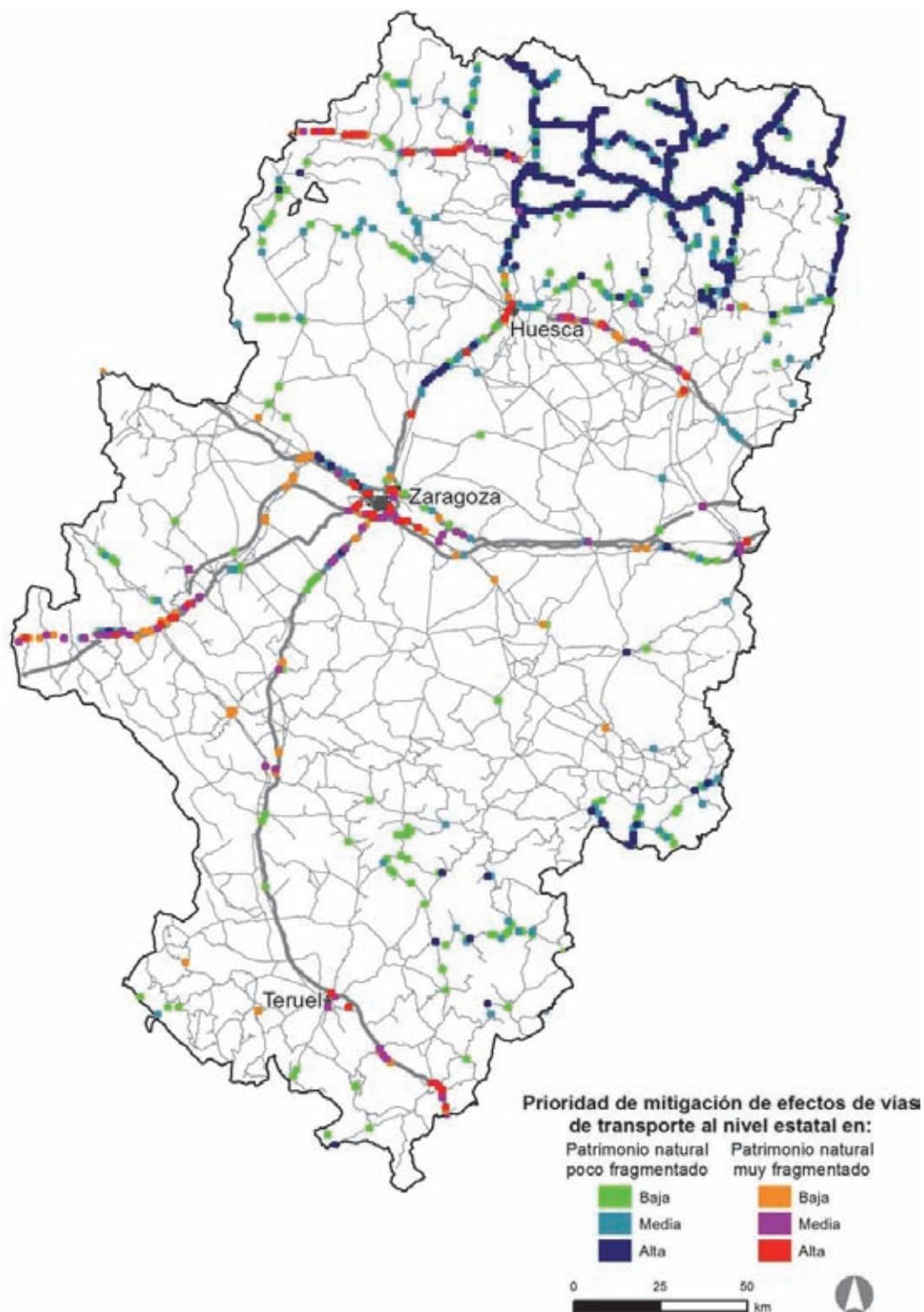


Figura 6.6. Áreas a desfragmentar. Selección a nivel estatal. Cuadrículas UTM de 1 km² correspondientes a Aragón de la selección realizada para todo el Estado a partir del modelo de áreas prioritarias para aplicar medidas de desfragmentación: 5.000 cuadrículas con mayor valor de cada uno de los dos índices seleccionadas en todo el Estado. Véase capítulo 4 y anexo I para detalles sobre metodología.

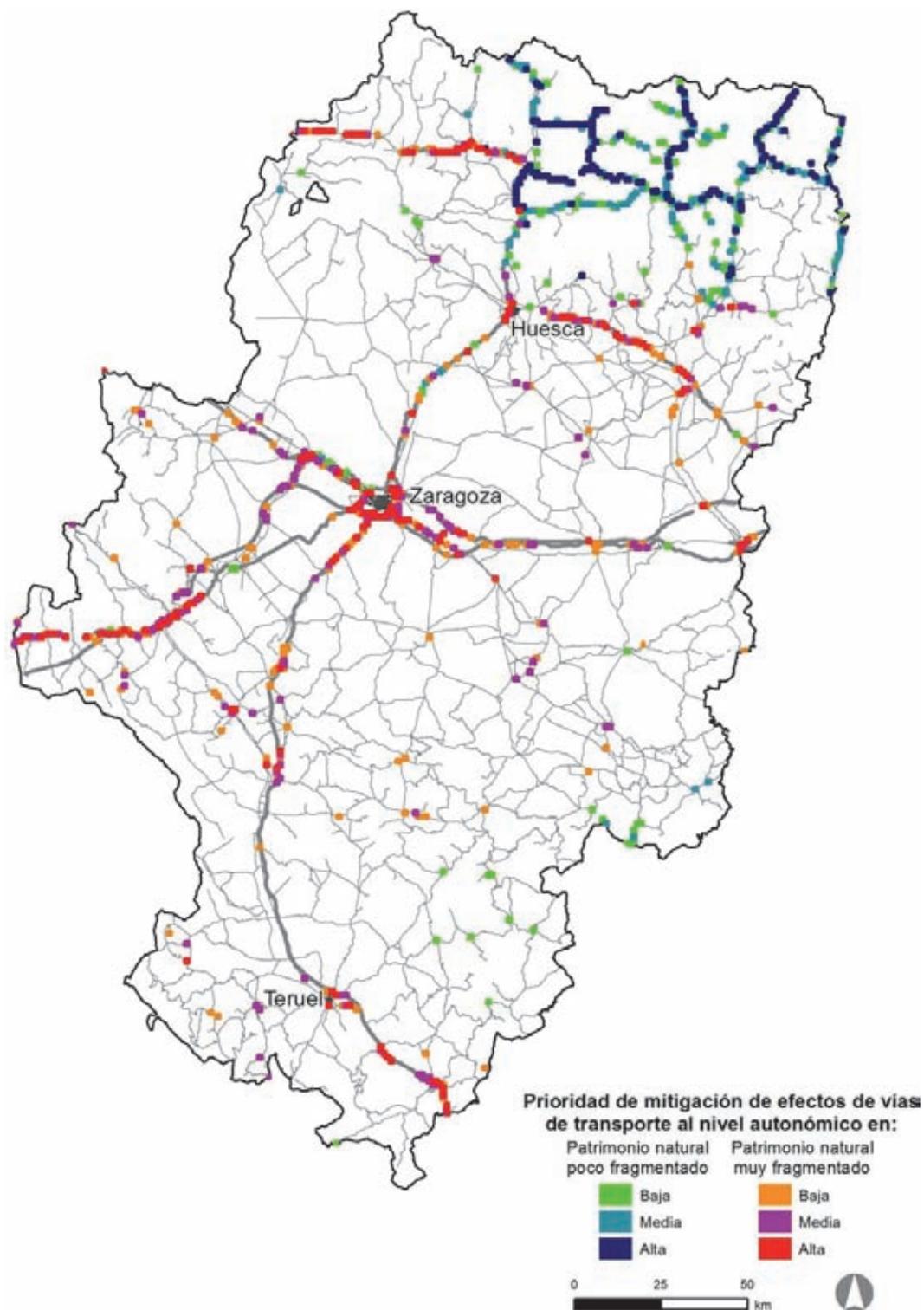


Figura 6.7. Áreas a desfragmentar. Selección a nivel autonómico. Se ha seleccionado en cada C. A. el 1% del total de cuadrículas UTM de 1 km² con mayor valor en cada uno de los dos índices de patrimonio natural (en total en ésta 974). Esta selección refleja por tanto las áreas más importantes en Aragón independientemente del resto del Estado. Véase capítulo 4 y anexo I para detalles sobre metodología.

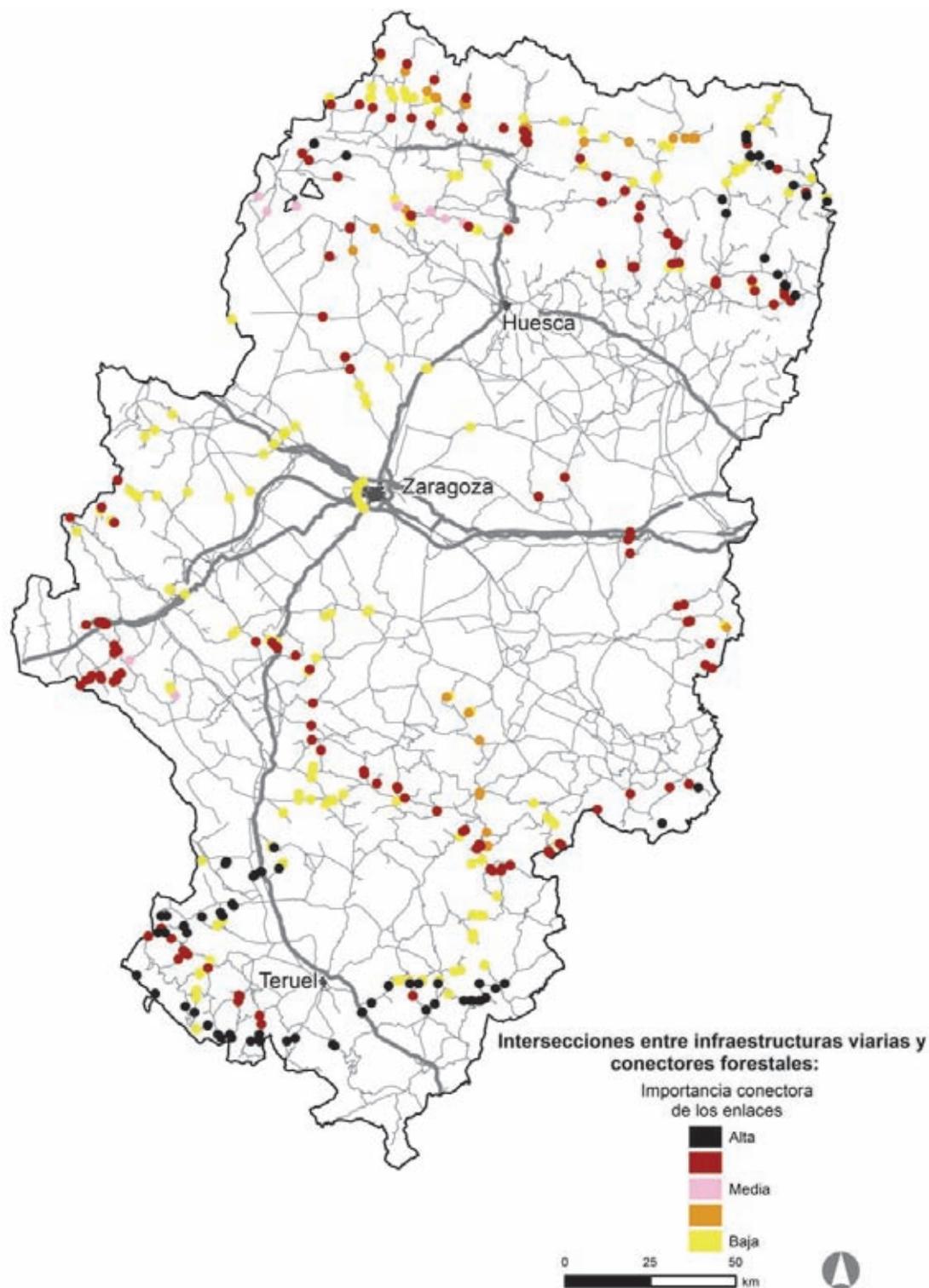


Figura 6.8. Áreas con intersecciones entre infraestructuras viarias y conectores forestales. Se indican los puntos de cruce entre vías de transporte y conectores forestales (enlaces entre nodos forestales identificados mediante la herramienta para el análisis de la conectividad ecológica CONEFOR, Saura y Torné 2009). Al no haberse considerado datos de Francia, puede estar subestimándose la presencia de conectores forestales transfronterizos. Las intersecciones se han clasificado en cinco categorías de importancia, tres de ellas denominadas de importancia alta, media y baja, y las otras dos correspondientes a valores de importancia intermedios entre aquéllas. Véase capítulo 5 y anexo I.5 para detalles sobre metodología.

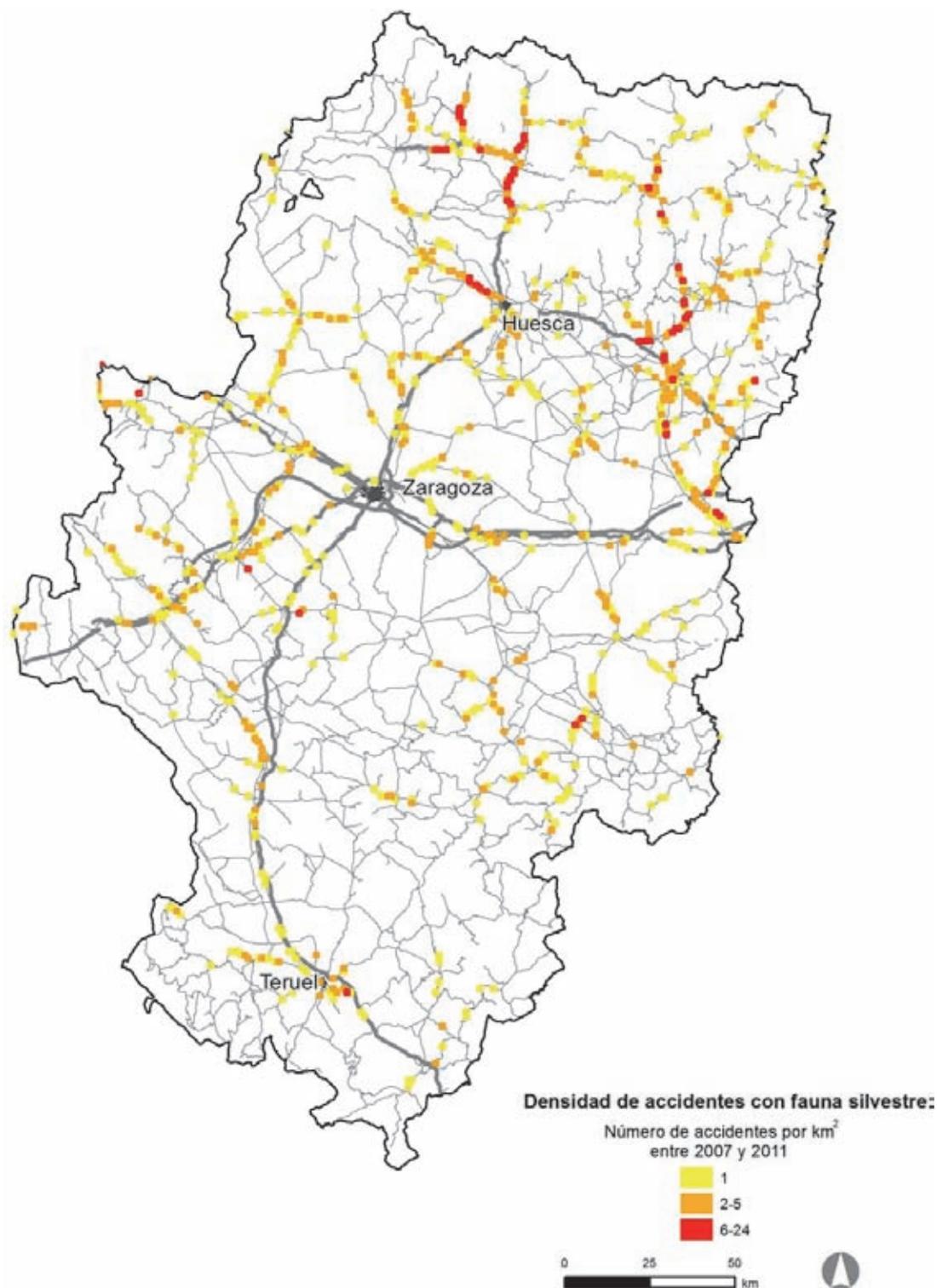


Figura 6.9. Densidad de accidentes con fauna silvestre. Se indican las cuadrículas UTM de 1 km² donde se ha registrado este tipo de siniestralidad (937 cuadrículas en total en Aragón), clasificadas por el número de accidentes en cada cuadrícula. Los registros corresponden a los de la base de datos ARENA (DG de Tráfico); se han georreferenciado alrededor del 50% del total de registros, localizados mayoritariamente en carreteras de doble calzada, autopistas y autovías. Véase capítulo 5 y anexo I para detalles sobre metodología.

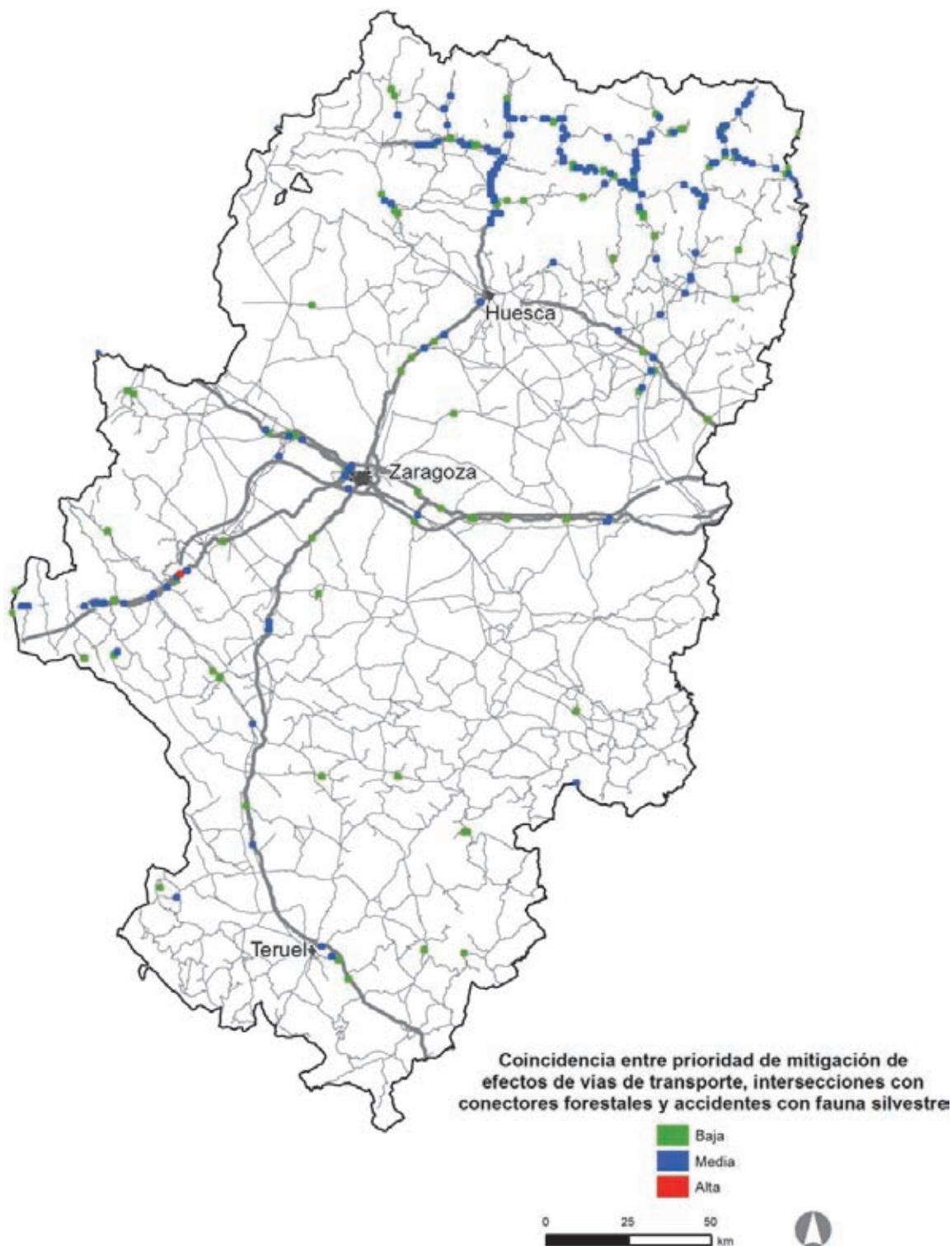


Figura 6.10. Áreas en las que coinciden distintos criterios. Se indican las cuadrículas UTM de 1 km² donde coinciden áreas a desfragmentar a nivel autonómico (Figura 6.7), intersecciones entre infraestructuras viarias y conectores forestales (Figura 6.8) y accidentes con fauna silvestre (Figura 6.9). Se han clasificado en tres categorías que reflejan número de coincidencias (2 o 3 criterios) y prioridad de cada uno de los índices. Dados los sesgos del modelo de conectividad forestal y de densidad de accidentes con fauna silvestre descritos en las Figuras 6.8 y 6.9, se puede estar subestimando la presencia de cuadrículas con coincidencias en las áreas más próximas a la frontera con Francia y en carreteras convencionales, de calzada única. Véase capítulo 5 y anexo I para detalles sobre metodología.

Diagnóstico general

Vulnerabilidad biológica a las infraestructuras lineales de transporte, tamaño efectivo de malla y densidad de red de infraestructuras lineales de transporte

- El valor medio del índice de vulnerabilidad biológica a las infraestructuras lineales de transporte en Canarias es similar al promedio estatal (véase Tabla II.1 en anexo II). Alcanza valores máximos en todo el interior de las islas de La Palma, La Gomera y El Hierro, medianías y Parques Rurales de Teno y Anaga en Tenerife, centro de Gran Canaria y montañas de Betancuria en Fuerteventura (véase Figura 3.2 en el apartado 3.2). El resto de la superficie de las islas de La Palma, La Gomera, El Hierro, Fuerteventura y Lanzarote tiene valores medios, y se encuentran valores mínimos en el Teide y en la mayor parte de las costas de Tenerife y Gran Canaria

- Islas Canarias es la cuarta C. A. con menor tamaño efectivo de malla medio (superando solo a Galicia, Comunidad de Madrid y País Vasco). Las áreas con mayor tamaño efectivo de malla, en el rango de valores medios, se encuentran en el centro de la isla de Tenerife, mitad norte de La Palma, suroeste de Gran Canaria y costa oeste de Fuerteventura, incluyendo la Península de Jandía (véase Figura 3.8 en el apartado 3.3). El resto de la superficie de las islas está ocupada por áreas con tamaño efectivo de malla bajo.

- Canarias es la cuarta C. A. con mayor densidad de red de infraestructuras lineales de transporte, superada solo por las mismas CC. AA. que en el caso anterior (véase Tabla II.1 en anexo II). La densidad de red de infraestructuras lineales de transporte es particularmente alta en el norte y noreste de Gran Canaria, y costas y medianías de Tenerife y La Palma (véase Figura 3.10 en el apartado 3.4). Las áreas con menor densidad de infraestructuras lineales de transporte se encuentran en el centro de Tenerife y La Palma, suroeste de Gran Canaria, oeste de Lanzarote y costa occidental de Fuerteventura.

Prioridad de mitigación de efectos de vías de transporte: áreas a desfragmentar

Las Islas Canarias tienen un promedio equivalente al estatal en el índice de patrimonio natu-

ral poco fragmentado, y el segundo mayor promedio de todas las CC. AA. en el índice de patrimonio natural muy fragmentado, superado solo por el País Vasco (véase Tabla II.2 en anexo II). El número de cuadrículas prioritarias según el índice de patrimonio natural poco fragmentado es ligeramente superior en la selección autonómica y ocurre lo contrario con el índice de patrimonio natural muy fragmentado (Figuras 6.11 y 6.12). Por tanto, se ha usado la selección autonómica en el primer índice y la estatal en el segundo para describir las áreas a desfragmentar.

a) Áreas a desfragmentar situadas en zonas con índice de patrimonio natural poco fragmentado

Las cuadrículas prioritarias según el índice de patrimonio natural poco fragmentado (véase Figura 6.12) se encuentran en la mitad norte de la Isla de La Palma (en especial en las carreteras LP-1, LP-2, LP-3, LP-4, LP-109, LP-111 Y LP-202); noroeste de La Gomera; medianías de Tenerife (TF-1 en Santiago del Teide, TF-12 en el Parque Rural de Anaga, TF-21 en Vilaflor y Aguamansa, TF-28 en el entorno de Arico y TF-523 en Arafo); centro y suroeste de Gran Canaria (GC-1 al oeste de Maspalomas y en Mogán, GC-60, GC-65 y otras carreteras en Tijarana, y carreteras cerca del embalse de Ayagaure, Las Filipinas y Los Almacijos-Veneguera); y Fuerteventura (FV-30 en Betancuria).

b) Áreas a desfragmentar situadas en zonas con índice de patrimonio natural muy fragmentado

Las cuadrículas prioritarias según el índice de patrimonio natural muy fragmentado (véase Figura 6.11) se encuentran en La Palma (LP-1 en Santa Cruz de la Palma, Barlovento, Puntagorda y Tazacorte, LP-2 en El Paso y Los Canarios, LP-4 en Mirca, y otras carreteras en Garafía y La Cumbrecita); centro de El Hierro (en especial HI-1 y HI-45); centro de La Gomera (TF-711 y TF-713 en el interior y entorno del Parque Nacional de Garajonay); norte de Tenerife (en especial TF-42 Y TF-82 en el noroeste de la isla, incluyendo la autovía en construcción entre Guía de Isora y Santiago del Teide; TF-5 entre Puerto de la Cruz y San Cristobal de La Laguna y TF-12 en el Parque Rural de Anaga); noreste de Gran Canaria (en especial las carreteras GC-21, GC-42, GC-60, GC-65, GC-70 y GC-150); Fuerteventura (autovías en el Puerto del Rosario) y Lanzarote (LZ-10 en Haría).

Otros índices complementarios para la identificación final

I. Conectividad forestal

El promedio en las Islas Canarias del índice de intersección entre infraestructuras viarias y conectores forestales es algo superior a la media estatal (véase Tabla II.2 en anexo II), aunque hay que tener en cuenta que se desarrolló una metodología específica para las CC. AA. insulares, en las que se consideró como áreas forestales fuente teselas de tamaño muy inferior a los territorios en la Península Ibérica (véase apartado I.4.1 en anexo I), y los resultados no son comparables.

En la Figura 6.13 se representan todas las intersecciones entre los conectores forestales (véanse Figuras I.7-1.10 en anexo I) y vías de transporte en Islas Canarias. Todas estas intersecciones se encuentran en las islas occidentales, las únicas con masas boscosas autóctonas importantes que han sido consideradas como nodos forestales (véase Figura 6.13). Estas intersecciones se encuentran en el noroeste de La Palma (LP-1), interior de El Hierro (HI-1, HI-4, HI-45 e HI-400), entre el Parque Nacional de Garajonay y el Parque Natural de Mazona en La Gomera (TF-711 y TF-713), los montes de Anaga, la dorsal de Pedro Gil y el borde meridional de las Cañadas del Teide en Tenerife (destacan por el número de intersecciones las carreteras TF-12, TF-21, TF-24 y TF-28), y en el interior de la mitad norte de Gran Canaria (destaca la carretera GC-21).

II. Densidad de accidentes con fauna silvestre

El promedio de la densidad de accidentes con fauna silvestre en Islas Canarias es muy inferior a la media estatal, superando tan solo al de Islas Baleares, Región de Murcia y Andalucía (véase Tabla II.2 en anexo II). Este resultado es esperable, dado que solo se han considerado accidentes con fauna silvestre y que la mayor parte de estos accidentes son causados por ungulados, ausentes o escasos en la mayor parte de las Islas Canarias, en especial por jabalí (*Sus scrofa*) y corzo (*Capreolus capreolus*), que no existen en estas islas. De hecho, los accidentes registrados en la base de da-

tos ARENA en las Islas Canarias son causados por "cabra montés" (registrado solo en Fuerteventura, es de suponer que se trate de cabras asilvestradas), muflón (un caso en Tenerife), aves, o animales no identificados.

Se han registrado accidentes en (véase Figura 6.14): la costa sur, costa este y entorno de La Matanza de Acentejo en Tenerife (en especial en la TF-1), costa sur y este de Gran Canaria (en especial en las carreteras GC-1 y GC-2), este de Fuerteventura (en especial en la carretera FV-2), y este de Lanzarote (en especial LZ-1).

III. Áreas en las que coinciden distintos criterios

En la Figura 6.15 se representan todas las cuadrículas en que se ha encontrado coincidencia de criterios (28 en total). Estas cuadrículas con coincidencias de criterios se encuentran en el noroeste de La Palma (LP-1 y LP-111 en Garafía), interior de El Hierro (HI-1, HI-4, HI-45 e HI-400), noreste y centro de Tenerife (TF-5, TF-12, TF-21 y otras carreteras), y Gran Canaria (destacando las carreteras GC-21, GC-60 y GC-230).

Directrices generales sobre acciones a desarrollar

Los posibles efectos locales del atropello en carreteras sobre las poblaciones de reptiles autóctonos pueden ser considerados uno de los principales problemas a evaluar y corregir en las Islas Canarias, para lo que la cartografía proporcionada podría servir de guía para la localización de posibles puntos negros donde actuar y mejorar la conectividad entre poblaciones.

En las Islas Canarias también se ha identificado un tramo de autovía con iluminación artificial que constituía un punto negro de mortalidad para ejemplares juveniles de pardela cenicienta (*Calonectris diomedea*), aplicándose medidas de corrección del problema (véase Ficha 15 en MAGRAMA 2013). Aunque no se ha evaluado de forma específica en este trabajo, se debe valorar la posibilidad de presencia de más zonas donde pueda estar ocurriendo este problema.

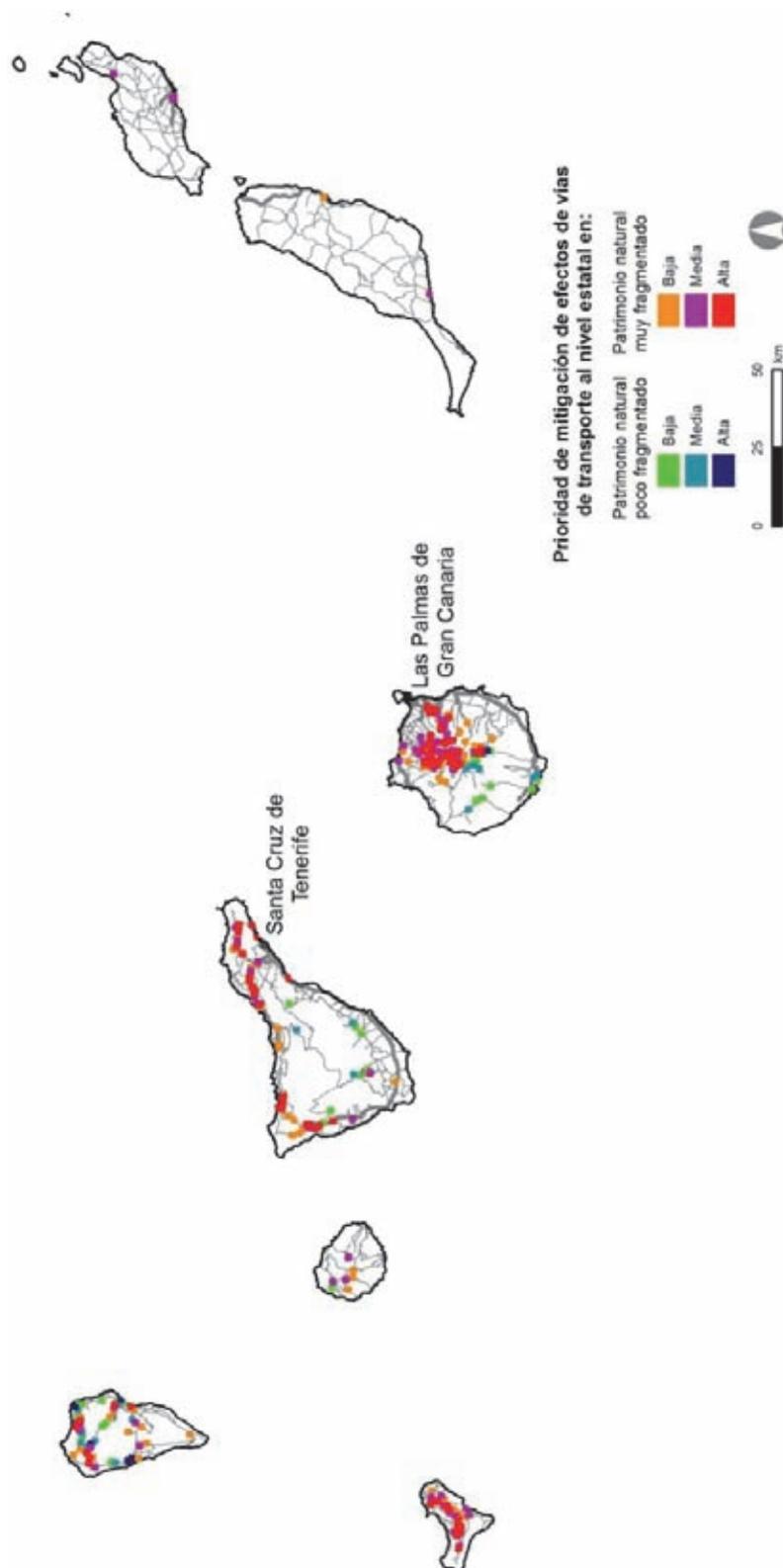


Figura 6.11. Áreas a desfragmentar. Selección a nivel estatal. Cuadrículas UTM de 1 km² correspondientes a Canarias de la selección realizada para todo el Estado a partir del modelo de áreas prioritarias para aplicar medidas de desfragmentación: 5.000 cuadrículas con mayor valor de cada uno de los dos índices seleccionadas en todo el Estado. Véase capítulo 4 y anexo I para detalles sobre metodología.

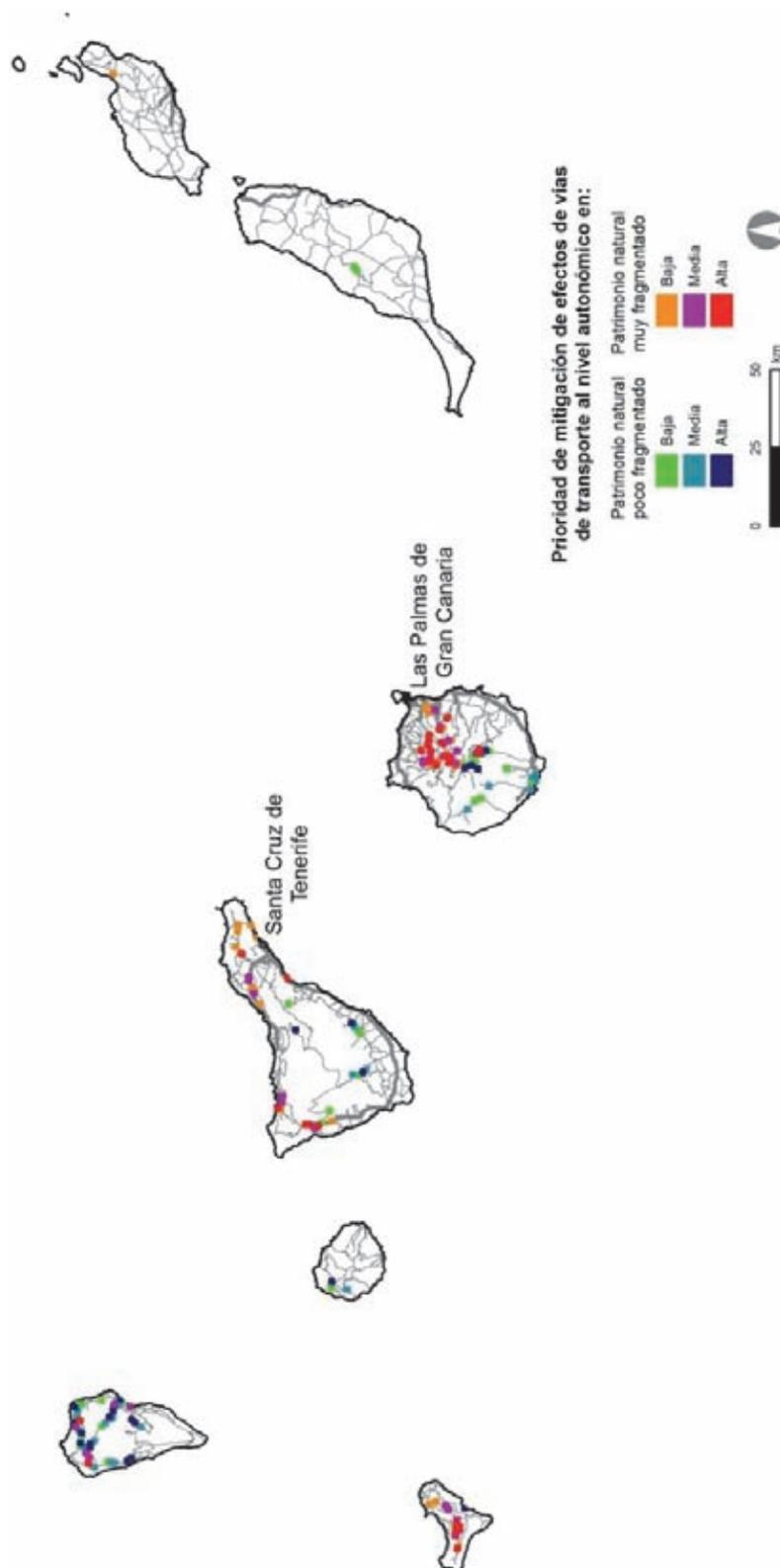


Figura 6.12. Áreas a desfragmentar. Selección a nivel autonómico. Se ha seleccionado en cada C. A. el 1% del total de cuadrículas UTM de 1 km² con mayor valor en cada uno de los dos índices de patrimonio natural (en total en ésta 170). Esta selección refleja por tanto las áreas más importantes en Canarias independientemente del resto del Estado. Véase capítulo 4 y anexo I para detalles sobre metodología.

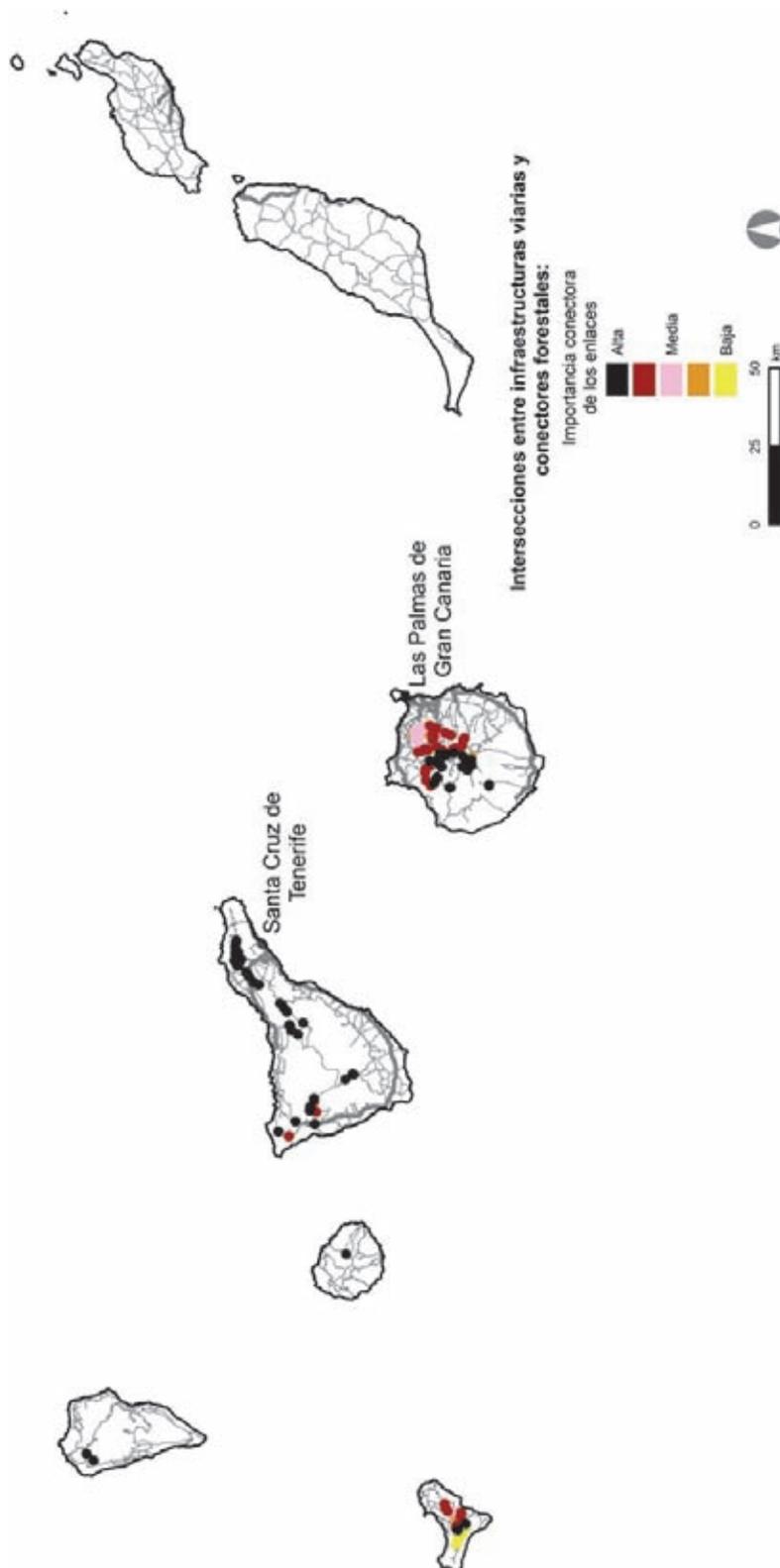


Figura 6.13. Áreas con intersecciones entre infraestructuras viarias y conectores forestales. Se indican los puntos de cruce entre vías de transporte y conectores forestales (enlaces entre nodos forestales identificados mediante la herramienta para el análisis de la conectividad ecológica CONEFOR, Saura y Torné 2009). Las intersecciones se han clasificado en cinco categorías de importancia de importancia alta, media y baja, y las otras dos correspondientes a valores de importancia intermedios entre aquéllas. Véase capítulo 5 y anexo I.5 para detalles sobre metodología.

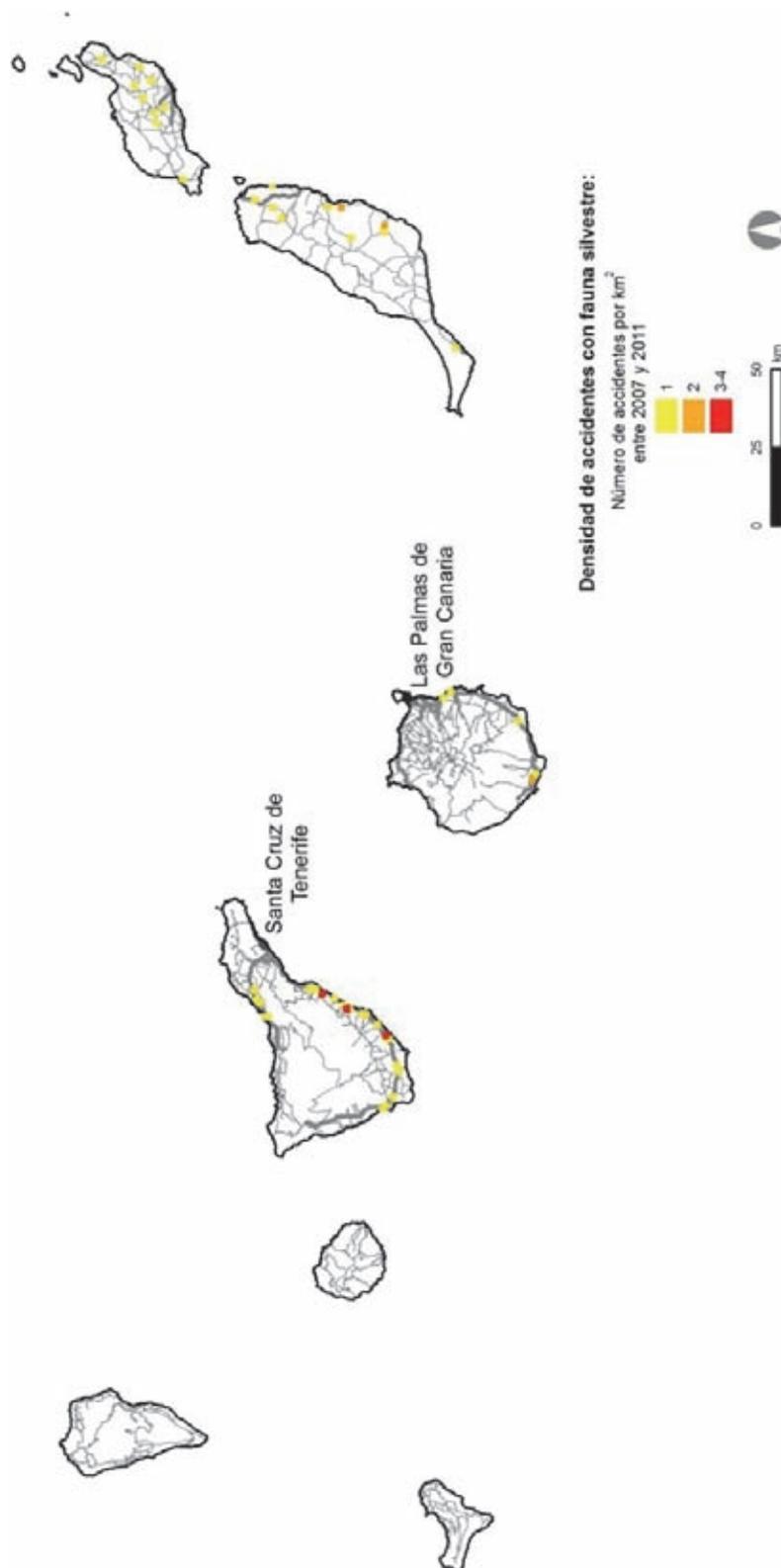


Figura 6.14. Densidad de accidentes con fauna silvestre. Se indican las cuadrículas UTM de 1 km² donde se ha registrado este tipo de siniestralidad (50 cuadrículas en total en Canarias), clasificadas por el número de accidentes en cada cuadrícula. Los registros corresponden a los de la base de datos ARENA (DG de Tráfico); se han georreferenciado alrededor del 50% del total de registros, localizados mayoritariamente en carreteras de doble calzada, autovías y autopistas. Véase capítulo 5 y anexo I para detalles sobre metodología.

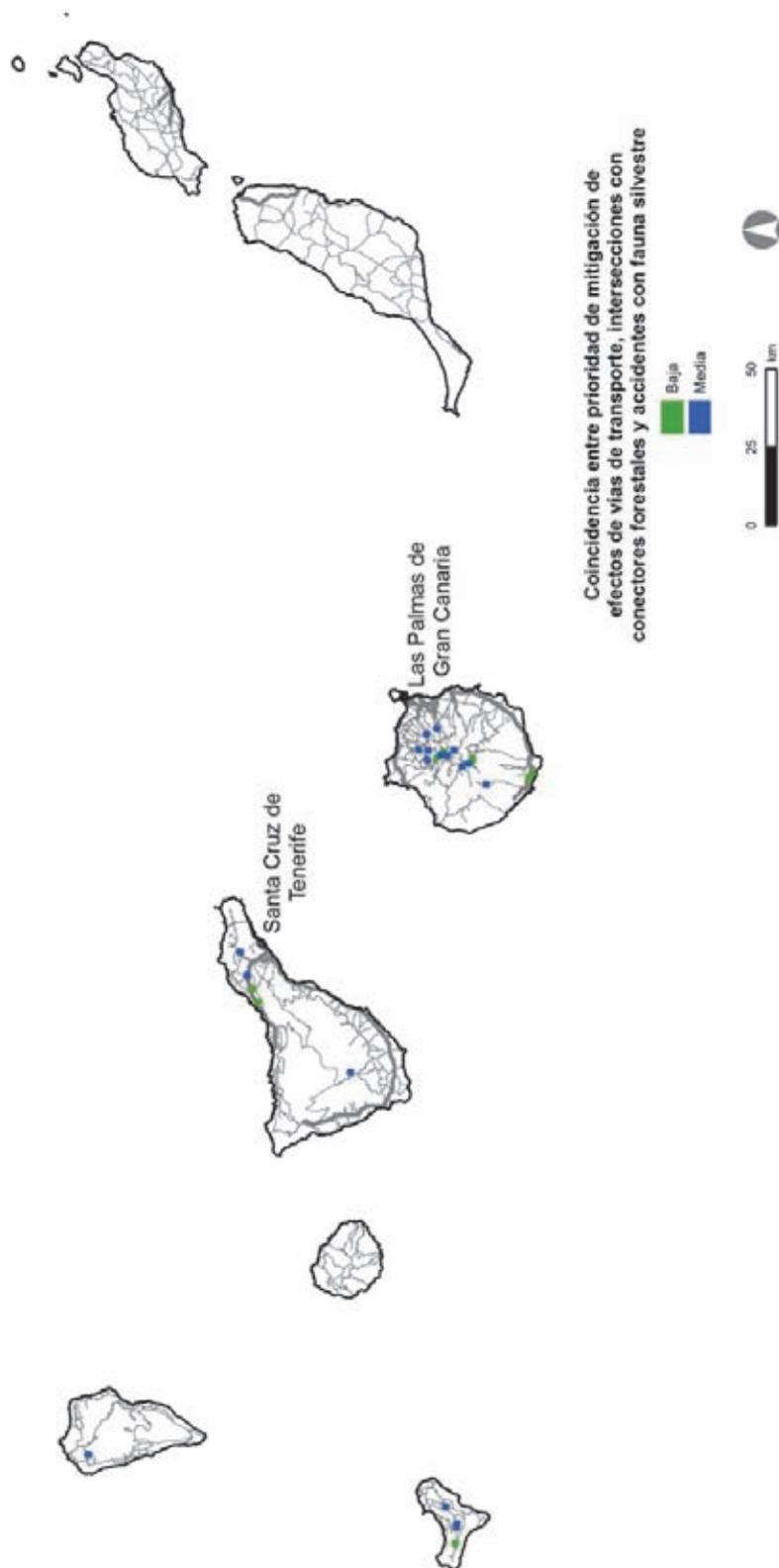


Figura 6.15. Áreas en las que coinciden distintos criterios. Se indican las cuadrículas UTM de 1 km² donde coinciden áreas a desfragmentar a nivel autonómico (Figura 6.12), intersecciones entre infraestructuras viarias y conectores forestales (Figura 6.13) y accidentes con fauna silvestre (Figura 6.14). Se han clasificado en tres categorías que reflejan número de coincidencias (2 o 3 criterios) y prioridad de cada uno de los índices. Dado el sesgo de la densidad de accidentes con fauna silvestre descrito en la Figura 6.14, se puede estar subestimando la presencia de cuadrículas con coincidencias en carreteras convencionales, de calzada única. Véase capítulo 5 y anexo I para detalles sobre metodología.

Diagnóstico general

Vulnerabilidad biológica a las infraestructuras lineales de transporte, tamaño efectivo de malla y densidad de red de infraestructuras lineales de transporte

- El valor medio del índice de vulnerabilidad biológica a las infraestructuras lineales de transporte en Cantabria es similar a la media estatal (véase Tabla II.1 en anexo II). Alcanza valores máximos en Picos de Europa, La Liébana, Saja-Besaya y Valle del Alto Ebro. En el resto de la C. A. hay una mezcla de valores medios y bajos, con valores mínimos en el entorno de Torrelavega (véase Figura 3.2 en el apartado 3.2).

- El promedio de tamaño efectivo de malla en Cantabria es inferior a la media estatal (véase Tabla II.1 en anexo II). Valores altos de tamaño efectivo de malla se encuentran en los Picos de Europa, macizo de Peña Labra, Sierra del Cordel y Parque Natural Saja-Besaya, en una gran área de montaña con valores altos compartida con Asturias y Castilla y León (véase Figura 3.8 en el apartado 3.3). Áreas con tamaño efectivo de malla medio se encuentran en La Liébana y la Sierra del Escudo. El resto del territorio de la C. A. tiene tamaño efectivo de malla medio-bajo y bajo, con un área continua de valores mínimos en la franja costera.

- Cantabria tiene un promedio de densidad de red de infraestructuras lineales de transporte superior a la media estatal (véase Tabla II.1 en anexo II). Esta densidad es particularmente alta en la costa, entre las mayores de España, pero disminuye notablemente en las áreas montañosas del interior, en especial del sector occidental, aumentando de nuevo en el sur y sureste de la C. A. (véase Figura 3.10 en el apartado 3.4).

Prioridad de mitigación de efectos de vías de transporte: áreas a desfragmentar

Cantabria tiene el cuarto promedio más alto de España en el índice de patrimonio natural poco fragmentado, duplicando a la media estatal, y el promedio del índice de patrimonio natural muy fragmentado también es superior a la media estatal (véase Tabla II.2 en anexo II). Por tanto, podría considerarse una de las CC. AA. donde, globalmente, las medidas de desfragmentación serían más necesarias, considerando el Estado en

conjunto. El número de cuadrículas de la selección estatal es muy superior al de la selección autonómica (Figuras 6.16 y 6.17). Por tanto, se ha basado la descripción de áreas a desfragmentar en la selección estatal.

a) Áreas a desfragmentar situadas en zonas con índice de patrimonio natural poco fragmentado

Las cuadrículas prioritarias según el índice de patrimonio natural poco fragmentado (véase Figura 6.16) se concentran en el corredor de transporte compuesto por la A-67, N-611 y ferrocarril entre Cartes y Requejo, y en La Liébana y áreas montañosas que la rodean (CA-185 entre Potes y Fuente Dé, N-621 entre Narova y el Puerto de San Glorio y entre Tama y La Hermida; CA-184 entre Potes y el Puerto de Piedrasluengas; CA-895 entre Sobrado y Bárago y carretera de Vendejo). Otras agrupaciones menos numerosas o prioritarias o cuadrículas aisladas se encuentran en la CA-281 entre el Puerto de Piedrasluengas y Sarcedo; CA-182 en Cabuérniga y San Pedro; CA-180 en Carrejo y Cabuérniga; Parque Natural Saja-Besaya (CA-280 entre Correpoco y Espinilla); CA-819 en Los Tojos; Valle del río Hajar (CA-183); y BI-630 en el enclave de La Matanza.

b) Áreas a desfragmentar situadas en zonas con índice de patrimonio natural muy fragmentado

Las cuadrículas prioritarias según el índice de patrimonio natural muy fragmentado (véase Figura 6.16) se concentran en el corredor de transporte costero (A-8, N-634 y tramos de ferrocarril), en sus sectores occidental (entre Torrelavega y el límite con Asturias) y oriental (entre Valdecilla y el límite con el País Vasco), y de nuevo en el corredor de transporte A-67/N-611/ferrocarril entre Reinosa y el límite con Palencia.

Otras cuadrículas prioritarias se encuentran en el Valle del Ebro (CA-272 en Valdeprado del Río; CA-741, CA-735, CA-730 y ferrocarril entre esta última localidad y Renedo; CA-730 en Horna de Ebro; CA-272 en Valderrible y CA-275 en Villaescusa de Ebro); corredor A-67, N-611 y ferrocarril entre Polanco y Santander; cruce de carreteras en Oruña-Puente de Arce (N-611, CA-233, CA-240 y CA-321); nudos viarios en Muriedas y Santander (S-30, N-611, N-623, otras carreteras y ferrocarril); carreteras que rodean el Macizo de Peña Cabarga (S-30, N-635 y CA-142 en Liaño-Guarnizo, y N-634

en Penagos); nudos viarios en Torrelavega (A-67, N-634, N-634a y ferrocarril) y Vargas (N-634, N-634a y N-623); CA-161 y ferrocarril entre Solares y Riotuerto; Noja (cruce de la CA-141 y CA-147); Marismas de Santoña (N-634, CA-241 y ferrocarril en Cicero y carreteras entre Argoños y Santoña); nudos viarios en Limpias, Ampuero y Gibaja (N-629, N-629a, otras carreteras y ferrocarril) y N-629 en Salto del Oso.

Otros índices complementarios para la identificación final

I. Conectividad forestal

El promedio en Cantabria del índice de intersección entre infraestructuras viarias y conectores forestales es ligeramente superior a la media estatal (véase Tabla II.2 en anexo II). Los únicos conectores forestales de importancia alta en Cantabria se encuentran en el sur de la Comunidad, tramos de los largos conectores que recorren la Cordillera Cantábrica en toda su longitud (véanse Figuras I.7-I.10 en anexo I). El resto de los conectores forestales son de importancia media y baja y se encuentran también en las áreas montañosas del interior, conectando distintas masas boscosas en la mitad sur de la C. A. Entre las intersecciones de estos conectores forestales con vías de transporte, destacan las del corredor de transporte A-67/N-611/ferrocarril en el sur, a la altura de Mataporquera y Cervatos (véase Figura 6.18).

II. Densidad de accidentes con fauna silvestre

La densidad de accidentes en Cantabria es ligeramente inferior a la media estatal (véase Tabla II.2 en anexo II), resultado que contrasta con la alta densidad de accidentes del vecino Principado de Asturias, la más alta de España. Es posible que esta diferencia se deba al sesgo de esta variable hacia carreteras de primer orden, escasas en las áreas montañosas de Cantabria donde la densidad de ungulados debe ser elevada. Es posible que la densidad de ungulados en las áreas de Cantabria más cercanas a la costa sea inferior a la de Asturias, por diferencias de hábitat (menos boscoso en Cantabria), o bien podría haber diferencias en los modelos de gestión cinegética entre ambas CC. AA. Un análisis comparativo detallado de estos datos en ambas Comunidades y en el norte de Castilla y León (donde también se ha registrado una densidad alta de accidentes) puede arrojar luz sobre los factores que afectan a este tipo de siniestralidad. Hay que destacar que,

como ocurre en Asturias, buena parte de los accidentes se han registrado en las principales autovías (A-8 y A-67). Las cuadrículas con accidentes en Cantabria (véase Figura 6.19) se concentran en el corredor A-8/N-634 entre Solares y la Ría de Oriñón, A-67/N-611 entre Cartes y el Puerto de Pozaal y la N-623 entre Vargas y el Puerto del Escudo.

III. Áreas en las que coinciden distintos criterios

En la Figura 6.20 se representan todas las cuadrículas en que se ha encontrado coincidencia de criterios en Cantabria (22 en total). Estas cuadrículas se concentran de nuevo en el corredor A-67/N-611/ferrocarril entre Cartes y Mataporquera (con una cuadrícula de máxima prioridad, es decir coincidencia de los tres criterios con prioridad alta, en Cervatos) y en La Liébana y montaña occidental (CA-185 en Enterría y Pido; N-621 en la subida al Puerto de San Glorio, en Vega de Liébana y en Cillorigo de Liébana; y CA-184 en el entorno de Pesaguero y en el Puerto de Piedrasluengas). Las demás cuadrículas prioritarias por coincidencia de criterios se encuentran en el corredor de transporte A-8/N-634/ferrocarril en El Bosque y Praves, y en la N-623 en Bollacín.

Directrices generales sobre acciones a desarrollar

Tanto los índices de patrimonio natural como la coincidencia de criterios señalan al corredor de transporte entre Torrelavega y Palencia como prioritario, en especial en su extremo sur. Como en otros casos similares, una combinación de impermeabilización de la autovía con vallados perimetrales para reducir la siniestralidad con fauna silvestre con la construcción de pasos de fauna y gestión del hábitat en el corredor de transporte puede ser la mejor estrategia a seguir. Asegurar la desfragmentación del área atravesada por este corredor puede ser importante en el futuro en un escenario de recuperación de la población de oso pardo cantábrico (*Ursos arctos*) y recuperación de su antigua área de distribución en la Cordillera, ya que este corredor podría suponer una barrera importante a la movilidad. Sin embargo, también es posible que este corredor de transporte y otras carreteras de montaña señaladas como prioritarias por el índice de patrimonio natural poco fragmentado no causen problemas serios de fragmentación por tener en su trazado suficientes pasos

superiores o inferiores que permeabilicen la vía, pero se debe evaluar cuidadosamente la posible necesidad de actuación en algún tramo. De hecho, el Gobierno de Cantabria ha constatado dos casos de osos atravesando este corredor desde el término municipal de Valdeolea, en el límite con la provincia de Palencia, hacia Valde- rredible en los años 2010 y 2012. Urge por tanto la aplicación de medidas de desfragmentación favorables para esta especie.

La alta frecuencia de accidentes con fauna silvestre en autopistas o autovías resalta la importancia de que estas infraestructuras cuenten con un cerramiento perimetral adecuado y en buen estado de conservación.

Como ocurre en todas las CC. AA., el índice de patrimonio natural muy fragmentado ha podido identificar como prioritarias cuadrículas en las vías de transporte del entorno de grandes ciudades, incluyendo autovías de circunvalación, en el caso de Cantabria, Santander y Torrelavega, donde es posible que no sea ya recomendable actuar por tratarse de un medio muy urbanizado, o con desarrollo urbanístico previsible en un futuro próximo. Pero si hay prevista la conservación a largo plazo de espacios naturales periurbanos, estas cuadrículas pueden estar señalando puntos de actuación crítica para el mantenimiento de la funcionalidad ecológica de estas áreas. Por ejemplo, hay cuadrículas prioritarias en el entorno del

Macizo de Peña Cabarga donde sí puede ser interesante actuar, dado el carácter protegido de este espacio natural, rodeado por un área muy humanizada y múltiples carreteras.

Este índice también ha identificado como prioritarias cuadrículas en grandes nudos viarios donde posiblemente no sea recomendable actuar por razones parecidas, pero estas cuadrículas están indicando áreas donde la concentración de vías de transporte está causando un grado de fragmentación importante, que puntualmente podría requerir actuaciones de mitigación.

Tanto los índices de patrimonio natural como la combinación de criterios también han identificado como prioritarios varios tramos de vías de transporte o cuadrículas aisladas en carreteras de gran capacidad y en vías convencionales de calzada única en áreas de montaña bien conservadas en la Cordillera Cantábrica. Estas carreteras pueden estar bien integradas en el paisaje y suelen tener poco tráfico, con lo que el efecto barrera que pueden causar sería despreciable. Pero estas carreteras sí pueden contener puntos negros de atropello de fauna, y las áreas prioritarias pueden servir de guía para la localización de estos puntos y como listado de áreas particularmente sensibles al desarrollo de nuevas infraestructuras, en las que habría que prestar especial atención al problema de fragmentación en caso de ampliaciones o nuevas construcciones.

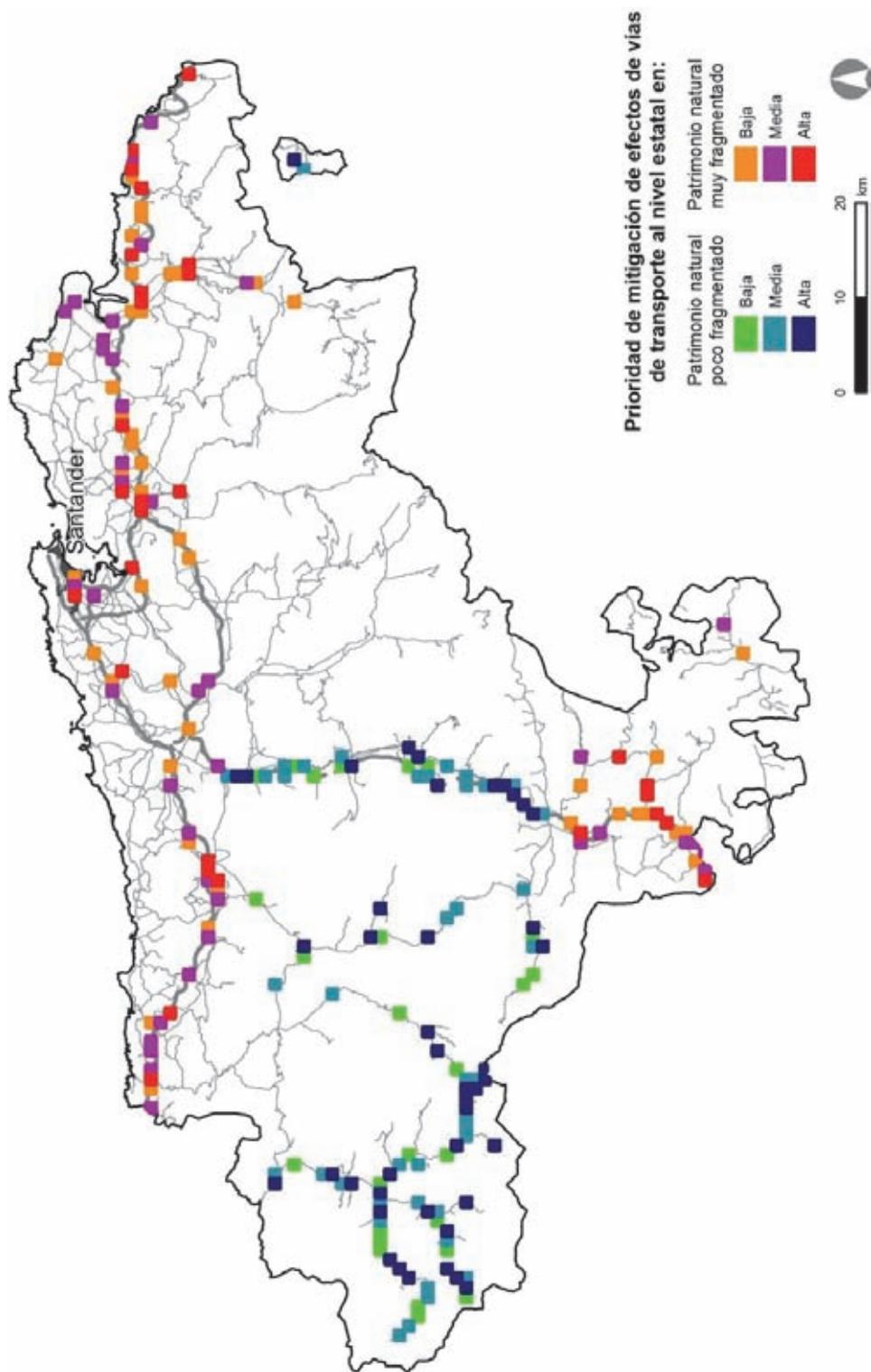


Figura 6.16. Áreas a desfragmentar. Selección a nivel estatal. Cuadrículas UTM de 1 km² correspondientes a Cantabria de la selección realizada para todo el Estado a partir del modelo de áreas prioritarias para aplicar medidas de desfragmentación: 5.000 cuadrículas con mayor valor de cada uno de los dos índices seleccionadas en todo el Estado. Véase capítulo 4 y anexo I para detalles sobre metodología.

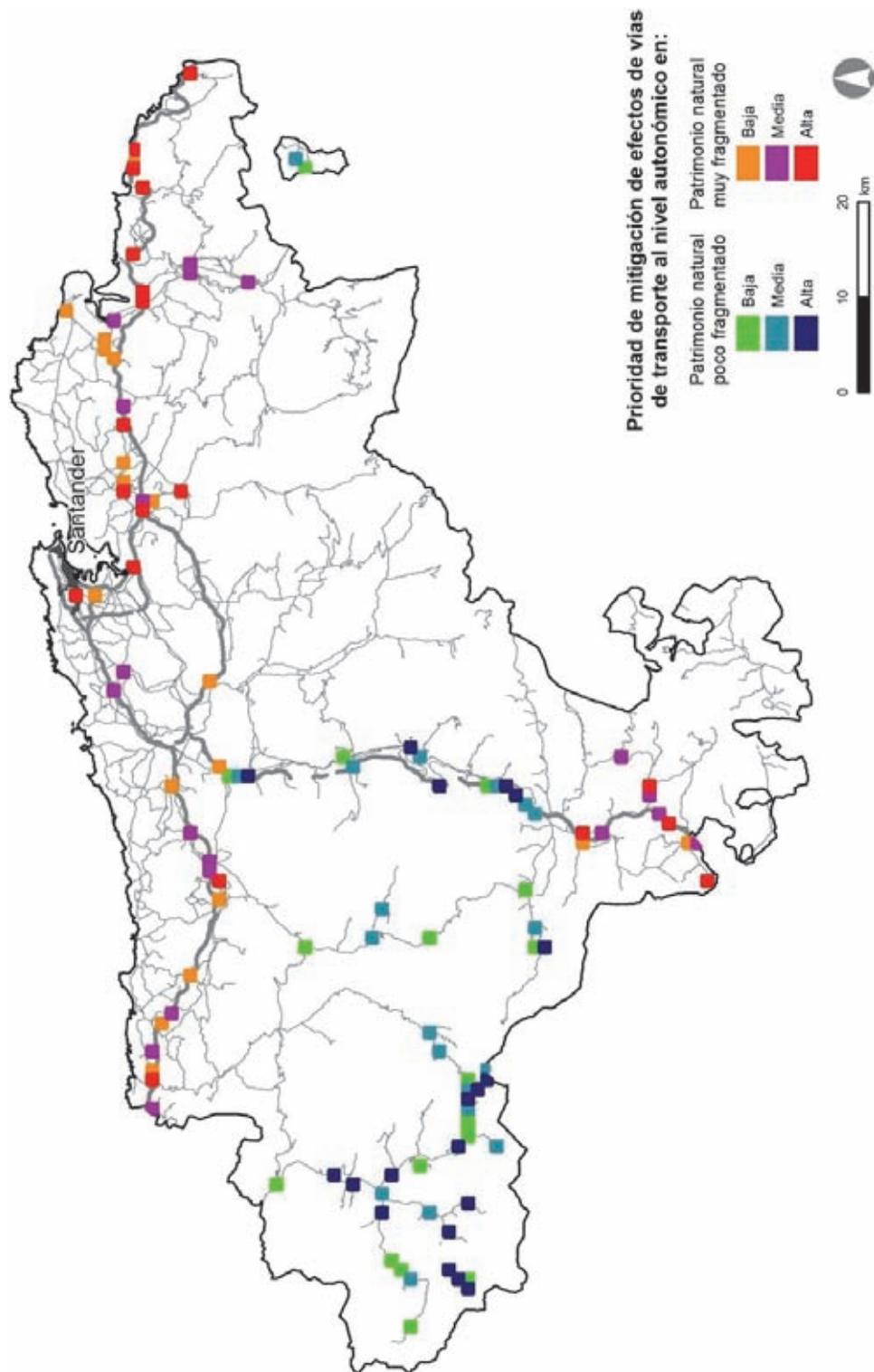


Figura 6.17. Áreas a desfragmentar. Selección a nivel autonómico. Se ha seleccionado en cada C. A. el 1% del total de cuadrículas UTM de 1 km² con mayor valor en cada uno de los dos índices de patrimonio natural (en total en ésta 112). Esta selección refleja por tanto las áreas más importantes en Cantabria independientemente del resto del Estado. Véase capítulo 4 y anexo I para detalles sobre metodología.

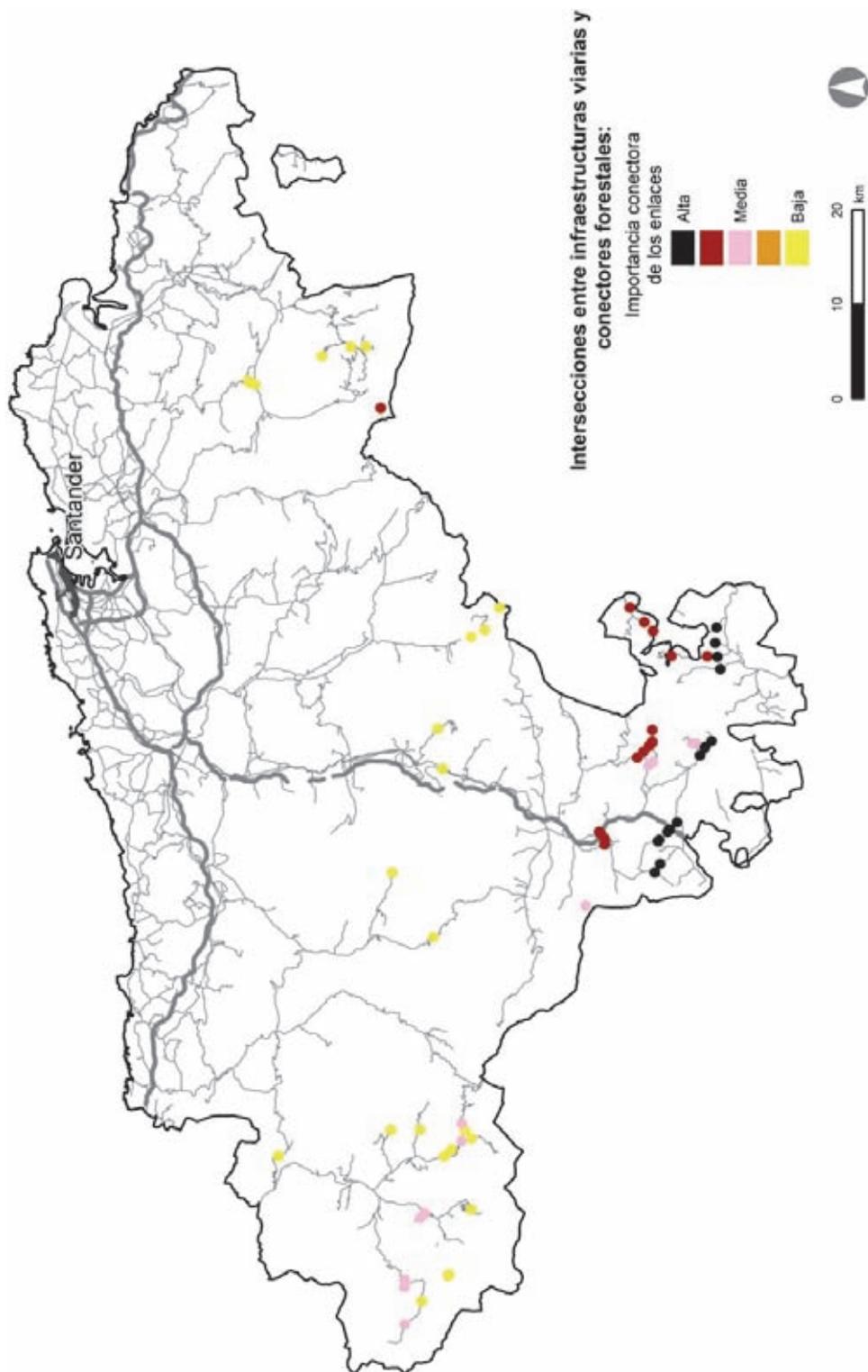


Figura 6.18. Áreas con intersecciones entre infraestructuras viarias y conectores forestales. Se indican los puntos de cruce entre vías de transporte y conectores forestales (enlaces entre nodos forestales identificados mediante la herramienta para el análisis de la conectividad ecológica CONEFOR, Saura y Torné 2009). Las intersecciones se han clasificado en cinco categorías de importancia, tres de ellas denominadas de importancia alta, media y baja, y las otras dos correspondientes a valores de importancia intermedios entre aquéllas. Véase capítulo 5 y anexo I.5 para detalles sobre metodología.

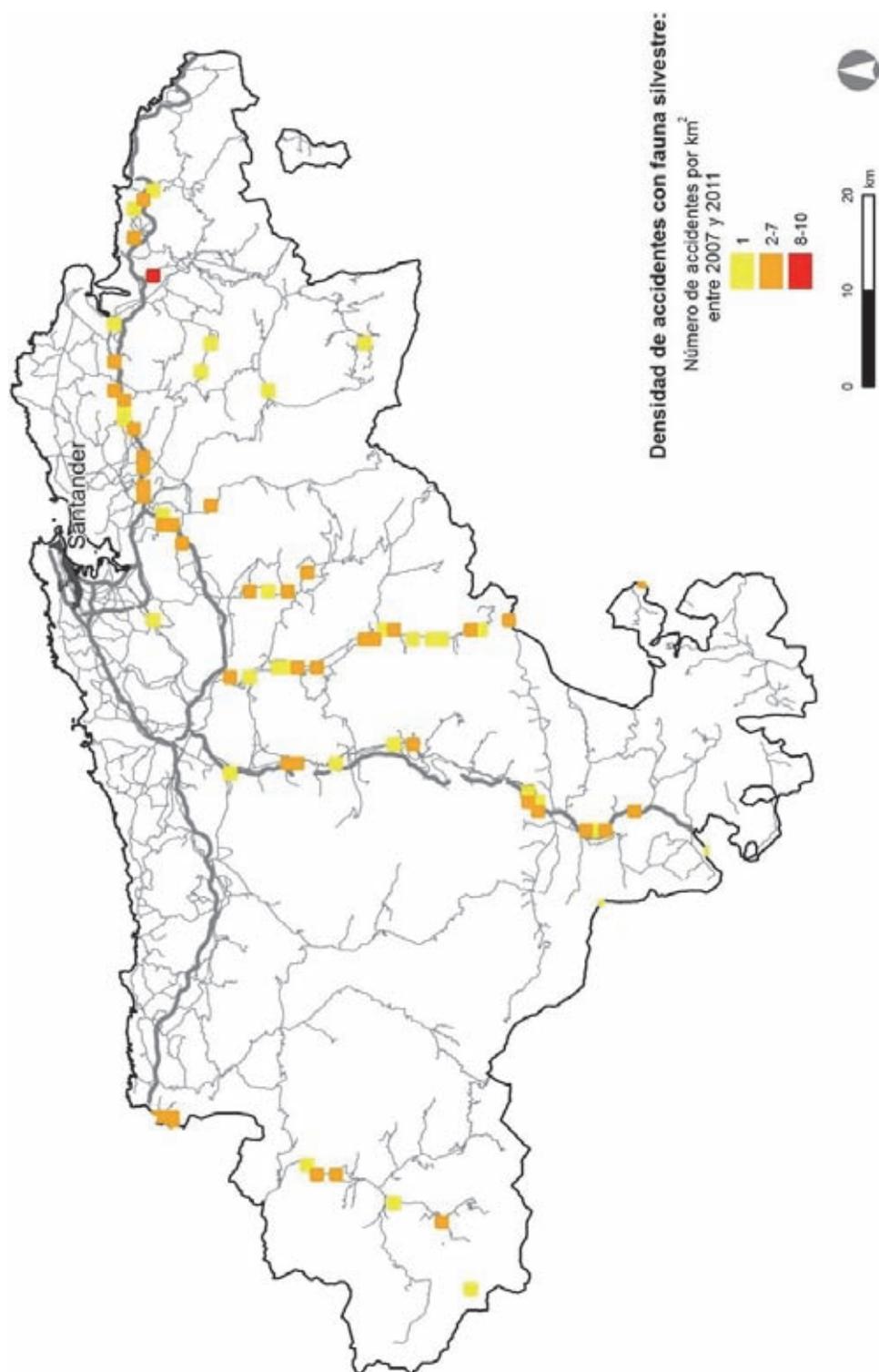


Figura 6.19. Densidad de accidentes con fauna silvestre. Se indican las cuadrículas UTM de 1 km² donde se ha registrado este tipo de siniestralidad (73 cuadrículas en total en Cantabria), clasificadas por el número de accidentes en cada cuadrícula. Los registros corresponden a los de la base de datos ARENA (DG de Tráfico); se han georreferenciado alrededor del 50% del total de registros, localizados mayoritariamente en carreteras de doble calzada, autovías y autopistas. Véase capítulo 5 y anexo I para detalles sobre metodología.

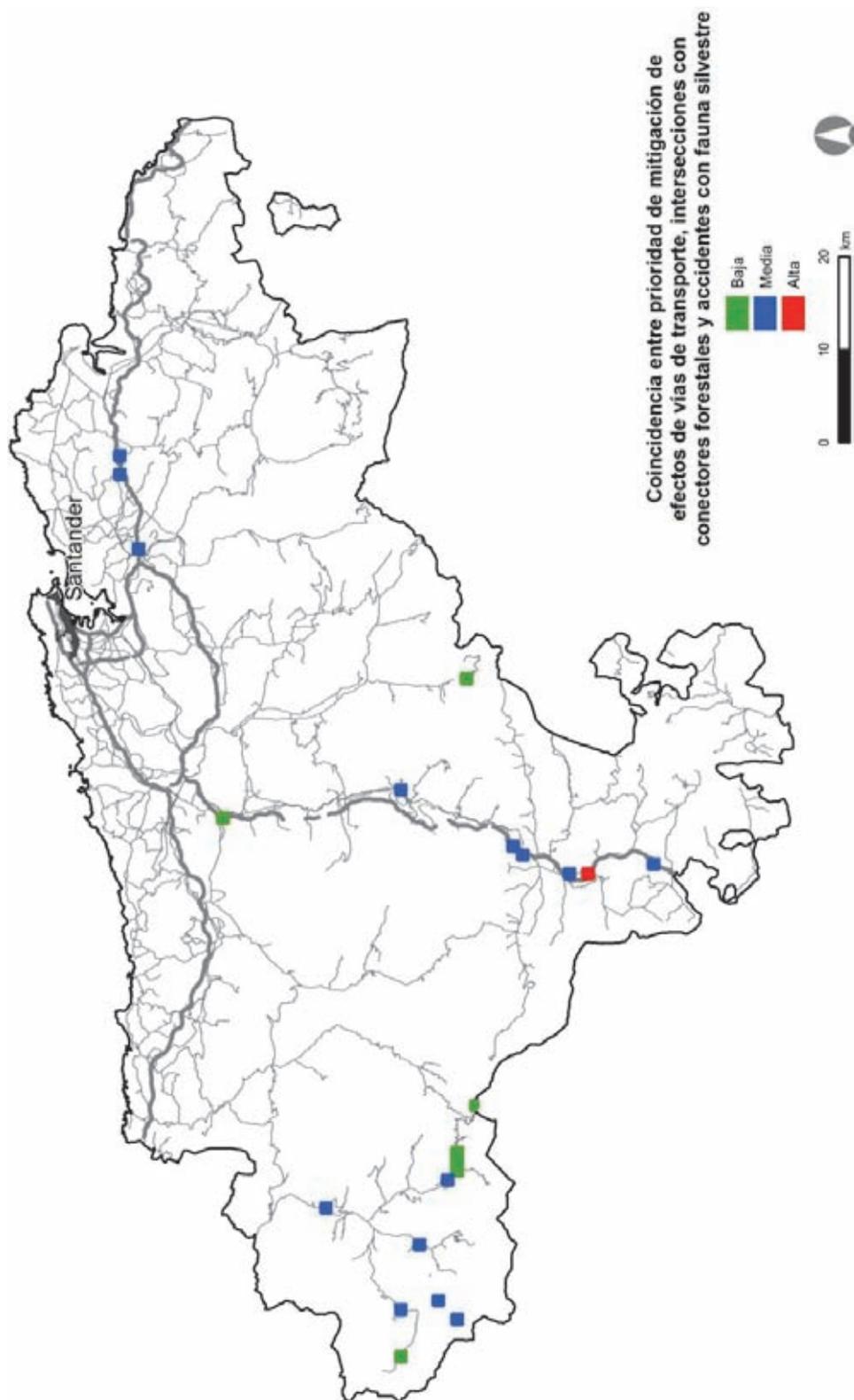


Figura 6.20. Áreas en las que coinciden distintos criterios. Se indican las cuadrículas UTM de 1 km² donde coinciden áreas a desfragmentar a nivel autonómico (Figura 6.17), intersecciones entre infraestructuras viarias y conectores forestales (Figura 6.18) y accidentes con fauna silvestre (Figura 6.19). Se han clasificado en tres categorías que reflejan número de coincidencias (2 o 3 criterios) y prioridad de cada uno de los índices. Dado el sesgo de la densidad de accidentes con fauna silvestre descrito en la Figura 6.19, se puede estar subestimando la presencia de cuadrículas con coincidencias en carreteras convencionales, de calzada única. Véase capítulo 5 y anexo I para detalles sobre metodología.

Diagnóstico general

Vulnerabilidad biológica a las infraestructuras lineales de transporte, tamaño efectivo de malla y densidad de red de infraestructuras lineales de transporte

- El valor medio del índice de vulnerabilidad biológica a las infraestructuras lineales de transporte en Castilla-La Mancha es inferior a la media estatal (véase Tabla II.1 en anexo II). En Castilla-La Mancha se han identificado áreas con valores máximos en este índice que ocupan la mayor parte de la provincia de Guadalajara (Sierras y páramos del norte de la provincia, Valle del río Dulce, La Alcarría, Alto Tajo, Sierra de Altomira, y riberas del Tajo y Henares); sur del Embalse de Buendía, Serranía de Cuenca, entorno de la ciudad de Cuenca, Laguna del Hito, valles del Cabriel y Júcar y Manchuela en la provincia de Cuenca; riberas del Tajo y afluentes, Valle del Tiétar, Montes de Toledo, riberas del Riansares y Gigüela y humedales de la Mancha Alta en la provincia de Toledo; Montes de Toledo, sierras y llanos del tercio oeste de la provincia, en especial el entorno del Valle del Guadiana, sierras del sur de la provincia (en especial Sierra Madrona), Campo de Montiel, entorno del Alto Guadiana (lagunas de Ruidera), Tablas de Daimiel y riberas del embalse del Vicario en Ciudad Real; y Campo de Montiel albaceteño, sierras del suroeste de la provincia (en especial Alcaraz y Calar del río Mundo), Valles del Júcar y Segura y Sierra de Monte Aragón en Albacete. En el resto de la C.A se encuentran valores medios y bajos, destacando amplias áreas con valores mínimos en La Sagra, La Mancha, Campo de Calatrava, Llanos de Albacete, noreste de la provincia de Albacete y entorno de Hellín en el sureste (véase Figura 3.2 en el apartado 3.2 del texto).

- Castilla-La Mancha tiene un promedio de tamaño efectivo de malla inferior a la media estatal (véase Tabla II.1 en anexo II). En Castilla-La Mancha se encuentran amplias áreas con máximo tamaño efectivo de malla en las áreas montañosas del sur de la C. A., prolongadas en Andalucía (Sierra de Alcadia-Sierra Madrona, Sierra Morena oriental y Sierra de Alcaraz-Sierra de Taibilla) y en el Valle del Tiétar toledano (una pequeña parte de la amplia área cubierta por la Sierra de Gredos y Valle del Tiétar en Castilla y León y Extremadura) (véase Figura 3.8 en el apartado 3.3). Otras áreas con alto tamaño efectivo de malla se encuentran en el este de la provincia de Guadalajara (La Alca-

rría, Alto Tajo, Páramos orientales y Sierra de Albaracín) y en la Serranía de Cuenca, prolongadas en Aragón; Sierra de Monte Aragón, en Albacete, prolongada en Valencia; Montes de Toledo, compartida con Extremadura; Montes de Piedrabuena-Valle del Guadiana, Valle y Sierra de Alcadia y Campo de Calatrava en la provincia de Ciudad Real; Campo de Montiel en Ciudad Real y Albacete; y sur de la provincia de Albacete (Valles de los Ríos Segura y Mundo y sierras de su entorno). En el lado opuesto, se encuentran amplias áreas con tamaño efectivo de malla mínimo en el norte de la provincia de Toledo, La Mancha y noreste de la provincia de Albacete.

- Castilla-La Mancha es la tercera C. A. con promedio más bajo de la densidad de red de infraestructuras lineales de transporte, superior solo a los de Extremadura y Aragón (véase Tabla II.1 en anexo II). La densidad de red de infraestructuras lineales de transporte es particularmente alta en el norte de la provincia de Toledo, oeste de la de Guadalajara, La Mancha y noroeste de la provincia de Albacete, pero se encuentran amplias áreas con baja densidad en el este de la provincia de Guadalajara, este y sur de la provincia de Cuenca, Montes de Toledo, Sierra Morena, mitad oeste de la provincia de Ciudad Real, Campo de Montiel y mitad sur de la provincia de Albacete (véase Figura 3.10 en el apartado 3.4). Hay que destacar que, a pesar de esta baja densidad media de infraestructuras de transporte, Castilla-La Mancha es una de las CC. AA. con mayor longitud de LAV, con Andalucía, y tiene también una alta densidad de autovías en el centro-este de la C. A. en el área comprendida entre las ciudades de Toledo, Ciudad Real, Albacete y Cuenca.

Prioridad de mitigación de efectos de vías de transporte: áreas a desfragmentar

Castilla-La Mancha es la C. A. con menor promedio en el índice de patrimonio natural muy fragmentado, y la media del índice de patrimonio natural poco fragmentado también es inferior al promedio estatal, superior solo a la de Galicia, y similar a la de la Comunidad de Madrid y Región de Murcia (véase Tabla II.2 en anexo II). Por tanto, podría considerarse una de las CC. AA. donde, globalmente, las medidas de desfragmentación serían menos necesarias, considerando el Estado en conjunto. Es también una de las CC. AA., junto con Galicia, en que el número de cuadrículas de la selección estatal es menor en comparación con la selección autonómica (menos de un tercio; Figuras 6.21 y 6.22). Por tanto, se ha basado la des-

cripción de áreas a desfragmentar en la selección autonómica.

a) Áreas a desfragmentar situadas en zonas con índice de patrimonio natural poco fragmentado

Las cuadrículas prioritarias según el índice de patrimonio natural poco fragmentado (véase Figura 6.22) se concentran en carreteras del Alto Tajo y Serranía de Cuenca (CM-210, CM-2015, CM-2101, CM-2105, CM-2106, CM-2111, CM-2201, y otras carreteras), N-211 entre Molina de Aragón y El Pobo de Dueñas; nudo de comunicaciones en la ciudad de Cuenca (N-320, N-420, ferrocarril y LAV); carreteras convencionales al este de esta ciudad (CU-914 y CU-V-9141); corredor de la A-40/N-440/LAV entre Ocaña y Cuenca (en todo el trazado se mezclan cuadrículas de ambos índices, ya que este corredor atraviesa áreas con tamaño efectivo de malla medio); vías de transporte en el entorno de las Sierras de Palancares y Las Cuerdas (N-320, N-420, CM-2109, ferrocarril y LAV); corredor de transporte AP-36/N-301 y cruces con la LAV y carreteras convencionales entre Ocaña y Villatobas; carreteras en el interior y entorno del Parque Nacional de Cabañeros en los Montes de Toledo (CM-403, CM-4017 y CM-4103); Valle bajo del Guadiana (N-430 entre Extremadura y Piedrabuena y CM-4103 entre La Puebla de Don Rodrigo y Arroba de los Montes); A-43 entre Tomelloso y el cruce con la CM-3111; corredor A-3/N-III/LAV y N-322 en sus respectivos cruces del río Cabriel; N-502, CR-4145 y ferrocarril en Guadalmez; tramos de la N-420 y vía de la LAV que cruzan el Valle de Alcudia y la Sierra de La Garganta (La Garganta); carreteras convencionales en Sierra Madrona (CR-500, CR-502, CR-5002, CR-5004, CR-5011, CR-5021, CR-5041, CR-5042, CR-5043 y CR-5044; hay que destacar que hay cuadrículas prioritarias en la carretera entre San Lorenzo de Calatrava y El Viso del Marqués en la que han muerto atropellados dos lince ibéricos (*Lynx pardinus*) en los últimos tres años); corredor A-4/ferrocarril entre Almuradiel y Despeñaperros; CM-3129 en el valle del río Guadalén, entre Villamanrique y el límite con Andalucía; carreteras en las sierras del suroeste de Albacete y Valle del Segura (CM-412, CM-3204, CM-3205, CM-3206, CM-3217, CM-3228, CV-A-45, CV-A-46, A-9, A-11, A-12, AB-13, AB-702) y corredor A-30/ferrocarril entre Albacete y Tobarra.

Agrupaciones con menor número de cuadrículas, menor prioridad o cuadrículas aisladas se encuentran en las sierras del norte de Guadalajara

(en especial Ayllón; CM-110, CM-1004, CM-1005, CM-1006 y otras carreteras); páramos y sierras del noreste de esta provincia (N-211 entre Anquela del Ducado y Molina de Aragón, CM-2107 entre Anquela del Ducado y Labros, CM-210 y CM-213 entre Molina de Aragón y Embid); N-320, CM-210 y CU-V-2121 en Villar de Domingo García; A-3 entre Tarancón y el límite con Madrid; CM-200, CM-2026 y CU-201 en Barajas de Melo; AP-36/N-301 en Corral de Almaguer; CM-2203 en Santa Cruz de Moya; N-330 en Casas de Polán; CM-2109 en Mira; A-3/N-III entre La Almarcha y Honrubia; N-III/LAV en Motilla del Palancar; CM-211 en Puebla del Salvador; CM-410 entre Mazarambroz y Cueva; CM-401 entre Navahermosa y Menasalbas; N-502 y CM-4106 en Anchuras; CR-7022 en Los Robledillos; N-401 y ferrocarril en La Pedrera; A-4 en Puerto Lápice; CM-42 entre Alameda de Cervera y Tomelloso; A-43 entre Herrera de la Mancha y Argamasilla de Alba; nudo viario de La Solana (N-430, CM-3109, CM-3127 y otras carreteras); N-430 entre Alhambra y Ruidera; A-35 en el Puerto de Almansa; N-502 y CM-4103 en Agudo; N-502 en Puerto Grande; CM-415 entre la N-430 y Gargantiel; CR-424 y ferrocarril en Almadenejos; CM-4201 en el Puerto del Mochuelo; CR-4162, ferrocarril y LAV entre Brazatortas y Valdeazogues; CR-5021 entre Cabezarrubias del Puerto y el Puerto de Mestanza; CM-3200 en Torre de Juan Abad; cruce de carreteras en Villanueva de la Fuente (CM-412, CM-320, CM-3202 y CR-P-631); CM-3216 en El Barranco; CM-3216 en Bogarra; CM-3203 en Ayna; y CM-412 entre Elche de la Sierra y Hellín.

b) Áreas a desfragmentar situadas en zonas con índice de patrimonio natural muy fragmentado

Las cuadrículas prioritarias según el índice de patrimonio natural muy fragmentado (véase Figura 6.22) se concentran en el corredor de transporte A-2/LAV entre Guadalajara y el límite con Soria (en particular, cuadrículas donde se producen intersecciones con otras carreteras perpendiculares al corredor); CM-101, CM-1003 y ferrocarril entre Guadalajara y Sigüenza; nudo viario en Guadalajara (R-2, A-2, N-320, CM-100, CM-101, otras carreteras y ferrocarril); corredor de transporte de la A-40, N-400 y LAV entre Aranjuez (en la Comunidad de Madrid) y Cuenca; A-5 en los nudos viarios de Valmojado, Santa Cruz del Retamar y Maqueda; A-5 y ferrocarril entre Santa Olaya y el límite con Extremadura; carreteras en el Valle Alto del Tiétar, Sierra de San Vicente y Valle del Alberche (destacando la CM-5006 entre Na-

vamorcuende y el límite con Ávila, CM-5005 entre la carretera anterior y Nombela, CM-5001 en El Real de San Vicente y N-403 entre Escalona y el límite con Madrid); corredor de la AP-41, A-42, N-401 y ferrocarril entre Toledo e Illescas; corredor de la R-4, A-4 y LAV en Seseña; AP-41, N-400, CM-4001 y LAV entre Mocejón, Algodor y Toledo; autovías de circunvalación y nudo viario en Toledo (A-40, CM-40 y TO-20, A-42, AP-41, N-400, ferrocarril y LAV); corredor A-3, N-III y LAV entre Motilla del Palancar y Minglanilla; A-41, N-420 y LAV entre Ciudad Real y Puertollano; A-31 y LAV entre Albacete y Caudete; y A-30 y ferrocarril entre Tobarra y el límite con Murcia

Otros tramos de vías de transporte o áreas con menor número de cuadrículas o cuadrículas más dispersas o aisladas se encuentran en la CM-110 entre Atienza y Somolinos; CM-1004 entre Humanes y Tamajón; CM-1002 en Uceda y El Cubillo de Uceda; R-2 entre Cabanillas del Campo y el límite con Madrid; N-320 en Torrejón del Rey; CM-1000 entre la A-2 y Miralrío; carreteras en el entorno del Barranco del río Dulce (CM-1003 en Mandayona, GU-118 en Pelegrina, CM-110 en Estriégana); CM-2011 entre Brihuega y Barriopedro; cruce de la N-320 y la LAV; varias carreteras en La Alcarria (N-320 entre Guadalajara y Sacedón, CM-2006 y CM-200 entre la N-320 y Zorita de los Canes, N-204 entre Sacedón y Gualda); N-211 entre Alcolea del Pinar y Mazarete; CM-2113 entre Cobeta y Huertahernando; CM-2108 en Alcantu; CM-2023 en Priego; CM-2022 en Villalba del Rey; CM-200 en Illana; CM-310 en Huete; CM-2019, CU-V-2172 y ferrocarril entre Caraceniella y Sotoca; CM-2105 y CM-2104 entre Cuenca y Villalba de la Sierra; CM-41 y CM-4004 entre Illescas y Chozas de Canales; nudo viario en Puente del Arzobispo (CM-4100, CM-4101, CM-4104 y otras carreteras); CM-4104 en Azutan; cruce de la CM-4000 y CM-4015 en Malpica de Tajo; CM-411 entre La Nava de Ricomalillo y El Campillo de la Jara; TO-7531 en Navaltoril; cruce de la CM-4103 y CM-4052 en Layos; nudos viarios en Mora (CM-42, CM-400, CM-4017, CM-4018, otras carreteras y LAV) y Alcázar de San Juan (CM-42, CM-420, CM-3012 y CM-4133); nudos viarios entre la A-4 y otras carreteras en Madridejos, Puerto Lápice, Villarta de San Juan y Manzanares; CM-42 en la Sierra de Algodor; CM-4005 y ferrocarril en Huerta de Valdecarábanos; CM-410 entre Villacañas y La Villa de Don Fadrique; CM-42 entre Herencia y Alcázar de San Juan; CM-3130 en las Lagunas de Villafranca; cruce de carreteras en Pedro Muñoz (CM-420, CM-3103 y CM-3111); nudos viarios entre el corredor de la AP-36 y N-301 y otras carreteras en Quinta-

nar de la Orden, Mota del Cuervo, El Pedernoso, Las Pedroñeras y San Clemente; CM-3102, CM-3111, otras carreteras y ferrocarril en Socuéllamos; A-43 entre Manzanares y Herrera de la Mancha, entre el cruce con la CM-3111 y Villarrobledo, en el cruce con la CU-V-8242 y en el cruce con la A-3; A-3 entre este cruce y Rubielos Altos; otros cruces de la A-3 con otras carreteras en Villarrubio, Saelices, Montalbo, Villares del Saz, La Hinojosa, La Almarcha y Honrubia; nudos viarios de la A-31 y ferrocarril en Sisante, La Roda y La Gineta; CM-403 y CM-412 en el Puerto de los Majales; cruce de carreteras en Alcolea de Calatrava (N-430 y CM-4109); N-401 y LAV al norte de Ciudad Real y circunvalación de la A-43 y A-41 en esta ciudad; CM-45 y CM-412 en Pozuelo de Calatrava; A-43 y N-430 en Carrión de Calatrava y Daimiel; N-502 entre Almadén y Palacio de Moret; N-430 entre Ossa de Montiel y Sotuéllamos; CM-313 en Lezuza; N-322 y ferrocarril entre El Jardín y Balazote; CM-313 en San Pedro; carreteras convencionales en Jorquera y La Recueja; y carreteras (N-322, CM-3216, CM-412, CM-3205, CM-3208, A-7, C-415) y ferrocarril en el entorno de Alcaraz.

Otros índices complementarios para la identificación final

I. Conectividad forestal

El promedio en Castilla-La Mancha del índice de intersección entre infraestructuras viarias y conectores forestales es ligeramente inferior a la media estatal (véase Tabla II.2 en anexo II). Las intersecciones entre conectores forestales y vías de transporte se concentran en la periferia montañosa de la C. A. (véanse Figuras I.7-I.10 en anexo I) sin que haya conectores que atraviesen las áreas más llanas del centro, cuyo hábitat deforestado se ha considerado de máxima resistencia a la dispersión de especies forestales (véase Figura I.6 en anexo I).

La mayor densidad de intersecciones (véase Figura 6.23) se encuentra en el nordeste de la C. A., en las provincias de Guadalajara y Cuenca, reflejando la presencia de varios conectores de importancia alta entre las Sierras de Castellón y las del norte de Guadalajara a través de la Serranía de Cuenca, el Alto Tajo y La Alcarria oriental. Otras alineaciones de intersecciones se encuentran en los Montes de Toledo, sierras del oeste y sur de la provincia de Ciudad Real, Campo de Calatrava (conectando Sierra Morena y los Montes de Toledo), sierras del suroeste de la provincia de Albacete, entre estas sierras y Ruidera por el

Campo de Montiel, sierras al sur de Hellín y en Almansa. Destacan las intersecciones de conectores forestales de importancia alta con el corredor A-2/LAV a la altura del Barranco del río Dulce, con la A-3 y ferrocarril en el Valle del río Cabriel, con la N-401 y la LAV al norte de la Sierra de la Calderina; con el corredor A-41/N-420/LAV en Poblete; de nuevo con la N-420 y LAV en Brazatortas y La Garganta; con la A-31, A-35 y LAV en Almansa, y con la A-30 y el ferrocarril en la Sierra del Candil, al sur de Hellín.

II. Densidad de accidentes con fauna silvestre

El promedio de la densidad de accidentes con fauna silvestre en Castilla-La Mancha es muy bajo (cinco veces inferior a la media estatal; véase Tabla II.2 en anexo II). Este es un resultado sorprendente, teniendo en cuenta que en Castilla-La Mancha se encuentran posiblemente las mayores densidades de ungulados de toda España, dada la intensa actividad cinegética que caracteriza a esta C. A., al menos en las provincias de Toledo, Ciudad Real y Albacete, y siendo estos animales los principales causantes de accidentes. Como se ha argumentado anteriormente, esta baja densidad de accidentes puede deberse a la densidad relativamente baja de carreteras de primer orden (las únicas en que se han georreferenciado accidentes), a un volumen de tráfico también moderado en comparación con otras CC. AA. y a un posible efecto de mitigación por parte de los vallados cinegéticos, muy extendidos en esta C. A. (de hecho, la densidad de accidentes es sorprendentemente baja en los Montes de Toledo y sierras de Ciudad Real, donde abundan las fincas valladas de caza mayor con alta densidad de ungulados).

Los tramos con mayor densidad de accidentes se encuentran (véase Figura 6.24) en el norte de la provincia de Guadalajara, en el entorno del Barranco del río Dulce y páramos de Maranchón (destacan las carreteras del entorno de Alcolea del Pinar, incluyendo la autovía A-2, N-411 entre Alcolea del Pinar y Maranchón, CM-1101 entre la A-2 y Sigüenza y la A-2 entre Almadrones y La Torresaviñán) y en la N-502 entre La Nava de Ricomalillo y Sevilleja de la Jara.

III. Áreas en las que coinciden distintos criterios

En la Figura 6.25 se representan todas las cuadrículas en que se ha encontrado coincidencia de

criterios en Castilla-La Mancha (217 en total). La mayor concentración de cuadrículas con coincidencias se encuentra en la A-2 entre Torija y Alcolea del Pinar (con dos cuadrículas de máxima prioridad, es decir, coinciden los tres criterios con alta prioridad). Otras concentraciones importantes se encuentran en las carreteras del entorno del Barranco del río Dulce (CM-110 y CM-1101); N-211 entre Alcolea del Pinar y Molina de Aragón; CM-101 entre Guadalajara y Humanes; Alto Tajo-Serranía de Cuenca (CM-210, en especial en Cañizares, CM-2015, CM-2105; CM-2106, CM-2108, CM-2111, CM-2201 y CU-V-9113); corredor A-40/N-400/LAV entre Santa Cruz de la Zarza y Cuenca; Valle bajo del Guadiana (N-430 entre Puebla de Don Rodrigo y Luciana, CM-415 en Castilnegro, CM-4103 en el cruce del Guadiana y N-430 al oeste de la Puebla de Don Rodrigo, una cuadrícula de máxima prioridad); N-420 entre el Puerto de Niefla y Fuencaliente; carreteras y ferrocarril en el entorno de Alcaraz (N-322, CM-412, CM-3208, CM-3216 y A-7) y sierras del suroeste de Albacete (CM-412, CM-3204, CM-3206 y otras carreteras).

Cuadrículas más dispersas o aisladas se encuentran en La Alcarria (N-320, CM-2006 y CM-2009); N-320 en Sacedoncillo; CM-2019 y ferrocarril en Caracena del Valle; CM-5006 en La Iglesuela; A-5, otras carreteras y ferrocarril en Talavera de la Reina; A-40 y N-403 en Rielves; A-3 en Villarrubio; N-420 en Villar de Olalla y Mota de Altarejos; N-320 y LAV en el sur de la ciudad de Cuenca y a la altura de Torre Vigia; N-420 en el Puerto de Rocho; CM-2109 y ferrocarril entre Carboneras de Guadazaón y Arguisuelas y en Villora; CM-215 y cruces con otras carreteras en Boniches y Fuentelespino de Moya; carreteras en Santa Cruz de Moya; La Jara en Toledo (CM-411 entre Las Navas de Ricomalillo y El Campillo de la Jara, N-502 en Sevilleja de la Jara y el Puerto del Rey); CM-4106 en Anchuras; CM-401 en Navahermosa; CM-403 en el Puerto del Milagro; N-401 y LAV en La Pedra; A-43, N-301 y N-310 en Ventas del Pinar; cruce de la A-3, A-43 y A-31 en Atalaya del Cañavate; A-3/N-III/LAV entre Minglanilla y el río Cabriel; carreteras del entorno del Parque Nacional de Cañaberos (CM-403 en la Torre de Abraham, con una cuadrícula de máxima prioridad, y CM-4103 en Navalpino); CM-503 entre Porzuna y el Puerto de los Majales; A-41, N-420 y LAV en Cañada de Calatrava; N-420 y LAV en Brazatortas; LAV en La Garganta; carreteras convencionales en Sierra Madrona; A-4 y ferrocarril en Venta de Cárdenas (Despeñaperros); CM-3129 en Cortijo de la Cañada; N-430 en Alhambra; N-322 en El Jardín; A-35 en el Puerto de Almansa; A-31 y LAV en Caudete;

CM-412 en Cobatillas; A-30, N-301 y ferrocarril en Minateda y A-30 en el límite con Murcia.

Directrices generales sobre acciones a desarrollar

Se han identificado varios tramos prioritarios, tanto con los índices de patrimonio natural poco y muy fragmentado, como por coincidencia de criterios, en corredores de transporte compuestos por varias vías paralelas en los que se pueden considerar prioritarias las acciones de permeabilización, destacando el corredor A-2/LAV entre Torija y Alcolea del Pinar y el corredor A-40/N-400/LAV entre Santa Cruz de la Zarza y Cuenca.

Entre los tramos de carretera o LAV identificados como prioritarios se encuentran varios en el área con presencia reciente de lince ibérico de los Montes de Toledo y sierras del sur de la provincia de Ciudad Real, incluyendo la finca de La Garganta y la carretera entre San Lorenzo de Calatrava y El Viso del Marqués en la que han muerto dos lince atropellados en los últimos tres años. Las acciones de desfragmentación para mitigar el riesgo de atropello de esta especie deben considerarse absolutamente prioritarias, dado su estado de extrema amenaza de extinción y su alta sensibilidad al problema de los atropellos.

Como ocurre en todas las CC. AA., el índice de patrimonio natural muy fragmentado ha podido identificar como prioritarias cuadrículas en las vías de transporte del entorno de las capitales de provincia, incluyendo autovías de circunvalación, donde es posible que no sea ya recomendable actuar por tratarse de un medio muy urbanizado, o con desarrollo urbanístico previsible en un futuro próximo. Pero si hay prevista la conservación a largo plazo de espacios naturales periurbanos, estas cuadrículas pueden estar señalando puntos de actuación crítica para el mantenimiento de la funcionalidad ecológica de estas áreas (por ejemplo, el tramo del Tajo que rodea la ciudad de Toledo). Este índice también ha identificado como prioritarias cuadrículas en grandes nudos viarios donde posiblemente no sea recomendable actuar por razones parecidas, pero estas cuadrículas están indicando áreas donde la concentración de vías de transporte está causando un problema de fragmentación importante, que podría resolverse en tramos próximos menos urbanizados.

Se han identificado también tramos de vías de transporte que atraviesan áreas importantes para aves esteparias (por ejemplo, mesa de Ocaña, Campo de Calatrava, Campo de Montiel y La Mancha) y otras cercanas a humedales, en ocasiones en su misma ribera (en especial los de la Reserva de la Biosfera de la Mancha Húmeda en localidades como Villafranca de los Caballeros, Alcázar de San Juan, Villacañas o Pedro Muñoz), donde sería prioritaria la localización de posibles puntos negros de atropello y aplicación de medidas correctoras del problema si fuera necesario. De hecho, en la Mancha húmeda se han llegado a construir carreteras por encima de lagunas desecadas, y su restauración debería implicar un replanteamiento del trazado de estas vías.

Tanto los índices de patrimonio natural como la combinación de criterios también han identificado como prioritarios varios tramos de vías de transporte o cuadrículas aisladas en carreteras de gran capacidad y en vías convencionales de calzada única en áreas de montaña bien conservadas (Sierra de Ayllón, Alto Tajo, Serranía de Cuenca, Montes de Toledo, Valle bajo del Guadiana y sierras del sur de la provincia de Ciudad Real y del suroeste de la de Albacete) donde las carreteras pueden estar bien integradas en el paisaje y suelen tener poco tráfico con lo que el efecto barrera que pueden causar sería despreciable. Pero estas carreteras sí pueden contener puntos negros de atropello de fauna, y las áreas prioritarias pueden servir de guía para la localización de estos puntos y como listado de áreas particularmente sensibles al desarrollo de nuevas infraestructuras, en las que habría que prestar especial atención al problema de fragmentación en caso de ampliaciones o nuevas construcciones.

Los resultados globales a nivel estatal sugieren que los vallados cinagéticos, muy comunes en esta C. A., pueden ser la razón por la cual no se produce una alta siniestralidad por animales, aún cuando hay densas poblaciones de ungulados. No obstante, los vallados también pueden contribuir a agravar el efecto barrera cuando su impermeabilidad global sea alta por estar muy extendidos espacialmente impidiendo completamente el tránsito de especies (vallados ilegales, mal instalados, o que invaden el dominio público hidráulico impidiendo el paso de fauna por los cursos de agua).

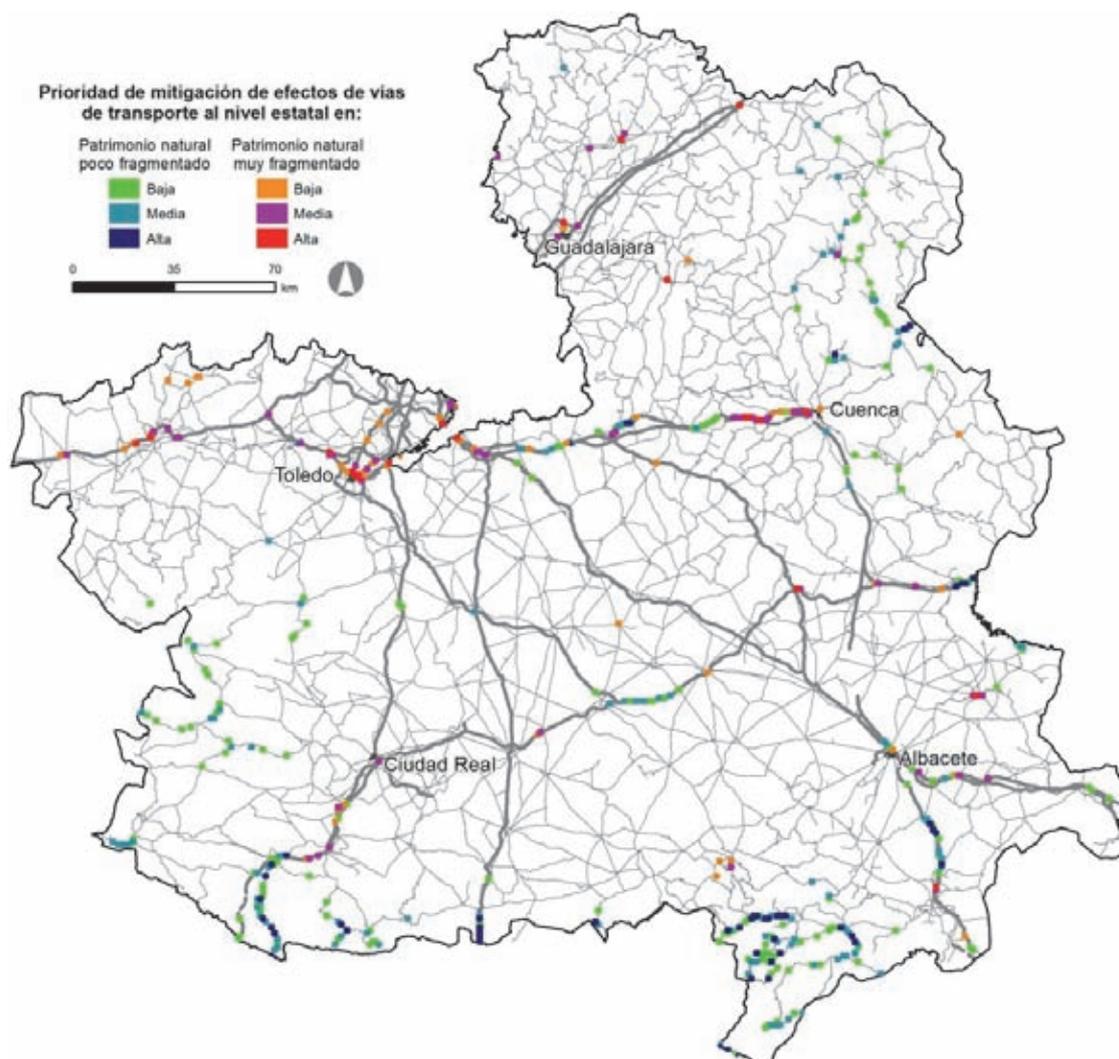


Figura 6.21. Áreas a desfragmentar. Selección a nivel estatal. Cuadrículas UTM de 1 km² correspondientes a Castilla-La Mancha de la selección realizada para todo el Estado a partir del modelo de áreas prioritarias para aplicar medidas de desfragmentación: 5.000 cuadrículas con mayor valor de cada uno de los dos índices seleccionadas en todo el Estado. Véase capítulo 4 y anexo I para detalles sobre metodología.

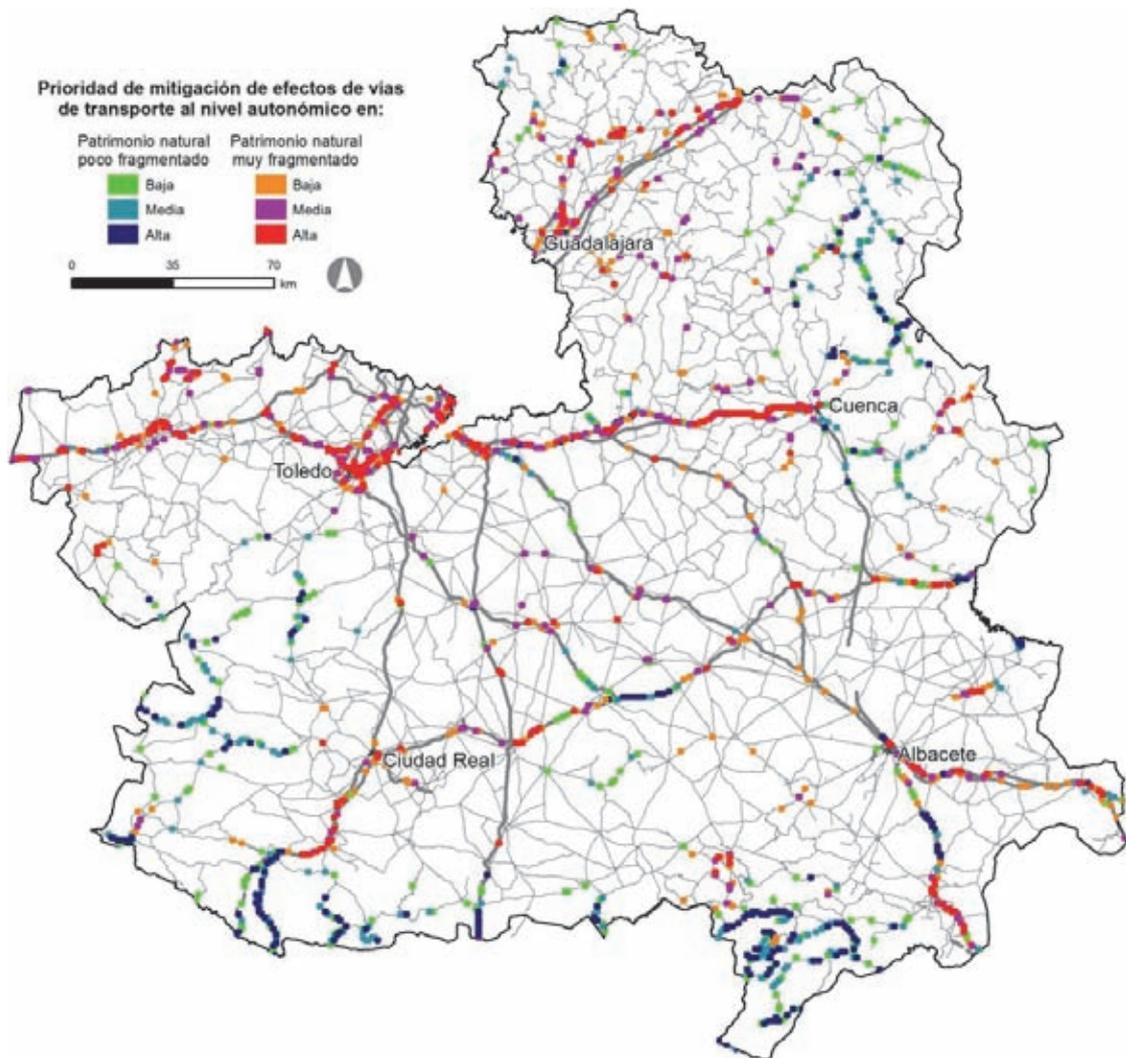


Figura 6.22. Áreas a desfragmentar. Selección a nivel autonómico. Se ha seleccionado en cada C. A. el 1% del total de cuadrículas UTM de 1 km² con mayor valor en cada uno de los dos índices de patrimonio natural (en total en ésta 1.616). Esta selección refleja por tanto las áreas más importantes en Castilla-La Mancha independientemente del resto del Estado. Véase capítulo 4 y anexo I para detalles sobre metodología.

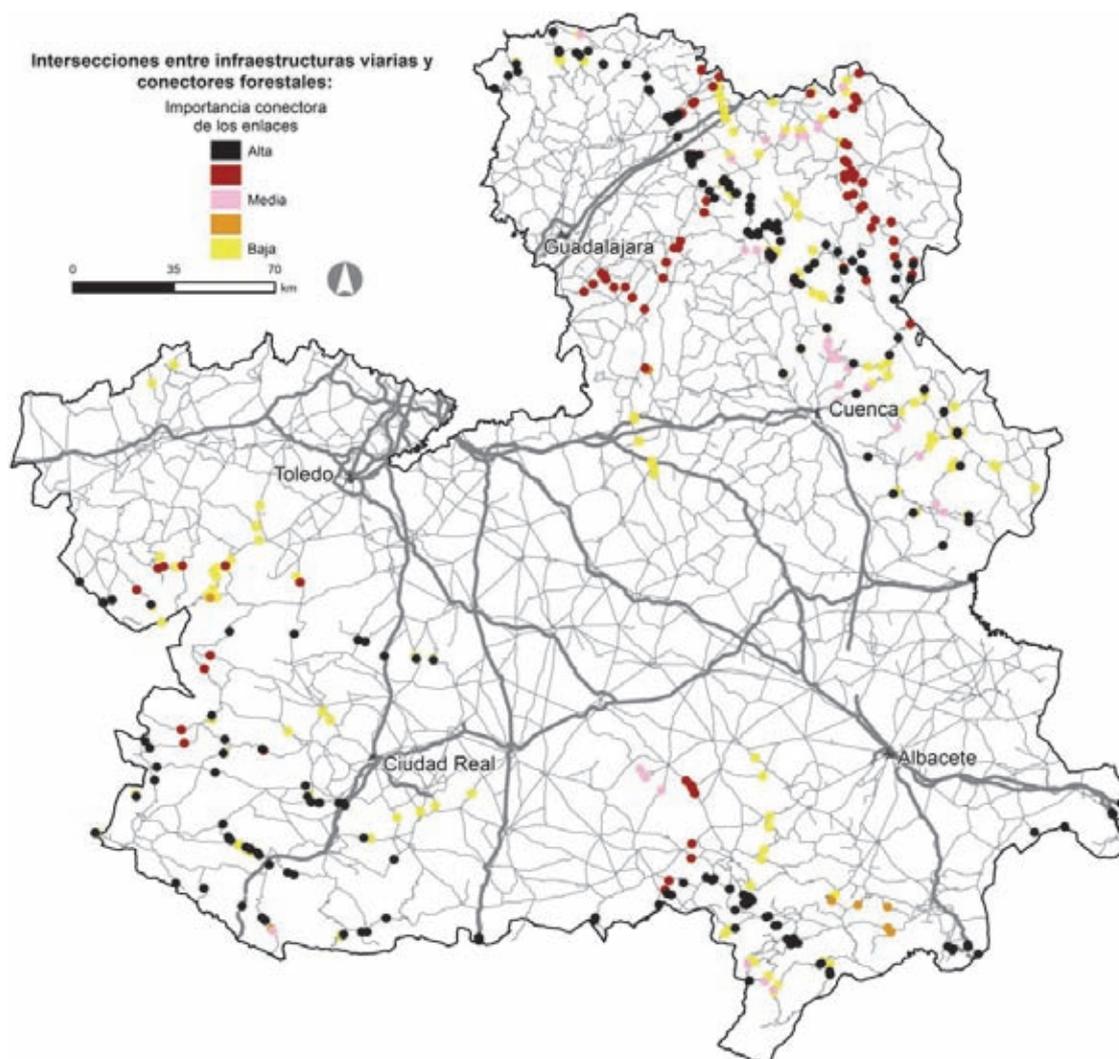


Figura 6.23. Áreas con intersecciones entre infraestructuras viarias y conectores forestales. Se indican los puntos de cruce entre vías de transporte y conectores forestales (enlaces entre nodos forestales identificados mediante la herramienta para el análisis de la conectividad ecológica CONEFOR, Saura y Torné 2009). Las intersecciones se han clasificado en cinco categorías de importancia, tres de ellas denominadas de importancia alta, media y baja, y las otras dos correspondientes a valores de importancia intermedios entre aquéllas. Véase capítulo 5 y anexo I.5 para detalles sobre metodología.

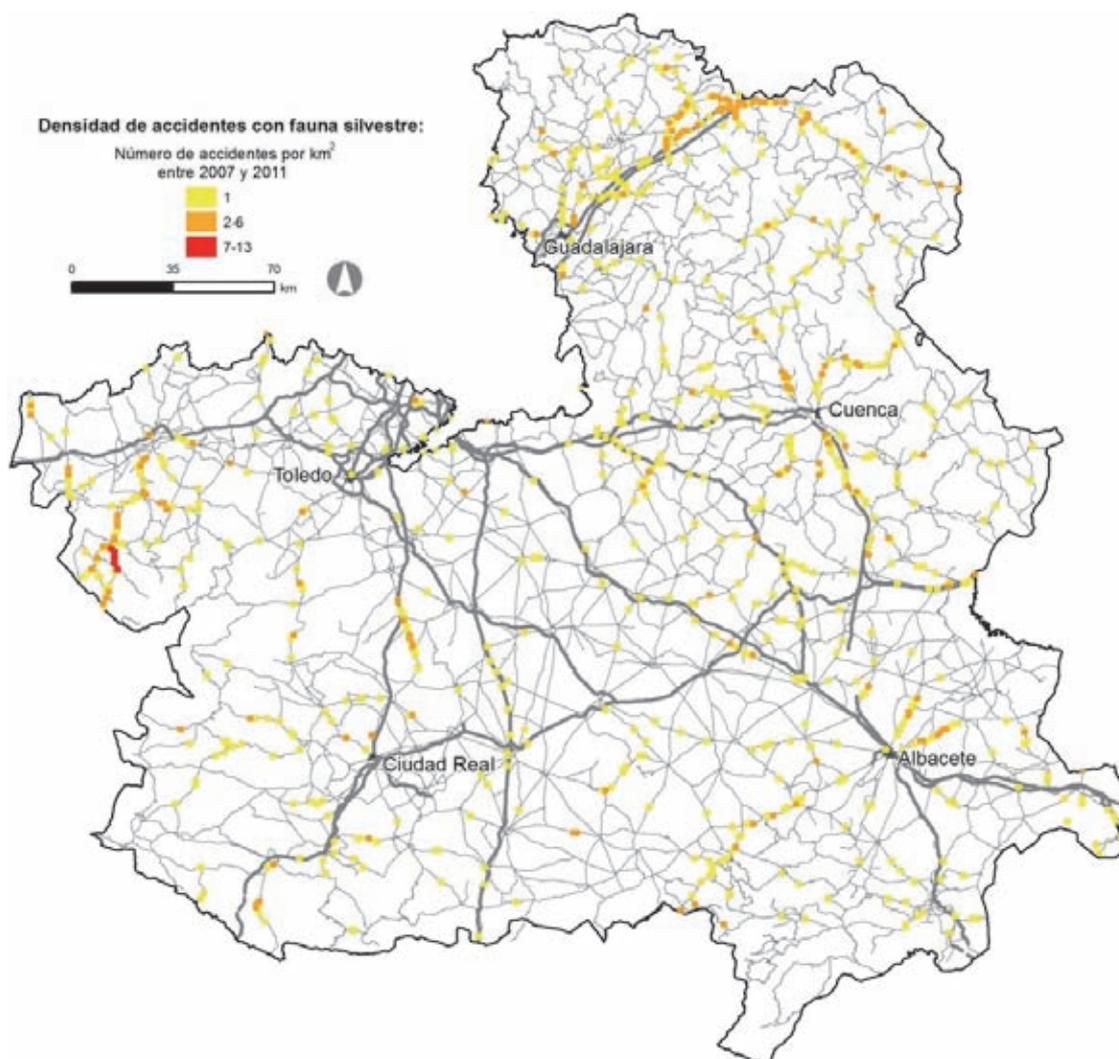


Figura 6.24. Densidad de accidentes con fauna silvestre. Se indican las cuadrículas UTM de 1 km² donde se ha registrado este tipo de siniestralidad, (217 cuadrículas en total en Castilla-La Mancha) clasificadas por el número de accidentes en cada cuadrícula. Los registros corresponden a los de la base de datos ARENA (DG de Tráfico); se han georreferenciado alrededor del 50% del total de registros, localizados mayoritariamente en carreteras de doble calzada, autovías y autopistas. Véase capítulo 5 y anexo I para detalles sobre metodología.

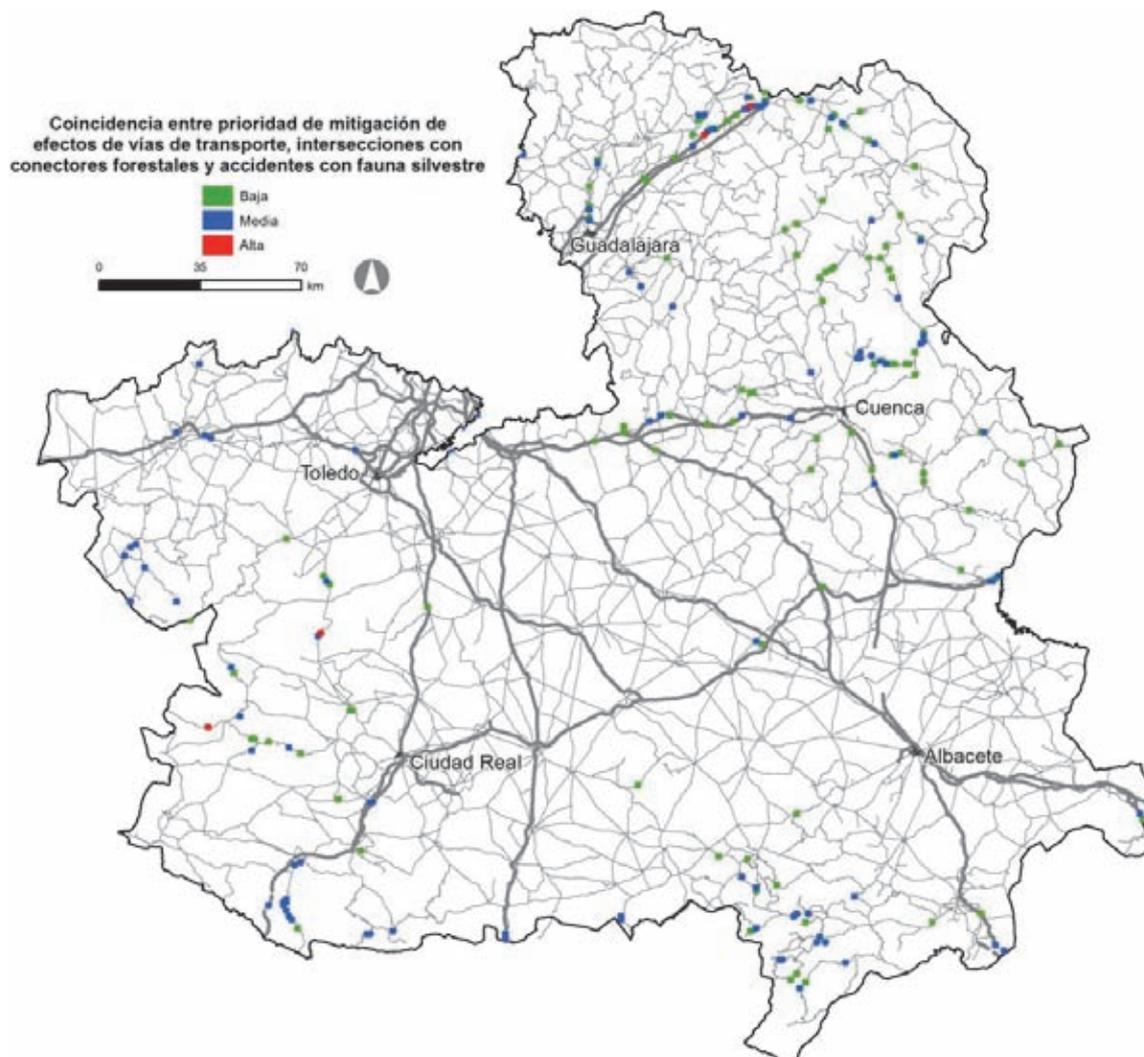


Figura 6.25. Áreas en las que coinciden distintos criterios. Se indican las cuadrículas UTM de 1 km² donde coinciden áreas a desfragmentar a nivel autonómico (Figura 6.22), intersecciones entre infraestructuras viarias y conectores forestales (Figura 6.23) y accidentes con fauna silvestre (Figura 6.24). Se han clasificado en tres categorías que reflejan número de coincidencias (2 o 3 criterios) y prioridad de cada uno de los índices. Dado el sesgo de la densidad de accidentes con fauna silvestre descrito en la Figura 6.24, se puede estar subestimando la presencia de cuadrículas con coincidencias en carreteras convencionales, de calzada única. Véase capítulo 5 y anexo I para detalles sobre metodología.

Diagnóstico general

Vulnerabilidad biológica a las infraestructuras lineales de transporte, tamaño efectivo de malla y densidad de red de infraestructuras lineales de transporte

- El valor medio del índice de vulnerabilidad biológica a las infraestructuras lineales de transporte en Castilla y León es algo superior al promedio estatal (véase Tabla II.1 en anexo II). Las áreas con altos valores de vulnerabilidad biológica a las infraestructuras de transporte en Castilla y León coinciden en gran parte con las zonas montañosas de baja fragmentación en la periferia del Valle del Duero, en concreto: Montes de León, Montaña de Luna y Montaña de Riaño en León; Montaña Palentina; Merindades, Alto Ebro, Montes de Oca y Sierra de la Demanda en Burgos; Sanabria, La Carballeda, Aliste y Arribes del Duero en Zamora; Arribes del Duero, Las Batuecas, Sierra de Francia y Quilamas, Sierra de Béjar y alto Tormes en Salamanca; Sierra de Gredos, Valle del Tormes, Valle del Tiétar, Sierra de Ávila y Valle del Alberche en Ávila; Valles del Moros y Eresma, y Páramos orientales en Segovia; y Picos de Urbión, Tierra de Pinares y Valle del Duero en Soria. Destaca especialmente la amplia zona con máximos valores en este índice en el Sistema Ibérico (Sierra de la Demanda y Picos de Urbión en Burgos y Soria), compartida con La Rioja, y que coincide con una de las áreas más valiosas de toda España según el índice de biodiversidad (véanse Figuras 3.2 y 3.4 en apartado 3.2). También tienen altos valores en este índice las riberas del Duero y de las redes hidrográficas del Esla, Pisuerga, Eresma, Adaja y Tormes. También pueden destacarse con valores medios-altos áreas de tamaño más limitado en la Tierra de Campos (entorno de Villafáfila, Villalpando, Medina de Rioseco y laguna de la Nava), Tierra de Pinares de Segovia y Valladolid, y Cerrato oriental en Palencia.

- El valor medio de tamaño efectivo de malla en Castilla y León es inferior al promedio estatal (véase Tabla II.1 en anexo II). El centro de esta Comunidad constituye la mayor superficie continua de todo el Estado con tamaño efectivo de malla bajo o medio-bajo, es decir, es la zona de alta fragmentación continua más extensa de España (véase Figura 3.8 en el apartado 3.3). Pero la periferia montañosa de la submeseta norte tiene grandes áreas con tamaño efectivo de malla medio y alto. Destacan con valores máximos la montaña de Riaño y Porma en León (área que se pro-

longa en el Principado de Asturias) y la Sierra de Gredos (área compartida con Extremadura). Se encuentran otras áreas con tamaño efectivo de malla alto en el resto de la Cordillera Cantábrica, El Bierzo y Montes de León; la Sierra de la Demanda en Burgos; los Picos de Urbión, Moncayo y tierra de Pinares en Soria; los páramos de Riaza y Sierra de Ayllón en Segovia; la Sierra de Ávila; y las Batuecas y la Sierra de Francia en Salamanca.

- El valor medio de densidad de red de infraestructuras lineales de transporte en Castilla y León es muy parecido al promedio estatal (véase Tabla II.1 en anexo II). Esta densidad tiene una distribución espacial similar al tamaño efectivo de malla, con una densidad alta en el centro del Valle del Duero, en especial en el entorno de las capitales de provincia, pero zonas amplias con baja densidad en el oeste de la provincia de León, Cordillera Cantábrica, Sierra de la Demanda, Picos de Urbión y Sistema Central (véase Figura 3.10 en el apartado 3.4).

Prioridad de mitigación de efectos de vías de transporte: áreas a desfragmentar

Castilla y León tiene un promedio de índice de patrimonio natural poco fragmentado similar al estatal, mientras que la media del índice de patrimonio natural muy fragmentado es algo superior al promedio estatal (véase Tabla II.2 en anexo II). El número de cuadrículas de la selección estatal es algo menor que el de la autonómica para el índice de patrimonio natural poco fragmentado y ocurre lo contrario para el de patrimonio natural muy fragmentado (Figuras 6.26 y 6.27). Para la descripción de áreas a desfragmentar se ha usado por tanto la selección autonómica en el caso del índice de patrimonio natural poco fragmentado, y la estatal para el de patrimonio natural muy fragmentado.

a) Áreas a desfragmentar situadas en zonas con índice de patrimonio natural poco fragmentado

Las cuadrículas seleccionadas según el índice de patrimonio natural poco fragmentado (véase Figura 6.27) se concentran principalmente sobre corredores de transporte importantes que combinan autovía, carretera de primer orden y en ocasiones ferrocarril (incluyendo tramos de LAV), con menor número de cuadrículas con solo una autovía, una carretera de primer orden, otras carreteras de menor entidad o LAV. Las principales concentraciones de cuadrículas se encuentran en la Cordillera Can-

tábrica (AP-66, N-621, N-625, N-630, CL-626, CL-627, CL-631, CL-635, LE-315, LE-331, LE-481, LE-493, LE-497, LE-711, P-210 y otras carreteras); corredor A-6/N-VI en el Puerto de Piedrafita; A-52, N-525 y ferrocarril entre Puebla de Sanabria y el límite con Galicia; entorno de la Sierra de Gredos (incluyendo el Valle del Tiétar abulense y el valle alto del Alberche, N-110, N-502, CL-500, CL-501, AV-901, AV-932, AV-941 y otras carreteras); Sistema Ibérico (Sierra de la Demanda y Picos de Urbión, N-111, CL-117, SO-615, SO-630, SO-830, BU-811, BU-820 y otras carreteras); corredor A-1/N-1/ferrocarril entre Aranda de Duero y Lerma, en el cruce del río Riaza y en Somosierra; Valle del Duero entre Soria y Berlanga de Duero (A-15/N-111); N-110, carreteras provinciales y ferrocarril en el entorno del Puerto de Somosierra; y corredor A-6/N-VI desde el túnel de Guadarrama hasta Villacastín.

Otras concentraciones de menor importancia o cuadrículas aisladas se encuentran en el corredor A-66/N-630/ferrocarril en Cubo del Vino; N-122 en Ricobayo; Sanabria (ZA-104), Montes de León (N-536, LE-126, LE-164 y otras carreteras); Ancares leoneses (LE-4211 y otras carreteras); A-231/N-620 en Sahagún, Cerrato (CL-619), Merindades (CL-629 y BU-526); Valle de Mena (C-6318 y ferrocarril); Condado de Treviño (CL-127); Entorno de Villafáfila (A-6/N-VI); Montes Torozos (N-601); corredor A-62/N-620 entre Tordesillas y Cañizal; A-11/N-122 en Tordesillas; corredor A-15, N-113, N-122 y ferrocarril en Aldealpozo; CL-101 y ferrocarril en el entorno de Ágreda; N-234 en el Puerto de Bigornia; A-11 y N-122 en Burgo de Osma; CL-101 en Villasayas; N-110 entre la A-1 y Segovia; CL-603 y otras carreteras en Cabezuela; A-601 en Vitoria; CL-601 entre Segovia y el Puerto de Navacerrada; corredor AP-61, N-603 y ferrocarril entre San Rafael y Segovia; AP-51/N-110 entre Villacastín y Ávila; Sierra de Ávila (AV-120); N-110 entre Muñana y Piedrahita; carreteras en el entorno de Piedrahita (CL-510 y AV-932); Navas del Marqués-Navalperal de Pinares (CL-505); Valle del Alberche (N-403 y AV-502); Sierra de Béjar (CL-500 y otras carreteras), Las Batuecas-Sierra de Francia (CL-512 y otras carreteras), A-62, N-620 y ferrocarril entre Salamanca y Ciudad Rodrigo y Arribes del Duero salmantinos (CL-517, SA-330 y otras carreteras).

b) Áreas a desfragmentar situadas en zonas con índice de patrimonio natural muy fragmentado

En cuanto al índice de patrimonio natural muy fragmentado (véase Figura 6.26), las cuadrículas

se concentran en varios de los corredores de transporte más importantes que comunican capitales de provincias: A-6/N-VI/ferrocarril entre Benavente y Ponferrada; A-52/N-525 entre Benavente y Puebla de Sanabria; AP-71/N-120/ferrocarril entre León y Astorga; AP-66/CL-626 entre Rioseco de Tapia y el Embalse de los Barrios de Luna; A-67/N-611/ferrocarril entre San Cristobal de Boedo y el límite con Cantabria; A-231 y N-120 entre Burgos y Villasandino; AP-1/N-I/ferrocarril entre Burgos y Briviesca, y en Pancorbo, Miranda de Ebro y el Condado de Treviño; A-62/ferrocarril entre Burgos y Valladolid; A-2/ferrocarril entre Esteros de Medinaceli y Santa María de Huerta; A-6/N-VI entre San Rafael y Villacastín; corredor A-66/N-630/ferrocarril entre Fresno Alhándiga y el Puerto de Béjar; y corredor A-62, N-620 y ferrocarril entre Salamanca y Fuentes de Oñoro.

Se encuentran cuadrículas aisladas o en concentraciones de menor número en la Cordillera Cantábrica (otros tramos de las mismas carreteras mencionadas para el índice anterior y ferrocarril entre Mataporquera y Salinas de Pisuerga); Sedaño y Parque Natural de las Hoces del Alto Ebro y Rudrón (N-623); Sierra de Oña y Merindades (N-232, N-629 y BU-561); Páramo de Vivar (A-73, N-623 y CL-629); A-231 y ferrocarril en el Valle del Esla, Los Oteros, Sahagún y Lédigos; nudos de carreteras en Villada, Carrión de los Condes, Villollo, Saldaña y norte de la ciudad de Palencia; el Aliste (N-122, otras carreteras y ferrocarril); Sayago y Arribes del Duero zamoranos (ZA-324, SA-316 y otras carreteras); CL-517 en Vitigudino y Cerralbo; N-122 y ferrocarril en Toro; CL-602, VA-610 y ferrocarril en Castronuño; A-6 en Villalpando y Villardefrades; CL-602 y ferrocarril entre Medina del Campo y Nava del Rey; LAV en El Pinar, Viana de Cega, Valdestillas y Olmedo; N-122 entre Tudela de Duero y Aranda de Duero; A-601 entre La Corala y Cuéllar y en Navalmanzano; BU-120 en Roa y Berlanga de Roa; A-11 y N-122 en Vadocondes, La Vid y Barrios y San Esteban de Gormaz; N-234 entre Barbadillo del Mercado y Abéjar; SO-290 en el Parque Natural del Cañón del Río Lobos; SO-160 en El Enebral; CL-116 en Monteagudo de las Vicarías; A-1 en Carabias y Castillejo de Mesleón; A-6, CL-605 y ferrocarril en Arévalo; A-50, N-501 y ferrocarril en San Pedro del Arroyo, Muñogrande, Ventosa del Río Almar y Encinas de Abajo; y sierras del SE de Salamanca (CL-515, CL-525, SA-201, SA-203, SA-205 y otras carreteras).

Además hay concentraciones de cuadrículas en el entorno inmediato de todas las capitales de provincia y otras ciudades importantes (Ponferrada,

Benavente, Tordesillas, Medina del Campo, Aranda de Duero y Almazán), en particular autovías de circunvalación, que posiblemente deban descartarse por ser áreas ya demasiado urbanizadas.

En Castilla y León se encuentra el mayor número de cuadrículas que han sido seleccionadas como prioritarias en la selección autonómica tanto en el índice de patrimonio natural muy fragmentado como en el de patrimonio natural poco fragmentado, lo que puede interpretarse como que los modelos han conseguido identificar cuadrículas con altos valores de vulnerabilidad a las infraestructuras lineales de transporte y de densidad de red de transporte en zonas con tamaño efectivo de malla medio.

Otros índices complementarios para la identificación final

I. Conectividad forestal

El promedio en Castilla y León del índice de intersección entre infraestructuras viarias y conectores forestales es muy similar a la media estatal (véase Tabla II.2 en anexo II). Las intersecciones entre conectores forestales y vías de transporte identificadas en Castilla y León, en particular las de mayor importancia, se concentran en las inmediaciones de los principales sistemas montañosos que rodean el Valle del Duero, reflejando la presencia de largos enlaces forestales paralelos a estas cordilleras, en particular en Sanabria, Montes de León, Cordillera Cantábrica, Montes de Oca y Sierra de la Demanda en Burgos, Picos de Urbión, Sierra de Gredos y sierras del sur de Salamanca (véanse Figura 6.28 y Figuras I.7-I.10 en Apéndice I). Se encuentran también un alto número de intersecciones con enlaces de importancia alta en las inmediaciones de las áreas más boscosas del Valle del Duero que han sido consideradas nodos forestales (Tierra de Pinares en Segovia y Valladolid, Montes Torozos en Valladolid, y masas forestales en Burgo de Osma en Soria, en el sur de Salamanca, sureste de Zamora y en el entorno de los Arribes del Duero; véase Figura I.5 en anexo I). Hay intersecciones entre conectores forestales de importancia alta y la mayoría de las autovías de la Comunidad: corredor A-52/N-525, con varias intersecciones entre Mombuey y Puebla de Sanabria, y destaca el alto número de intersecciones con carreteras al norte de esta última localidad; A-6/N-VI en Villafranca del Bierzo, Torre del Bierzo y sur de Tordesillas; corredor de la AP-68 a la altura de Vega de Caballeros; A-67/N-611/ferrocarril en Aguilar de Campoo; A-

1/N-I/ferrocarril en Santa Olalla de Bureba y Pancorbo; A-62/N-620 en Vegaduro; A-2/N-II/LAV en Medinaceli; A-11/N-122 en Valdenarros; A-601 en Pinarejos; LAV Segovia-Valladolid en Nava de la Asunción, Olmedo y Valdestillas; A-66/N-630 en El Cubo de la Tierra del Vino y en el Puerto de la Vallejera y A-62/N-620/ferrocarril entre Valdecarpinteros y Ciudad Rodrigo.

II. Densidad de accidentes con fauna silvestre

La densidad de accidentes con fauna silvestre en Castilla y León dobla a la media estatal (véase Tabla II.2 en anexo II), siendo la quinta C. A. con mayor promedio, solo superada por Galicia, Principado de Asturias, Comunidad Foral de Navarra y La Rioja. La densidad de accidentes es particularmente alta en el norte y oeste de la provincia de Zamora (véase Figura 6.29), donde se da uno de los valores más altos de España en el corredor A-52/N-525 y en la carretera N-631, cuyo trazado es paralelo a la Sierra de la Culebra. También se encuentra una alta densidad de accidentes en las carreteras del Bierzo, páramos de León, este de la provincia de Burgos y mitad norte de la provincia de Soria. En esta C. A. se ha detectado la cuadrícula con mayor densidad de accidentes con fauna silvestre (34 casos, N-631 en Perilla de Castro, Zamora).

III. Áreas en las que coinciden distintos criterios

En la Figura 6.30 se representan todas las cuadrículas en que se ha encontrado coincidencia de criterios (651 en total). Destacan las concentraciones de cuadrículas con coincidencia de criterios en los siguientes tramos de grandes corredores de transporte que implican al menos a una autopista o autovía y la carretera de primer orden preexistente: A-6, N-VI y ferrocarril entre La Bañeza y Ponferrada y en el Puerto de Piedrafitá; AP-71 en Villarejo de Órbigo; A-52 y N-525 entre Benavente y el límite con Galicia; AP-1, N-I y ferrocarril entre Burgos y Briviesca y en el Condado de Treviño; A-231 y N-120 entre Burgos y Melgar de Fernamental; A-67, N-611 y ferrocarril entre Herrera de Pisuerga y el límite con Cantabria; A-1, N-I, N-610 y ferrocarril en el Puerto de Somosierra y entre Aranda de Duero y Lerma; A-15 y N-111 entre Soria y Almazán; A-2, N-II y LAV entre Medinaceli y Arcos de Jalón; A-15/N-122 y ferrocarril entre Soria y Ágreda; AP-61, N-603 y ferrocarril entre Segovia y San Rafael; AP-6 y N-VI entre Villacastín y el túnel de Guadarrama; AP51/N-110 en-

tre Villacastín y Ávila; A-66 y N-630 en Béjar; y A-62, N-620 y ferrocarril entre Salamanca y Ciudad Rodrigo.

Se han detectado también cuadrículas en tramos de autovía ya construidos, pero que figuran como en construcción en la cartografía utilizada, en Tardajos, La Vid y Barrios, Olmedo, Peleagonzalo, Toro, Eván de Arriba y entre Medina del Campo y Zamora.

También hay otras concentraciones de cuadrículas con coincidencias en carreteras de primer orden: N-630 entre La Robla y el Puerto de Pajares; N-625 entre Cistierna y Asturias; N-111 entre Almarza y el límite con La Rioja, N-234 entre Soria y Navaleno; N-110 entre Segovia y Riaza y en el Valle de Amblés, tramos de la N-122 entre Aranda de Duero y San Esteban de Gormaz, Peñafiel-Simancas, Toro-Coreses y Fonfría-Alcañizes.

Por último, se encuentran también agrupaciones de cuadrículas en carreteras convencionales de Sanabria, Montes de León, Carucedo, La Ciana, Montes de Luna, La Tercia, Porma, Montaña Palentina, Merindades, Sierra de la Demanda, Berlanga de Duero, Sierra de Francia, y Valle del Tiétar. El resto de las cuadrículas se encuentran más aisladas en otros tramos de las vías principales mencionadas o en otras carreteras de menor entidad de El Bierzo, páramos de León, el Cerrato, Tierra de Campos zamorana, Sayago, entorno de la ciudad de Valladolid, Olmedo, Valle del Alberche, Vitigudino y Arribes del Duero.

Castilla y León es la C. A. con mayor número de cuadrículas de alta prioridad por coincidencia de criterios que incluyen el corredor A-52/N-525 en Asturianos y Junquera de Tera; N-630/ferrocarril en Peredilla; N-232 en Oña; AP-1/N-1/ferrocarril en Santa Olalla de Bureba; SO-920 en el Parque Natural del Cañón de Río Lobos; A-601 en El Otero; y dos cuadrículas en el corredor A-66/N-630/ferrocarril en Béjar.

Directrices generales sobre acciones a desarrollar

Los tramos de corredores de transporte mencionados en el apartado anterior pueden servir de guía para localizar puntos a permeabilizar, mitigando el efecto de fragmentación importante que puede estar causando esta acumulación espacial de vías de transporte. Estas acciones serían particularmente prioritarias en el área de distribu-

ción del oso pardo (*Ursos arctos*), ya que sus subpoblaciones occidental y oriental ya están expuestas a problemas de aislamiento genético y alteraciones de la razón de sexos a nivel poblacional y es de vital importancia mantener la posibilidad de intercambio genético. Los índices de patrimonio natural también identifican cuadrículas prioritarias en áreas de singular importancia para las aves esteparias, con poblaciones importantes de avutarda (*Otis tarda*; en especial Los Oterios, Villalpando, Nava del Rey o Alaejos), que por tanto serían áreas prioritarias donde aplicar medidas de desfragmentación específicas para estas aves, ensayadas con éxito en la autovía R-2 de la Comunidad de Madrid. El área de distribución del visón europeo (*Mustela lutreola*) alcanza el este de la provincia de Burgos, donde también se han identificado cuadrículas prioritarias. Las acciones que favorezcan a esta especie en peligro de extinción y muy sensible al problema de atropello deben considerarse prioritarias en esta parte de la C. A.

No hay presencia confirmada actual de lince ibérico (*Lynx pardinus*) en Castilla y León, pero sí hay noticias recientes de su presencia en áreas próximas de Extremadura, Castilla-La Mancha y Madrid (Sierra de Gata, Valle de Ambroz, Valle del Tiétar y suroeste de Madrid). El territorio de Castilla y León limítrofe con estas posibles áreas linceas tiene abundancia de cuadrículas prioritarias según los índices de patrimonio natural, y son por tanto áreas donde es particularmente importante mantener programas de evaluación de la posible presencia de la especie, y, en caso de confirmarse ésta, serían áreas particularmente prioritarias para la permeabilización de vías de transporte e identificación de posibles tramos con paso de la especie.

El problema de siniestralidad con fauna silvestre es particularmente acusado en varias zonas de la mitad norte de la C. A. y en Soria, donde hay extensas Reservas Nacionales de Caza y otros espacios naturales donde es posible que sea recomendable un incremento de la presión cinegética, que podría tener además efectos favorables en la conservación de la flora o de especies amenazadas como el urogallo (*Tetrao urogallus*), para las que la alta densidad de ungulados puede constituir un problema.

El índice de patrimonio natural muy fragmentado identifica múltiples cuadrículas en el entorno inmediato de las capitales de provincia y otros municipios grandes, afectadas por sus vías de circunvalación o autovías. Es posible que buena

parte de estas cuadrículas no deban considerarse prioritarias para aplicar medidas de permeabilización, por estar ya en terrenos demasiado urbanizados, o con previsible urbanización futura en los Planes de Ordenación Urbana en el cinturón entre estas circunvalaciones y el núcleo urbano. Pero cuando se trate de espacios naturales pe-

riurbanos bien conservados, que cuenten con figuras de protección por lo que se prevé se mantengan como tal en el futuro, sí pueden estar identificando puntos particularmente conflictivos para mantener la funcionalidad ecológica de estos espacios (por ejemplo, entorno inmediato de ciudades como Soria o Segovia).

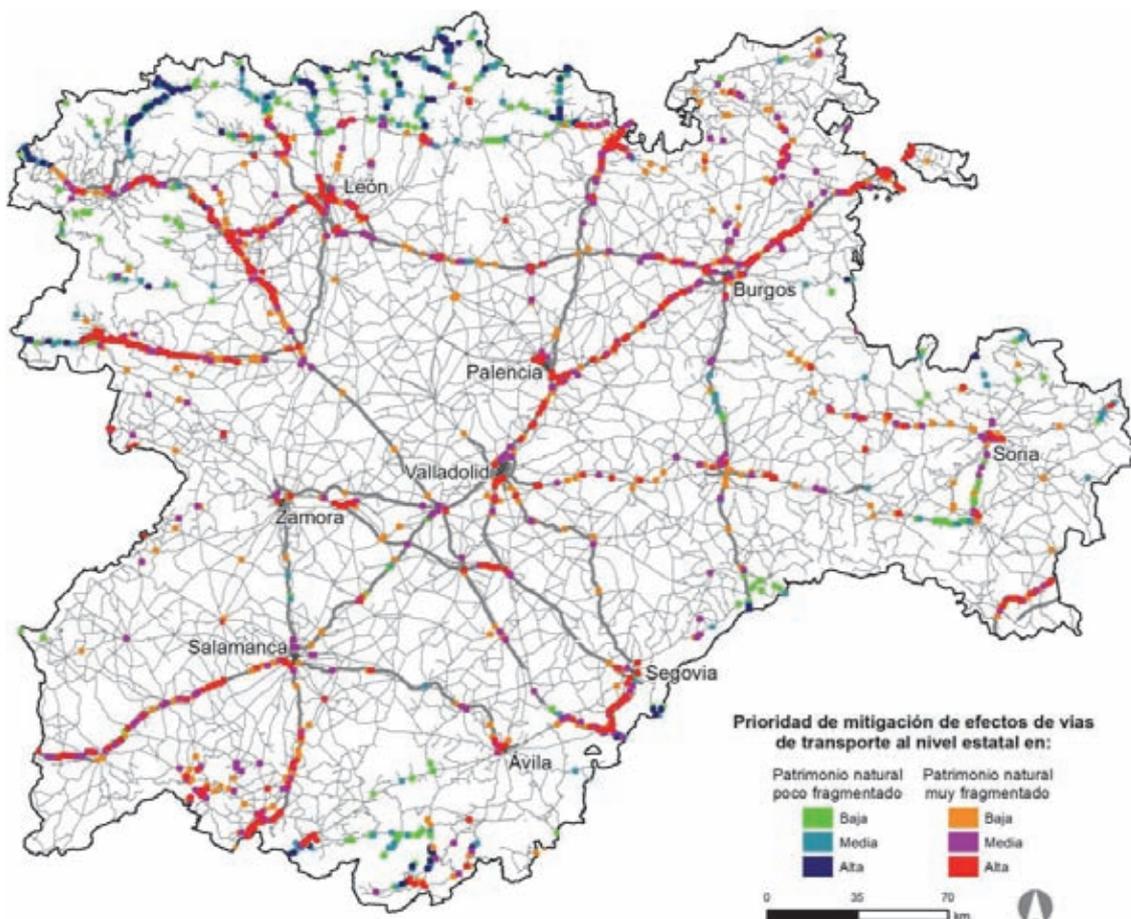


Figura 6.26. Áreas a desfragmentar. Selección a nivel estatal. Cuadrículas UTM de 1 km² correspondientes a Castilla y León de la selección realizada para todo el Estado a partir del modelo de áreas prioritarias para aplicar medidas de desfragmentación: 5.000 cuadrículas con mayor valor de cada uno de los dos índices seleccionadas en todo el Estado. Véase capítulo 4 y anexo I para detalles sobre metodología.

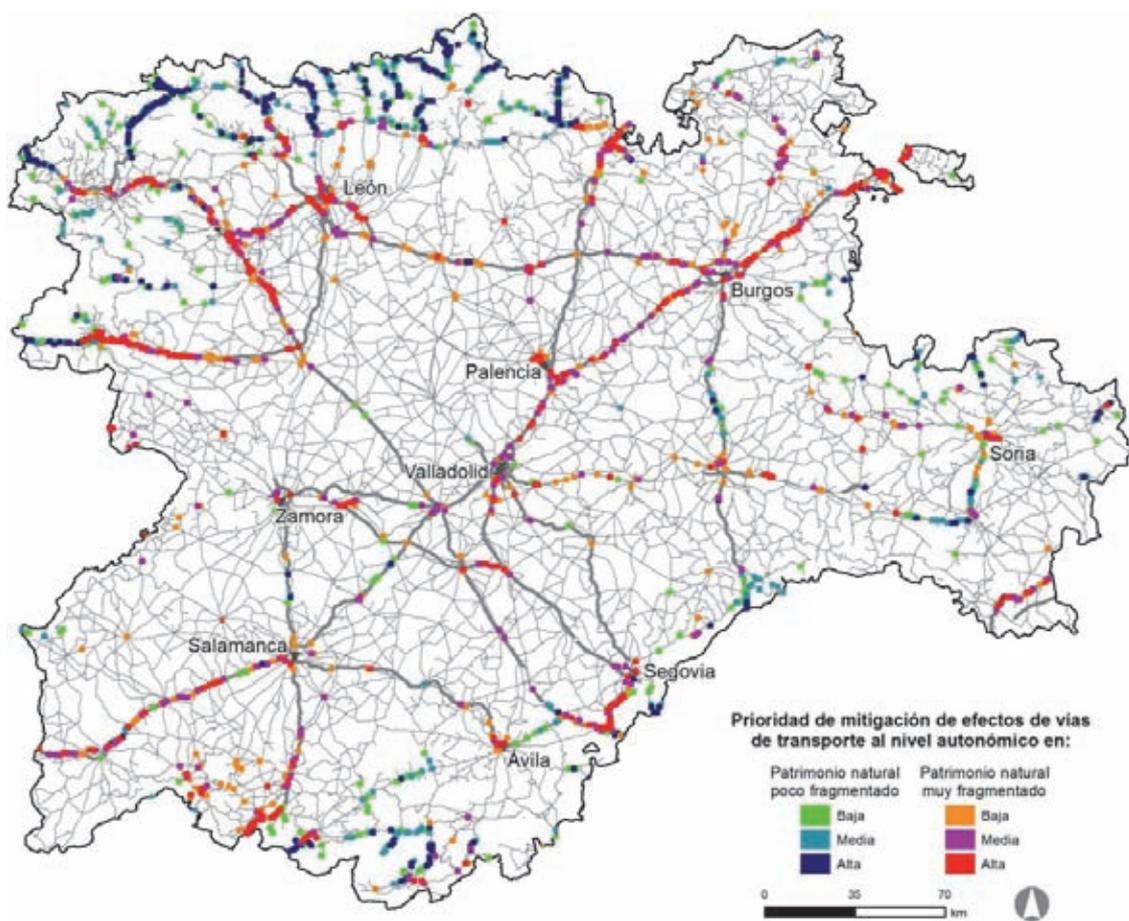


Figura 6.27. Áreas a desfragmentar. Selección a nivel autonómico. Se ha seleccionado en cada C. A. el 1% del total de cuadrículas UTM de 1 km² con mayor valor en cada uno de los dos índices de patrimonio natural (en total en ésta 1.920). Esta selección refleja por tanto las áreas más importantes en Castilla y León independientemente del resto del Estado. Véase capítulo 4 y anexo I para detalles sobre metodología.

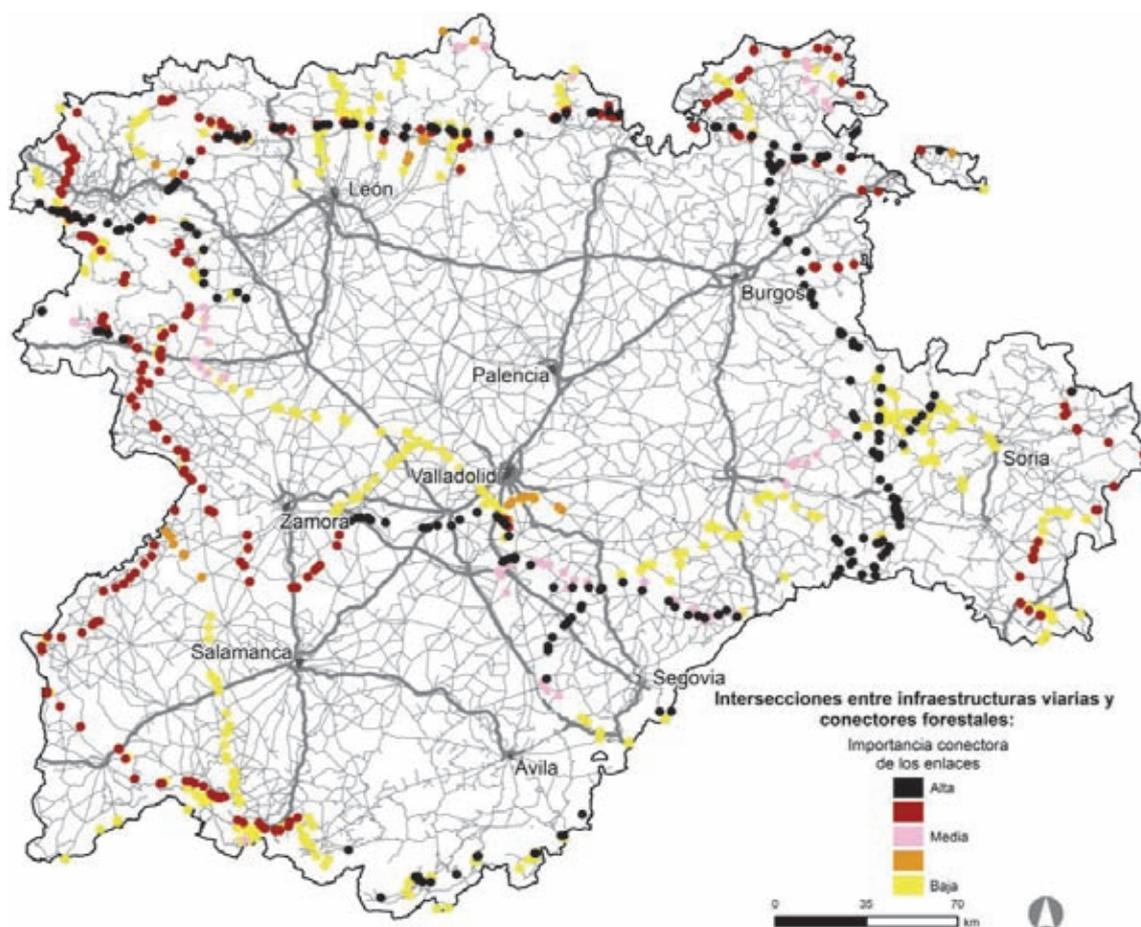


Figura 6.28. Áreas con intersecciones entre infraestructuras viarias y conectores forestales. Se indican los puntos de cruce entre vías de transporte y conectores forestales (enlaces entre nodos forestales identificados mediante la herramienta para el análisis de la conectividad ecológica CONEFOR, Saura y Torné 2009). Al no haberse considerado datos de Portugal, puede estar subestimándose la presencia de conectores forestales transfronterizos. Las intersecciones se han clasificado en cinco categorías de importancia, tres de ellas denominadas de importancia alta, media y baja, y las otras dos correspondientes a valores de importancia intermedios entre aquéllas. Véase capítulo 5 y anexo I.5 para detalles sobre metodología.

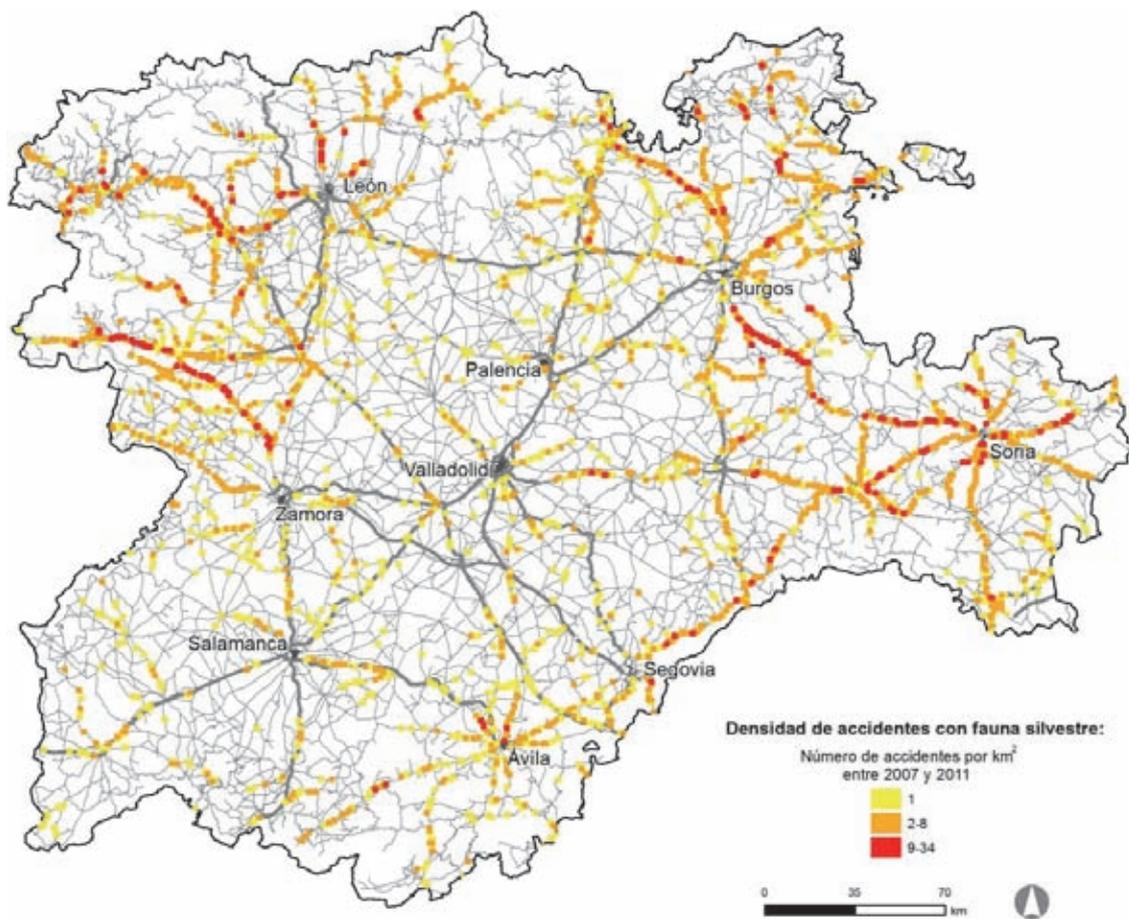


Figura 6.29. Densidad de accidentes con fauna silvestre. Se indican las cuadrículas UTM de 1 km² donde se ha registrado este tipo de siniestralidad (3.131 cuadrículas en total en Castilla y León), clasificadas por el número de accidentes en cada cuadrícula. Los registros corresponden a los de la base de datos ARENA (DG de Tráfico); se han georeferenciado alrededor del 50% del total de registros, localizados mayoritariamente en carreteras de doble calzada, autovías y autopistas. Véase capítulo 5 y anexo I para detalles sobre metodología.

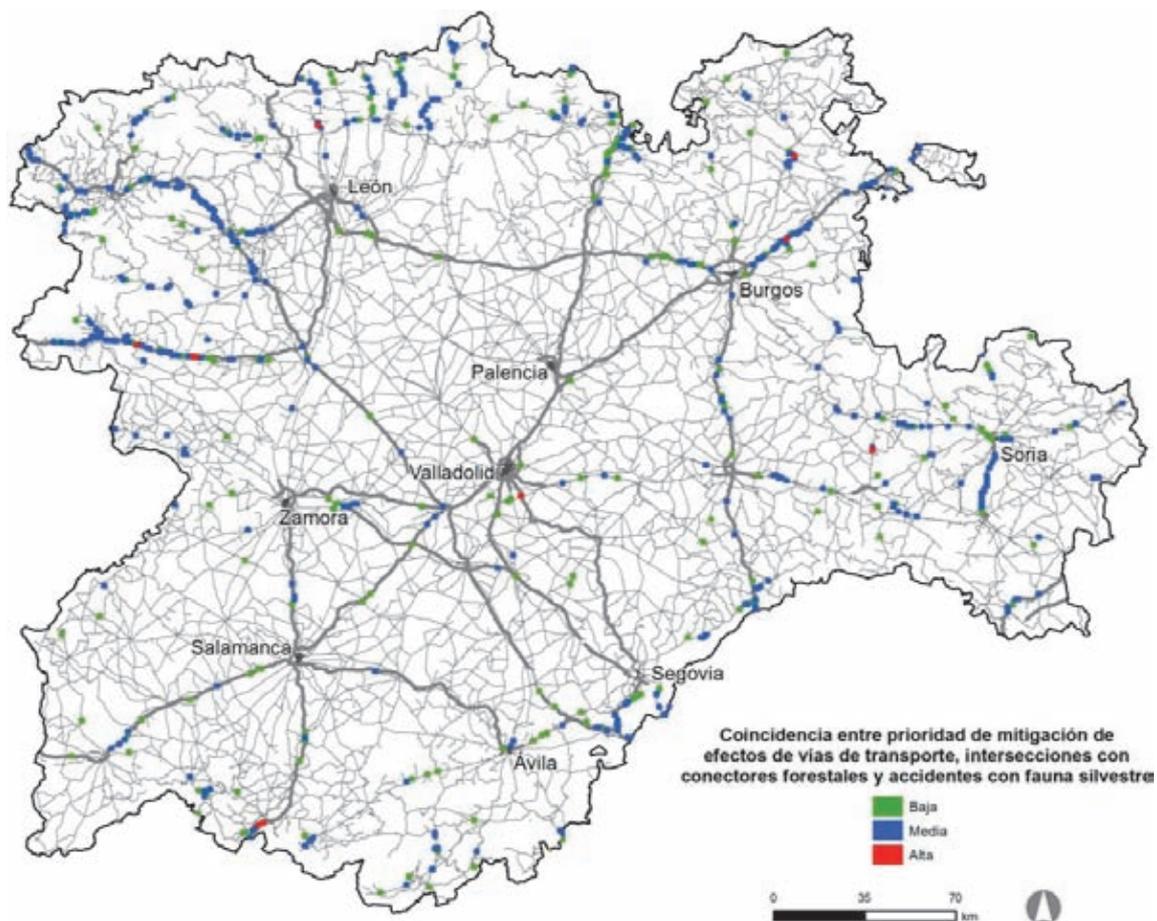


Figura 6.30. Áreas en las que coinciden distintos criterios. Se indican las cuadrículas UTM de 1 km² donde coinciden áreas a desfragmentar a nivel autonómico (Figura 6.27), intersecciones entre infraestructuras viarias y conectores forestales (Figura 6.28) y accidentes con fauna silvestre (Figura 6.29). Se han clasificado en tres categorías que reflejan número de coincidencias (2 o 3 criterios) y prioridad de cada uno de los índices. Dados los sesgos del modelo de conectividad forestal y de la densidad de accidentes con fauna silvestre descritos en las Figuras 6.28 y 6.29, se puede estar subestimando la presencia de cuadrículas con coincidencias en las áreas más próximas a la frontera con Portugal y en carreteras convencionales, de calzada única. Véase capítulo 5 y anexo I para detalles sobre metodología.

Diagnóstico general

Vulnerabilidad biológica a las infraestructuras lineales de transporte, tamaño efectivo de malla y densidad de red de infraestructuras lineales de transporte

- El valor promedio de vulnerabilidad a las infraestructuras lineales de transporte en Cataluña es mayor que la media estatal (véase Tabla II.1 en anexo II). En Cataluña hay un alto contraste territorial en los valores de este índice, de forma que hay amplias áreas con valores máximos, pero también zonas extensas con valores mínimos (véase Figura 3.2 en el apartado 3.2 del texto). Es interesante que en esta C. A. buena parte de las áreas con valores altos en este índice, en realidad no son áreas con alto valor continuo en el espacio, sino que predomina una mezcla intrincada de cuadrículas con valores altos y medios o bajos, sobre todo en las zonas más próximas a la costa mediterránea con bajos valores de tamaño efectivo de malla y alta densidad de red de infraestructuras lineales de transporte, lo que podría estar reflejando un efecto de la fragmentación del territorio sobre el índice de vulnerabilidad, como sugieren los resultados a nivel estatal (véase apartado I.4 en el apéndice I). Las áreas con mayores valores de vulnerabilidad biológica ocupan la mayor parte de la mitad oriental de la provincia de Girona (excepto la llanura de l'Empordà y el valle bajo del río Ter, con valores bajos), la Garrotxa, valles de Pirineos en Lleida, sierras prepirenaicas (Conca de Tremp, Montsec, Boumort, Cadí, Port del Compte, Rasos de Peguera, Santa Magdalena, Serralada Transversal), la mayor parte de la Serralada Litoral y sierras prelitorales y el macizo dels Ports. También se encuentran áreas con valores medio-altos o altos en zonas llanas más bajas, principalmente en la Segarra (incluyendo los secanos de Balaguer y Agramunt), Pla de Bages, y los secans del Montsià en Tarragona. Por último, el índice tiene también valores altos en las riberas del río Segre y sus afluentes, costas del Delta del Ebro, y el entorno de varios humedales como los Aiguamolls de l'Empordà, el Delta del Llobregat y el Estany de Banyoles. En contraste, valores mínimos del índice se encuentran en las áreas metropolitanas e industriales de las ciudades de Barcelona y Tarragona, municipios costeros y la mayor parte de la depresión central.

- Cataluña tiene un valor medio de tamaño efectivo de malla muy superior al promedio estatal y el más alto de todas las CC. AA. (véase Tabla II.1 en

anexo II). Hay sin embargo un gran contraste entre comarcas en el grado de fragmentación del territorio (véase Figura 3.8 en el apartado 3.3), en gran parte coincidente con lo que ocurre en el caso de Castilla y León. Así, en Cataluña se encuentra desde el área más grande del Estado con máximo valor de tamaño efectivo de malla (Alto Pirineo, compartida con Aragón), hasta una de las áreas continuas más grandes con valores mínimos (Barcelona y su entorno). El tamaño efectivo de malla es en general alto en el entorno de Pirineos, sierras prepirenaicas y sierras del suroeste de Tarragona, con valores intermedios en el sur de la provincia de Lleida, y valores bajos en la depresión central y la costa, de forma continua desde Girona hasta Tarragona.

- La densidad media de red de infraestructuras lineales de transporte es superior a la media estatal. El patrón del índice de densidad de red de infraestructuras lineales de transporte es muy similar al caso anterior, desde áreas con muy baja densidad en la mitad norte de la provincia de Lleida hasta una de las zonas más amplias de España con valores máximos en este índice en el litoral mediterráneo, en particular en el entorno de Tarragona y Barcelona (véase Figura 3.10 en el apartado 3.4).

Cataluña es un buen ejemplo de cómo las áreas con alta vulnerabilidad biológica a las infraestructuras lineales de transporte pueden coincidir con territorios muy poco fragmentados (Alto Pirineo) o altamente fragmentados (áreas costeras).

Prioridad de mitigación de efectos de vías de transporte: áreas a desfragmentar

Cataluña es la C. A. con mayor valor medio en el índice de patrimonio natural poco fragmentado, duplicando al promedio estatal, y también es algo superior el promedio catalán en el índice de patrimonio natural muy fragmentado (véase Tabla II.2 en anexo II). En consecuencia, el número de cuadrículas de la selección a nivel estatal es superior al de la selección a nivel autonómico (comparar Figuras 6.31 y 6.32). Por tanto, se ha utilizado la selección estatal como referencia para describir las áreas a desfragmentar.

Como era de esperar dadas las realidades opuestas que reflejan estos dos índices y el gran contraste territorial mencionado anteriormente en grado de fragmentación del territorio y densidad de red de infraestructuras lineales de transporte, en Cataluña se distinguen claramente dos zonas

con respecto a los índices de patrimonio natural: en Pirineos y Prepirineo occidentales hay una alta concentración de cuadrículas con alto valor en el índice de patrimonio natural poco fragmentado, mientras que en el litoral y sierras costeras se concentran las cuadrículas de patrimonio natural muy fragmentado (véanse Figuras 6.31 y 6.32).

a) Áreas a desfragmentar situadas en zonas con índice de patrimonio natural poco fragmentado

Las cuadrículas prioritarias según el índice de patrimonio natural poco fragmentado (véase Figura 6.31) se agrupan en las principales vías que rodean o atraviesan grandes macizos montañosos en Pirineos y Prepirineo occidentales (C-12, C-13, C-16, C-17, C-26, C-28, C-38, C-142, N-152, N-230 y N-260), coincidiendo en parte con grandes espacios naturales protegidos como el Parque Nacional de Aigüestortes i Estany de Sant Maurici, Parque Naturales de l'Alt Pirineu y Cadí-Moixeró, así como otros espacios protegidos incluidos en el Plan de espacios de interés natural (Vall Alta de Serradell-La Terreta-Serra de Sant Gervàs; Serra de Careu-Sant Corneli; Serra del Boumort; Serra de Prada-Castellàs; Serra del Montsec y Aiguabarreig Segre-Noguera Pallaresa), además de otras vías de menor entidad en valles de montaña. También hay agrupaciones de cuadrículas de menor importancia o cuadrículas aisladas en la A-26/N-260 entre Olot y Figueres, C-55 entre Manresa y Cardona, C-17 entre Vic y Ripoll y en las cercanías de Aiguafreda en el Montseny, AP-7 en el delta del Ebro, C-12, C-43 y otras carreteras convencionales en el entorno del macizo de Els Ports, y otras carreteras en las sierras del Prepirineo Central, en la Serra de la Albera en Portbou y entorno del Pantano de Boadella en Girona.

b) Áreas a desfragmentar situadas en zonas con índice de patrimonio natural muy fragmentado

La mayor parte de las cuadrículas prioritarias según el índice de patrimonio natural muy fragmentado (véase Figura 6.31) se agrupan en tramos largos de los principales corredores de transporte: Corredor Mediterráneo: AP-7/A-7/A-2/N-II/N-340/LAV y ferrocarril convencional desde La Jonquera hasta la punta de Calafat en Tarragona; C-66 y otras carreteras entre Girona y Besalú; autovía C-25 y carreteras convencionales entre Vic y la AP-7; autovía C-17, N152a y ferrocarril entre Granollers y Torelló; autovía C-32, N-II y ferrocarril entre Barce-

lona y Blanes; autovía C-25, N-141 y ferrocarril entre Manresa y Cervera; A-2/N-IIa entre Cervera e Igualada; autovías B-23, A-2, N-340 y ferrocarril entre Barcelona y Martorell; C-16, C-58 y ferrocarril entre Manresa y San Cugat del Vallès; y AP-2, N-240 y LAV entre Borges Blanques y Montblanc.

Cuadrículas prioritarias de este índice en agrupaciones menores o aisladas se encuentran en la N-260 y ferrocarril entre Figueres y Llança; autovía C-26 entre Figueres y Roses; GI-614 entre Roses y Cadaqués; C-66 y LAV entre Girona y Flaçà; GI-6591 y otras carreteras en Palafrugell; C-35 entre Vidreres y Platja d'Aro; GI-682 entre Sant Feliu de Guixols y Tossa de Mar; varias autovías y LAV en el entorno de la ciudad de Lleida; A-2/N-IIa y carreteras convencionales cercanas a Bellpuig; AP-2, C-51 y otras carreteras convencionales entre Cabra del Camp y La Bisbal del Penedès; C-12 y ferrocarril entre Ascó y Mora d'Ebre; AP-7 y T-331 entre Amposta y Uldecona; y otras carreteras convencionales en las Sierras del Tallat y de Queralt, Muntanyes de Prades, Montsant y en la comarca del Priorat.

Otros índices complementarios para la identificación final

I. Conectividad forestal

El promedio en Cataluña del índice de intersección entre infraestructuras viarias y conectores forestales es muy similar a la media estatal (véase Tabla II.2 en anexo II). En la Figura 6.33 se representan todas las intersecciones entre los conectores forestales (véanse también Figuras I.7-1.10 en anexo I) y vías de transporte en Cataluña. Destacan las alineaciones de intersecciones entre infraestructuras viarias y largos conectores forestales de alta importancia que se mencionan a continuación: conectores forestales paralelos a la costa mediterránea meridional, desde el macizo dels Ports a la Serra de Castelltallat, atravesando las sierras prelitorales de Tarragona y Barcelona; conector forestal que transcurre desde el Penedès a la Sierra de Queralt en Tarragona; conector forestal al sur de las sierras prepirenaicas occidentales, desde la Sierra de Castelltallat hasta el Montsec; conector forestal entre la Serralada Litoral y el Valle del Segre, desde el macizo de Cadiretes en Tossa del Mar, atravesando diversas áreas de la comarca de La Selva, macizo del Montseny, el Moianès hasta el Pla de Bages, y sur de la comarca del Solsonès hasta el río Segre a la altura del Embalse de Rialb; conectores forestales en el norte de Lleida, y varias intersecciones más dispersas en el Montsec, Conca de Tremp y Alto Pirineo.

Entre estas intersecciones de importancia alta se encuentran varias con las principales autopistas y autovías catalanas (AP-7, A-2, AP-2, C-16, C-17 y C-25), LAV y ferrocarril convencional.

Otras alineaciones de intersecciones entre vías de transporte y conectores forestales de menor importancia se encuentran entre la Serra de Collserola y el macizo de Montserrat hasta la Serra de Rubio; entre la Serra de Sant Llorenç de Munt y el Montseny; al pie de las sierras prepirenaicas entre Les Guilleries y la Serra de Port del Comte, e intersecciones más dispersas en los valles del entorno de la Serra del Cadí, Serra del Boumort, Serra de Sant Gervàs y Alto Pirineo.

II. Densidad de accidentes con fauna silvestre

En primer lugar, hay que resaltar que para el caso de Cataluña sí se han incorporado todos los accidentes registrados en el conjunto de la red interurbana que fueron georeferenciados por la Generalitat y por tanto, no hay que advertir del sesgo hacia vías de gran capacidad (autopistas, autovías y carreteras de doble calzada) que existe en otras CC. AA. La densidad de accidentes con fauna silvestre en Cataluña fue ligeramente superior a la media estatal, pero teniendo en cuenta esta importante diferencia metodológica con el resto de las CC. AA. (donde no se han considerado el 50% de los accidentes registrados por la DGT) la realidad es que posiblemente la media sea algo menor.

La mayor concentración de accidentes en Cataluña se localiza en la provincia de Girona (véase Figura 6.34), en especial en las carreteras del entorno de Figueras y Girona, el corredor de transporte AP-7/A-2 y su entorno, y el sureste de la provincia en el entorno de Llagostera y Vidreres. Otras zonas con concentración de cuadrículas con alta densidad de accidentes se encuentran en Alto Pirineo (C-28 en Val d'Aran, C-13 entre Llavorsí y Alt Àneu, N-260 entre Sort y Peramea), Valle del Segre (C-14 entre Ponts y Artesa de Segre, y entorno de Camarasa), carreteras al norte de la ciudad de Lleida y en el entorno de Manresa. Cuadrículas con alta densidad de accidentes más dispersas se encuentran en las sierras prelitorales de Tarragona y Barcelona, en especial en el Vallès.

III. Áreas en las que coinciden distintos criterios

En la Figura 6.35 se representan todas las cuadrículas en que se ha encontrado coincidencia de

criterios (245 en total). Destacan las siguientes concentraciones de cuadrículas con coincidencias: Noroeste de la provincia de Lleida, desde la Serra del Montsec y la Conca de Tremp hasta la Val d'Aran, la mayor parte de las cuadrículas afectadas por las principales vías de gran capacidad de la zona (C-13, C-28, N-260 y N-230), además de las carreteras del entorno de la Vall de Boí y el espacio de interés natural Vall Alta de Serradell-La Terreta-Serra de Sant Gervàs (N-230, L-500, L-501 y L-502), la carretera N-260 (Sort-La Seu d'Urgell-Puigcerdà) y la C-14 entre Adrall y Ponts; el gran corredor de transporte Barcelona-Girona-La Jonquera, implicando a la autopista del Mediterráneo (AP-7), la A-2/N-II y la LAV, que transcurren paralelas y a corta distancia unas de otras en buena parte de este largo tramo, junto a otras carreteras convencionales en los nudos viarios. Además hay cuadrículas con coincidencias afectadas por otras autovías y carreteras (destacando la C-35) y vías de ferrocarril en el gran nudo viario del sur de la provincia de Girona, con centro aproximado en Vidreres; y la tercera zona en importancia por concentración de estas cuadrículas con coincidencias de criterio se encuentra en las comarcas del Vallès Occidental y Oriental, con varias cuadrículas más dispersas o afectadas por tramos más cortos de vías de transporte, implicando al corredor de la AP-7, las autovías y carreteras C-16, C-17, C-33, C-35, C-58, C-59, la LAV y un alto número de carreteras convencionales, ya que el modelo ha tendido a identificar cuadrículas con nudos viarios importantes. Esta es una de las zonas con mayor concentración de vías de transporte en todo el Estado.

Cuadrículas agrupadas en tramos más cortos o en menor número y más dispersas se encuentran en el corredor A-26/N-260 entre Olot y Besalú; C-26 en el entorno de los Aiguamolls de l'Empordà; N-260 entre Figueras y Llança y en Navata; corredor de la C-66 entre Besalú y Banyoles; C-26 en Bassella y Olius; C-25 en el tramo entre el Montseny y Les Guilleries, entre Vic y Manresa y entre esta ciudad y Cervera (añadiendo en esta última localidad las carreteras N-141a, N-141b y la vía de ferrocarril); carreteras del entorno de Montserrat (C-37, C-37a y C-55); C-60 en Argenton; corredor AP-2/N-240 y LAV en el tramo cercano al Montsant y en la comarca del Penedès; las carreteras C-31 y C-32 en la costa del Garraf; el corredor de transporte Tarragona-Lleida (AP-2, C-14, N-240 y línea de ferrocarril); el corredor de la A-2/N-II y ferrocarril en zonas cercanas a Lleida, Jorba y Castellbisbal; de nuevo corredor de la AP-7 y nudos de transporte con otras autovías (C-

14 y T-11) y vías de ferrocarril en el entorno de Tarragona y Vilaseca, y las carreteras que atraviesan la Serra de Pàndols-Cavalls en Tarragona (N-420, C-43 y T-330).

Directrices generales sobre acciones a desarrollar

Los grandes corredores de transporte identificados como prioritarios, donde sería particularmente importante detectar puntos concretos en los que aplicar medidas de permeabilización de las vías implicadas, son el corredor del Mediterráneo (AP-7, N-II y LAV) y la AP-2, C-14 y ferrocarril. Otro tipo de acciones a desarrollar son la verificación de la efectividad de las medidas encaminadas a reducir la fragmentación que ya se han aplicado en otras vías identificadas como prioritarias, por ejemplo de los pasos de fauna específicos y ecoductos en la carretera C-25, recientemente desdoblada, en la C-26 en el entorno de los Aiguamolls de l'Empordà, o en la LAV y otras carreteras construidas en los últimos años, en las que se han implantado estructuras de conectividad de diverso tipo.

El problema de los accidentes con fauna silvestre se ha analizado ya en detalle en Cataluña, donde

en 2007, se identificaron 178 tramos de concentración de accidentes, se han evaluado las posibles medidas a aplicar, y se ha proporcionado una propuesta concreta de actuaciones en los tramos más conflictivos que se ha comenzado a aplicar de forma progresiva (ver Ficha 2 en el documento 5 de esta serie; MAGRAMA 2013). A partir de la actualización de este estudio se ha elaborado un plan para aumentar la seguridad viaria en los tramos de concentración de accidentes con animales (DTES-Generalitat de Catalunya 2012). El cruce de la información de estos tramos con el listado de áreas prioritarias a desfragmentar en las que hay coincidencia de criterios que implican al índice de densidad de accidentes con fauna silvestre puede contribuir a priorizar aún más donde ejecutar estas acciones.

En cuanto a las vías que pueden no requerir medidas de permeabilización, pero serían prioritarias para otro tipo de problemas o en el desarrollo futuro de estas infraestructuras, se ha identificado un alto número de cuadrículas prioritarias, tanto en el índice de patrimonio natural poco fragmentado, como por combinación de criterios, en Pirineos y Prepirineo, especialmente sus sectores occidentales, afectadas tanto por vías de alta capacidad como por carreteras convencionales.

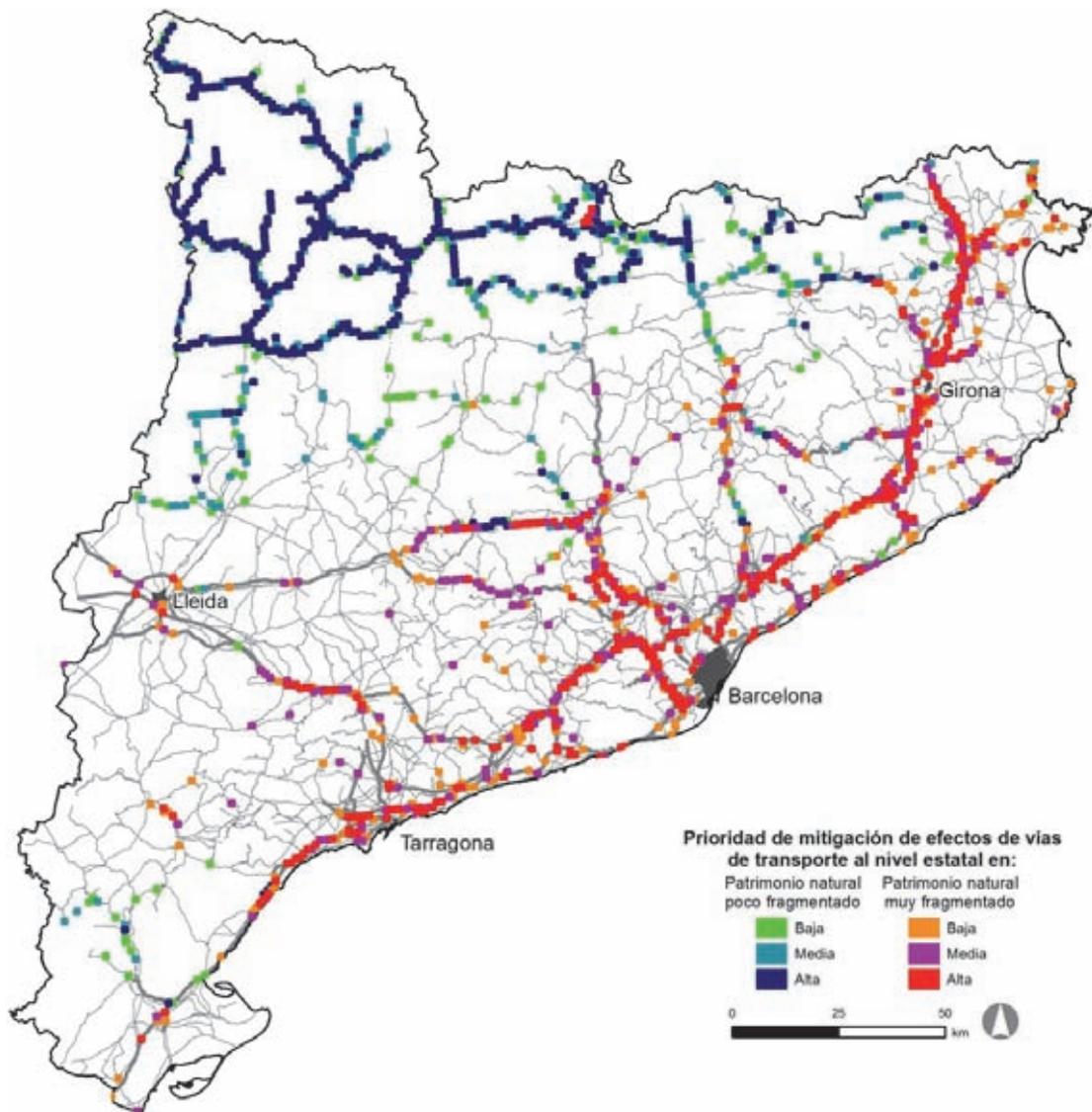


Figura 6.31. Áreas a desfragmentar. Selección a nivel estatal. Cuadrículas UTM de 1 km² correspondientes a Cataluña de la selección realizada para todo el Estado a partir del modelo de áreas prioritarias para aplicar medidas de desfragmentación: 5.000 cuadrículas con mayor valor de cada uno de los dos índices seleccionadas en todo el Estado. Véase capítulo 4 y anexo I para detalles sobre metodología.

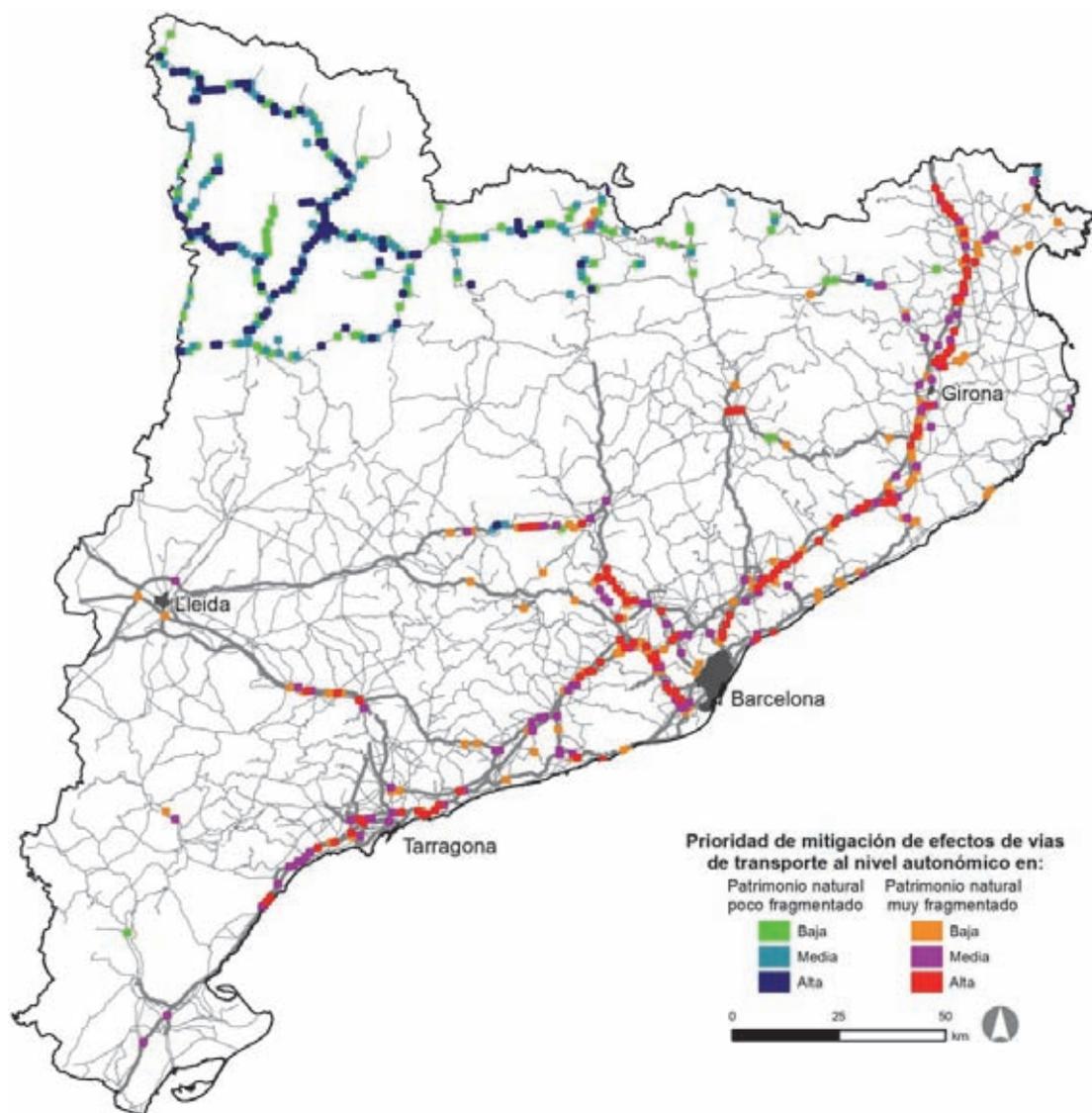


Figura 6.32. Áreas a desfragmentar. Selección a nivel autonómico. Se ha seleccionado en cada C. A. el 1% del total de cuadrículas UTM de 1 km² con mayor valor en cada uno de los dos índices de patrimonio natural (en total en ésta 652). Esta selección refleja por tanto las áreas más importantes en Cataluña independientemente del resto del Estado. Véase capítulo 4 y anexo I para detalles sobre metodología.

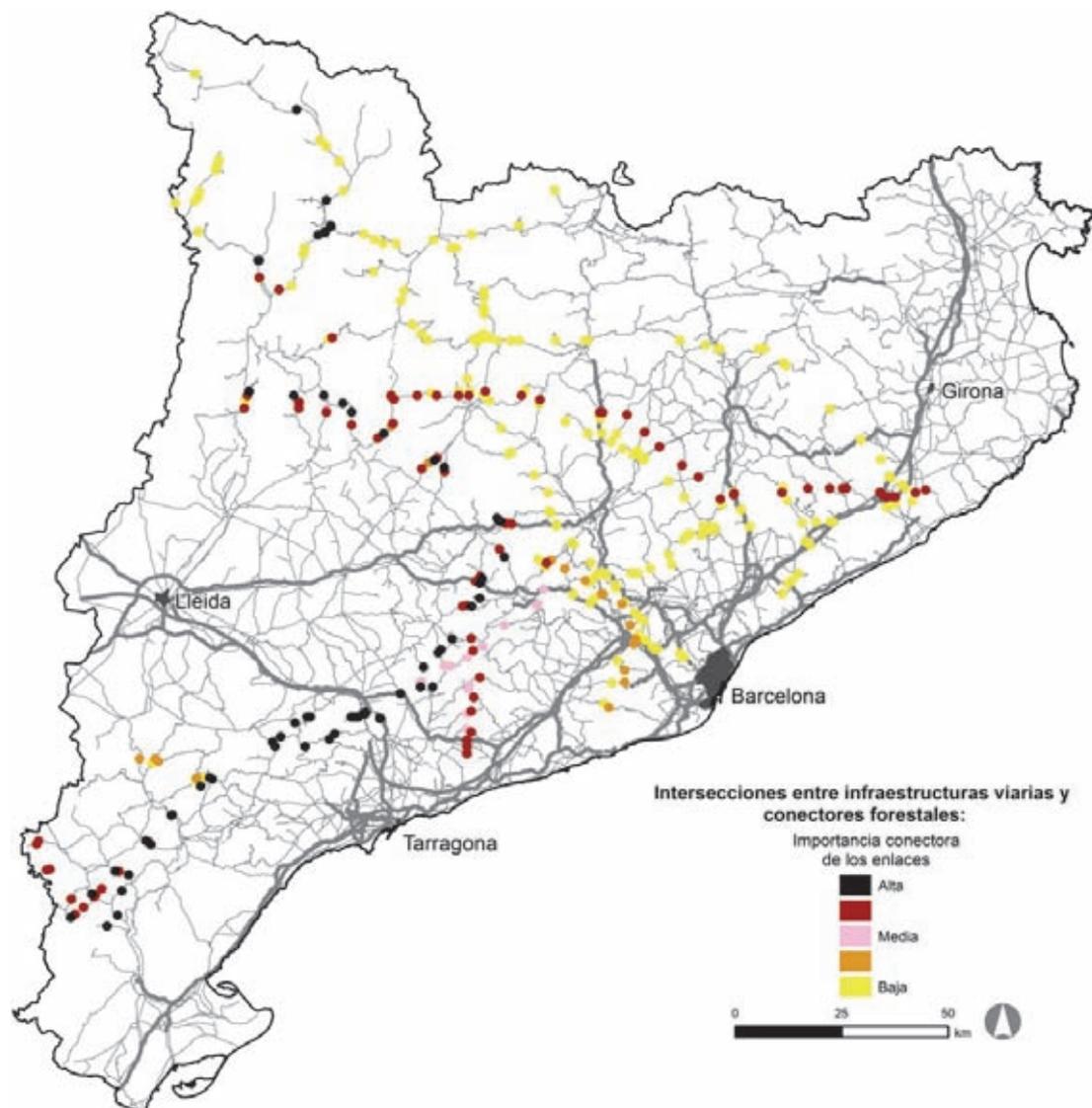


Figura 6.33. Áreas con intersecciones entre infraestructuras viarias y conectores forestales. Se indican los puntos de cruce entre vías de transporte y conectores forestales (enlaces entre nodos forestales identificados mediante la herramienta para el análisis de la conectividad ecológica CONEFOR, Saura y Torné 2009). Al no haberse considerado datos de Francia, puede estar subestimándose la presencia de conectores forestales transfronterizos. Las intersecciones se han clasificado en cinco categorías de importancia, tres de ellas denominadas de importancia alta, media y baja, y las otras dos correspondientes a valores de importancia intermedios entre aquéllas. Véase capítulo 5 y anexo I.5 para detalles sobre metodología.

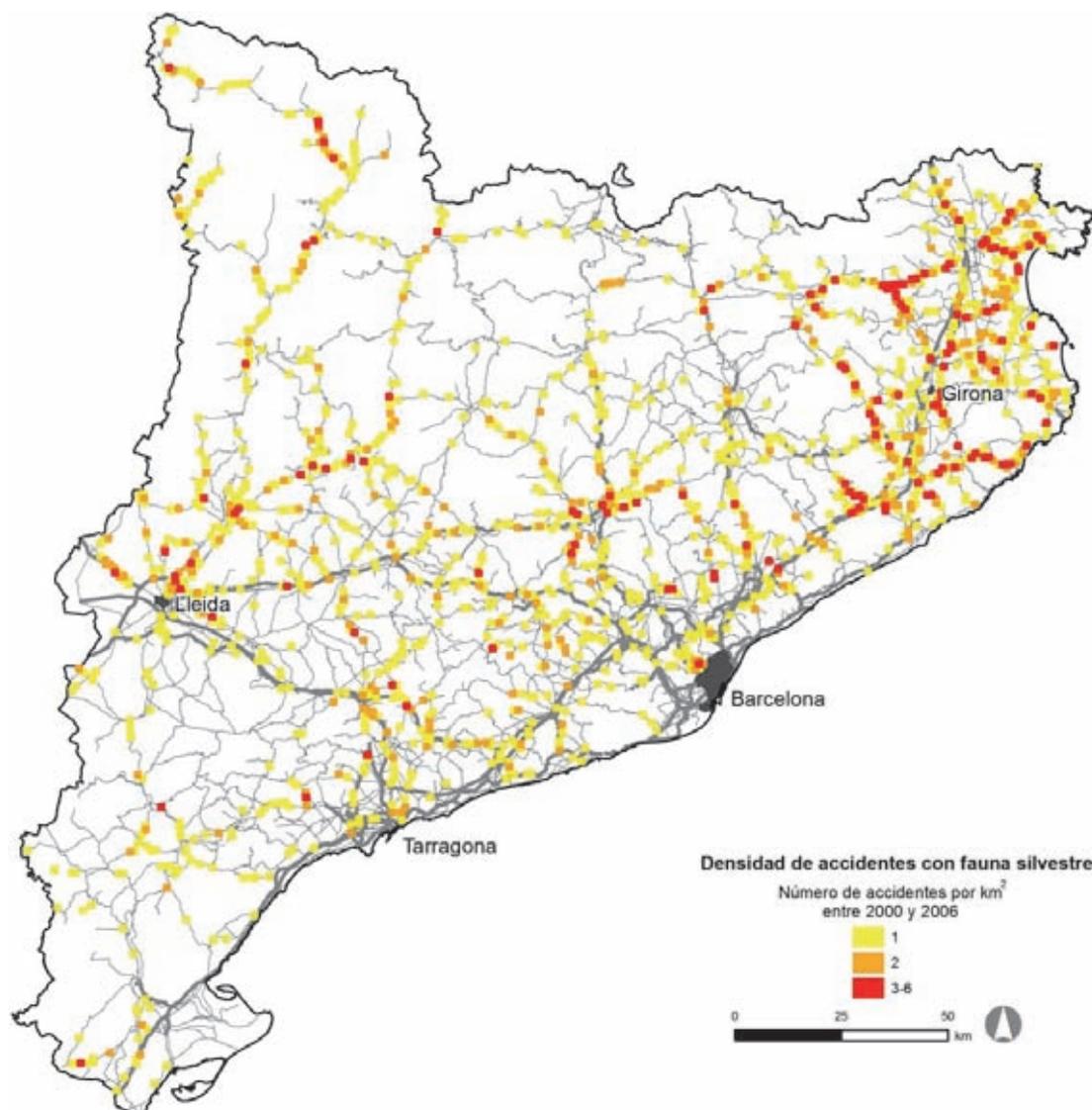


Figura 6.34. Densidad de accidentes con fauna silvestre. Se indican las cuadrículas UTM de 1 km² donde se ha registrado este tipo de siniestralidad (1.582 cuadrículas en total en Cataluña), clasificadas por el número de accidentes en cada cuadrícula. Los registros corresponden a los de la base de datos de la Generalitat de Cataluña (2012). Cataluña es la única C. A. donde se han georeferenciado todos los accidentes registrados. Véase capítulo 5 y anexo I para detalles sobre metodología de cálculo y selección de cuadrículas.

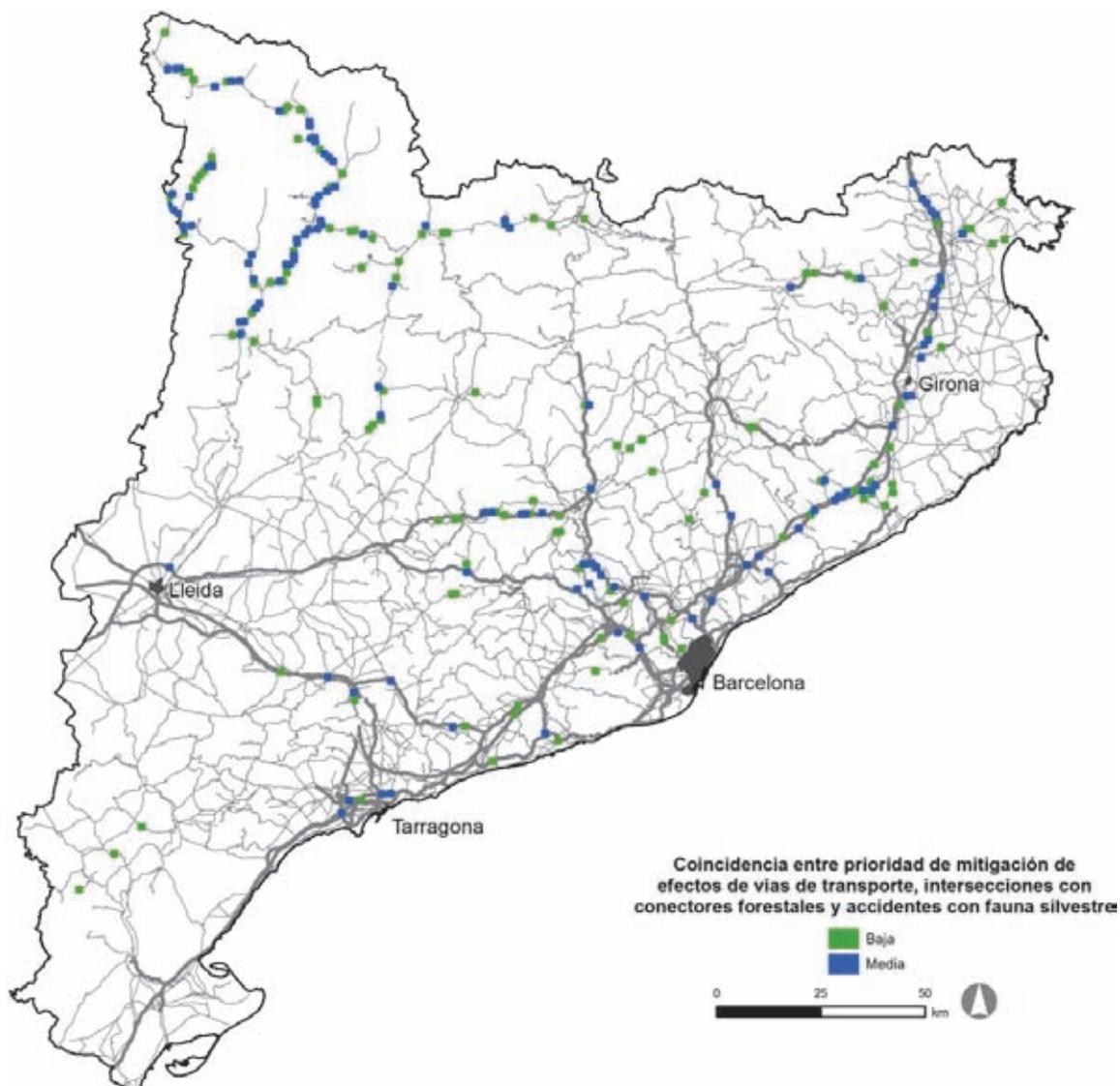


Figura 6.35. Áreas en las que coinciden distintos criterios. Se indican las cuadrículas UTM de 1 km² donde coinciden áreas a desfragmentar a nivel autonómico (Figura 6.32), intersecciones entre infraestructuras viarias y conectores forestales (Figura 6.33) y accidentes con fauna silvestre (Figura 6.34). Se han clasificado en tres categorías que reflejan número de coincidencias (2 o 3 criterios) y prioridad de cada uno de los índices (no existen cuadrículas con prioridad 'Alta' en esta C. A.). Dado el sesgo del modelo de conectividad forestal descrito en las Figuras 6.33, se puede estar subestimando la presencia de cuadrículas con coincidencias en las áreas más próximas a la frontera con Francia. Véase capítulo 5 y anexo I para detalles sobre metodología.

Diagnóstico general

Vulnerabilidad biológica a las infraestructuras lineales de transporte, tamaño efectivo de malla y densidad de red de infraestructuras lineales de transporte

- El valor medio del índice de vulnerabilidad biológica a las infraestructuras de transporte en Madrid es similar a la media estatal (véase Tabla II.1 en anexo II). Se encuentran zonas con alto valor en este índice en toda la zona norte y oeste de la capital, si bien, con la excepción de la mancha continua de El Pardo y parte baja del Parque Natural de la Cuenca Alta del Manzanares (Sierra de Hoyo de Manzanares), lo que en realidad se encuentra es una mezcla intrincada de cuadrículas con valores de altos a medios o medio-bajos, como se ha detectado en otras áreas con grado alto de fragmentación (véase, por ejemplo, costa catalana en la Ficha 7). Esto puede estar indicando un efecto de la fragmentación sobre la vulnerabilidad biológica a las infraestructuras de transporte, como sugieren los análisis globales de estas variables (véase apartado I.4 en anexo I y comparar cara norte de la Sierra del Guadarrama en Castilla y León y cara sur en Madrid en la Figura 3.2 en el apartado 3.2). También se encuentran valores altos de vulnerabilidad en las riberas del tramo bajo del río Guadarrama, las del Jarama y tributarios en todo su recorrido hasta el Tajo, incluyendo las áreas esteparias de su entorno al sur de la capital, y las riberas del tramo del Tajo que atraviesa el sur de la C. A. Valores mínimos de vulnerabilidad se encuentran en la amplia área metropolitana de la capital y valores medios en el resto de la C. A.

- La Comunidad de Madrid es la que tiene mayor grado de fragmentación del territorio de todo el Estado después de Galicia, con un valor medio de tamaño efectivo de malla muy inferior a la media estatal (véase Tabla II.1 en anexo II). Solamente se encuentran valores altos de tamaño efectivo de malla en el pequeño sector madrileño de la Sierra de Ayllón (área que pertenece en su mayor parte a Castilla-La Mancha y Castilla y León), y valores medios en la vertiente madrileña de la Sierra de Guadarrama, Valle de Lozoya y el Monte de El Pardo. El resto de la C. A. tiene valores bajos o mínimos de tamaño efectivo de malla (véase Figura 3.8 en el apartado 3.3).

- También tiene un promedio de densidad de red de infraestructuras lineales de transporte

muy superior a la media estatal, tan solo superado por los promedios del País Vasco y Galicia (véase Tabla II.1 en anexo II). En el centro de la C. A. en el entorno de la ciudad de Madrid y ciudades satélites se encuentra una de las mayores densidades de vías de transporte de todo el país, y en general este índice tiene valores altos en la mayor parte del territorio, algo inferiores hacia el norte de la capital y en las Sierras de Guadarrama y Somosierra (véase Figura 3.10 en el apartado 3.4).

Prioridad de mitigación de efectos de vías de transporte: áreas a desfragmentar

La Comunidad de Madrid tiene uno de los promedios más bajos en el índice de patrimonio natural poco fragmentado, tan solo superior al de Galicia, como era de esperar dado el alto grado de fragmentación que caracteriza a la mayor parte del territorio. En cambio, tiene un valor superior a la media estatal en el índice de patrimonio natural muy fragmentado. En consecuencia, el número de cuadrículas del primer índice es mayor en la selección autonómica, y ocurre lo contrario con el segundo (véanse Figuras 6.36 y 6.37). Para la descripción de áreas a desfragmentar se ha usado la selección autonómica para el índice de patrimonio natural poco fragmentado y la estatal para el índice de patrimonio natural muy fragmentado.

a) Áreas a desfragmentar situadas en zonas con índice de patrimonio natural poco fragmentado

Las cuadrículas del índice de patrimonio natural poco fragmentado (véase Figura 6.37) se concentran en el corredor de la A-1/N-1 y tramos de vía de ferrocarril, en especial en el norte, el tramo que atraviesa el Valle de Lozoya y Somosierra, pero con algunas cuadrículas en el nudo viario de El Molar; el corredor de la M-607, carreteras convencionales y vía de ferrocarril desde el Monte de El Pardo hasta Soto del Real (incluyendo el tramo de LAV Madrid-Valladolid en Tres Cantos y Colmenar Viejo) y en el corredor de la A-6/AP-6/N-VI y ferrocarril en el Puerto de Guadarrama, con cuadrículas aisladas en Torreldones y el Monte de El Pardo.

Cuadrículas más dispersas o aisladas se encuentran en carreteras convencionales y vías de ferrocarril del Valle de Lozoya (incluyendo una cuadrícula con la LAV Madrid-Valladolid en Rascafría), Peñalara, Puerto de Canencia, La Hiruela, El Ata-

zar y Gargantilla de Lozoya, en la punta norte de la C. A.; carreteras convencionales y la vía de ferrocarril en el Puerto de la Cruz Verde, Valdemaqueda, Santa María de la Alameda y La Paradilla; M-501 y otras carreteras convencionales en San Martín de Valdeiglesias y Rozas de Puerto Real; Valle del Jarama en Algete; A-5/R-5 en Navalcarnero, carreteras convencionales y ferrocarril en Aranjuez; y A-3 en Fuentidueña de Tajo.

b) Áreas a desfragmentar situadas en zonas con índice de patrimonio natural muy fragmentado

En cuanto a las cuadrículas prioritarias según el índice de patrimonio natural muy fragmentado (véase Figura 6.36) se encuentran también concentraciones en el corredor de la A-1 (entre La Cabrera y Buitrago de Lozoya); carreteras convencionales y ferrocarril en Miraflores y Bustarviejo; A-6 entre Villalba y Guadarrama; carreteras convencionales y vía de ferrocarril en Los Molinos y Cercedilla; varias autovías y carreteras en el Valle del Guadarrama entre Majadahonda y Villanueva de la Cañada (destacando la M-50, M-503 y M-509); M-501 (cuadrículas dispersas en todo su trazado desde Brunete hasta Navas del Rey); Valle del Jarama en Fuente del Fresno; Mejorada del Campo y Rivas-Vaciamadrid (incluyendo el tramo de la LAV Madrid-Barcelona entre Rivas-Vaciamadrid y San Fernando de Henares); R-2 entre Meo y Paracuellos; y corredor de la R-4/N-IV y LAV Madrid-Valencia en el Valle del Tajo.

Cuadrículas más dispersas o aisladas se localizan en carreteras convencionales de Gargantilla de Lozoya, Moralarzal-El Boalo, Zarzalejo, San Lorenzo del Escorial y Galapagar; A-2/N-II y LAV en Coslada, Torrejón de Ardoz y Alcalá de Henares; R-3 y M-203 en Mejorada del Campo y Arganda del Rey; A3/N-III, R-3, M-203 y M-206 en Rivas-Vaciamadrid y Arganda; M-501 en Rozas de Puerto Real; autovías del entorno de la Casa de Campo (M-502, M-503, M-40 y M-511); A-5 y R-5 en Arroyomolinos; M-50 y A4/N-IV en Perales del Río y Pinto; LAV Madrid-Sevilla en Pinto y Getafe; M-506 y ferrocarril entre Valdemoro y San Martín de la Vega; A-3 y carreteras convencionales en Perales de Tajuña y Ciempozuelos; M-404 y otras carreteras en Batres, Griñón, Cerro de los Batallones y Ciempozuelos, y N-400/ferrocarril en la punta sur de la C. A.

Cuadrículas dispersas en buen número se encuentran también en la densa red de autovías, carreteras y vías de ferrocarril del suroeste de la capital (M-40, M-45, M-50, A-5, R-5 y A-42), en el área in-

tensamente poblada de Móstoles, Leganés, Fuenlabrada y Parla. Buena parte de estas cuadrículas posiblemente deben ser desechadas, por tratarse de un área ya intensamente urbanizada y que puede urbanizarse aún más en un futuro próximo.

Otros índices complementarios para la identificación final

I. Conectividad forestal

El promedio en la Comunidad de Madrid del índice de intersección entre infraestructuras viarias y conectores forestales es similar a la media estatal (véase Tabla II.2 en anexo II). En la Figura 6.38 se representan todas las intersecciones entre conectores forestales y vías de transporte identificadas en la Comunidad de Madrid. Todas ellas se encuentran en las inmediaciones de las Sierras de Guadarrama y Somosierra, donde se encuentran los únicos nodos forestales de esta C. A. (véase Figura I.5 en anexo I), y reflejando los largos conectores forestales paralelos a estas sierras identificados por el modelo de conectividad forestal (véanse Figuras I.7-I.10 en Apéndice I). Destaca la concentración de intersecciones de alta importancia en el corredor de transporte de la A-1/N-I y ferrocarril en el norte de la C. A., y carreteras en los alrededores de Montejo de la Sierra, Valle del Lozoya y San Lorenzo del Escorial-Robledo de Chavela.

II. Densidad de accidentes con fauna silvestre

La densidad de accidentes con fauna silvestre en la Comunidad de Madrid es ligeramente superior a la media estatal (véase Tabla II.2 en anexo II). Como se observa en la Figura 6.39, los accidentes se concentran en las áreas de piedemonte de las sierras de Guadarrama y Somosierra, aunque hay cuadrículas con bajo número de accidentes en toda la C. A. Destacan las concentraciones de cuadrículas con alta densidad de accidentes en la N-320 entre Venturada y Torrelaguna, otras carreteras convencionales en el sur del Embalse de Riosequillo, M-607 y carreteras en Cerceda y Manzanares el Real, M-505 y carreteras convencionales en el entorno del Embalse de Valmayor, y M-501 entre Brunete y Villaviciosa de Odón.

III. Áreas en las que coinciden distintos criterios

En la Figura 6.40 se representan las cuadrículas en que se ha encontrado coincidencia de crite-

rios (48 en total) en la Comunidad de Madrid. La única concentración destacable de cuadrículas con coincidencias se encuentra en el corredor de la M-607, incluyendo cuadrículas afectadas por la LAV Madrid-Valladolid. El resto de las cuadrículas se encuentran más dispersas en el corredor de la A-1/N-I y ferrocarril en el Valle de Lozoya y Somosierra, M-604, M-629, M-634 y M-637 en el Valle de Lozoya, LAV Madrid-Valladolid en Miraflores de la Sierra, A-6/N-VI en Torrelodones y Puerto de Guadarrama, M-40 y M-503 en Pozuelo, M-501 en Villaviciosa de Odón, Navas del Rey, San Martín de Valdeiglesias y Rozas de Puerto Real; M-503 en Valdemorillo, M-505, M-538 y ferrocarril en San Lorenzo del Escorial y Santa María de la Alameda; M-510 en Chapinería y Valdemorillo; M-512 en Navas del Rey; N-403 y M-542 en San Martín de Valdeiglesias, M-600 en Colmenarejo, R-2 en Cobeña, R-3 en Arganda, R-4 en Torrejón de Velasco, nudo viario de Valdemoro, M-404 en Batres y Cerro de los Batallones; M-305 en Aranjuez y otras carreteras en Montejo de la Sierra y San Agustín de Guadalix.

Directrices generales sobre acciones a desarrollar

El corredor de transporte con mayor número de cuadrículas con coincidencias, altamente prioritario según los índices de patrimonio natural, es el de la autovía M-607, LAV Madrid-Valladolid, y otras carreteras y vías de ferrocarril, que atraviesa las que posiblemente sean las zonas más extensas de mayor valor ecológico en el entorno inmediato de la ciudad de Madrid (Monte de El Pardo, Soto de Viñuelas y parte baja del Parque Natural de la Cuenca Alta del Manzanares), con grado de fragmentación aún relativamente bajo, pero muy rodeadas ya por espacios fuertemente urbanizados, constituyendo un buen ejemplo de áreas con alto valor natural en el entorno cercano de una gran urbe, donde el problema de aislamiento por fragmentación puede ser particularmente serio. Esta área sería prioritaria desde el punto de vista de permeabilización del corredor de transporte.

Tanto los índices de patrimonio natural, como la priorización por coincidencia de criterios han identificado otras áreas importantes en los principales corredores de transporte radiales y aquellos que cruzan las sierras de Guadarrama y Somosierra, donde también sería conveniente identificar posibles puntos de actuación de mejora de la permeabilidad. Es interesante que los

modelos han identificado una vía de transporte (R-2) donde ya se ha actuado para reducir su efecto sobre una especie objetivo, como la avutarda (*Otis tarda*). También se ha identificado como prioritaria la autovía M-501, recientemente desdoblada, en cuya construcción también se prestó atención al problema de permeabilidad y puntos negros de atropello de fauna.

Se han identificado también cuadrículas prioritarias en áreas próximas a Madrid, donde ha habido un importante desarrollo urbanístico y crecimiento demográfico en las últimas décadas, pero que aún mantienen zonas naturales importantes ya expuestas a problemas de aislamiento (por ejemplo, Torrelodones, Majadahonda, Villanueva de la Cañada, Colmenarejo, Galapagar, San Lorenzo del Escorial, Los Molinos, Cercedilla, Guadarrama, Moralarzal o Valdemorillo). Las medidas para favorecer la permeabilidad de vías de transporte también serían importantes en estas áreas.

Por el contrario, el índice de patrimonio natural muy fragmentado identifica como prioritarias varias cuadrículas en el entorno de la ciudad de Madrid y de las grandes urbes de su alrededor que es posible estén ya en un entorno demasiado urbanizado (o previsiblemente urbanizable en un futuro próximo) y donde por tanto no sea rentable actuar con medidas de desfragmentación, en especial las cuadrículas identificadas en la M-50 y otras autovías en el entorno inmediato de los municipios de Móstoles, Alcorcón, Leganés, Getafe y Fuenlabrada. Hay otras zonas similares donde, sin embargo, convendría identificar la presencia de áreas no urbanizadas que aún tengan alto valor ecológico, con presencia de especies objetivo como aves esteparias (por ejemplo, el núcleo de avutarda en Parla), al menos las situadas hacia el exterior de la gran área metropolitana y que se prevea mantener en el futuro como tales en los Planes de Ordenación Urbanística, ya que también pueden estar sufriendo problemas serios de fragmentación (por ejemplo, las cuadrículas identificadas en Batres, Griñón, Parla, Valdemoro, Moraleja, Algete o Arroyo del Fresno). Hay dos casos dignos de comentarse más en detalle. El primero es el área aún no urbanizada o poco urbanizada, a menudo de forma dispersa, en el suroeste de Madrid, desde la Casa de Campo hasta al Parque Regional del Curso Medio del Guadarrama, incluyendo terrenos de alto valor ecológico en los municipios de Majadahonda, Pozuelo, Boadilla del Monte, Brunete, Villaviciosa de Odón, Navalcarnero y Arroyomolinos, con pre-

sencia de especies tan amenazadas y emblemáticas como el águila imperial (*Aquila adalberti*). Los modelos identifican varias cuadrículas prioritarias en las autovías de esta amplia zona, desde el entorno inmediato de la Casa de Campo en Madrid (M-40, M-502, M-503 y M-511), hasta las autovías que atraviesan el Parque Regional de este a oeste (M-503, M-501, A-5 y R-5). Esta es una zona periurbana donde puede ser de interés actuar, tanto por la riqueza ecológica, como por su estatus de protección o de amplio espacio verde periurbano que presumiblemente permanecerán como tal en el futuro. La segunda es el Parque Regional del Sureste y su entorno próximo, donde también se han identificado varias cuadrículas prioritarias, destacando las concentraciones en las cercanías de San Fernando de Henares, Mejorada del Campo, Rivas-Vaciamadrid y Arganda en las autovías A-3, R-3 y M-50. Esta es otra área de

indudable interés ecológico, acosada por el desarrollo urbanístico e industrial, en la que puede ser interesante intentar mitigar los posibles problemas de fragmentación inducidos por vías de transporte por las mismas razones que el caso anterior.

El índice de patrimonio natural poco fragmentado también ha identificado zonas poco afectadas por vías de transporte en zonas de alto valor ecológico (por ejemplo, Valle de Lozoya, Montejo de la Sierra, Miraflores de la Sierra, Valdemaqueda-Robledo de Chavela-Santa María de la Alameda, San Lorenzo del Escorial-Valdemorillo, San Martín de Valdeiglesias o Rozas de Puerto Real). Como en otros casos, pueden considerarse áreas prioritarias para la detección y mitigación de puntos negros de atropello de fauna y áreas sensibles al desarrollo de nuevas infraestructuras.



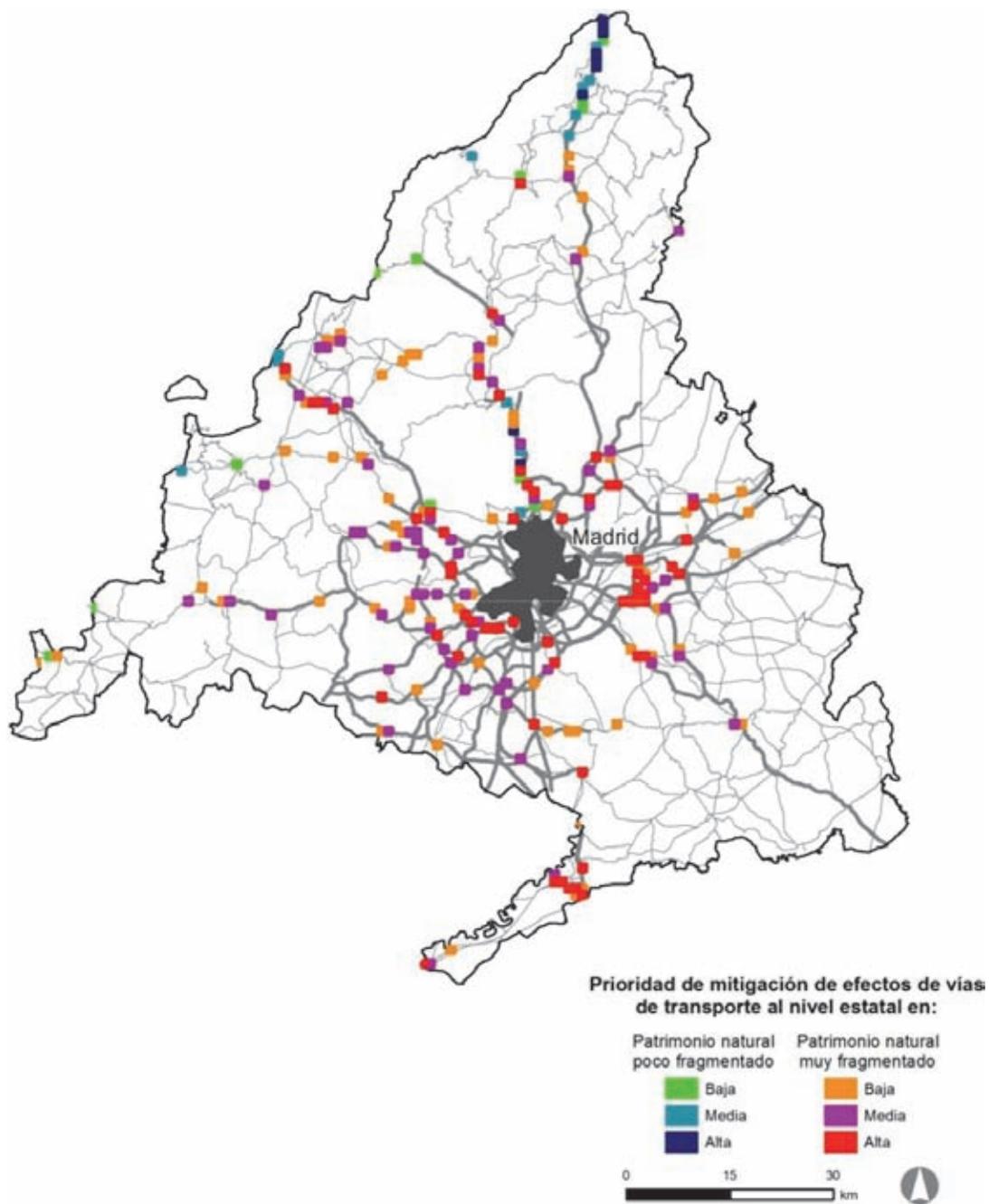


Figura 6.36. Áreas a desfragmentar. Selección a nivel estatal. Cuadrículas UTM de 1 km² correspondientes a la Comunidad de Madrid de la selección realizada para todo el Estado a partir del modelo de áreas prioritarias para aplicar medidas de desfragmentación: 5.000 cuadrículas con mayor valor de cada uno de los dos índices seleccionadas en todo el Estado. Véase capítulo 4 y anexo I para detalles sobre metodología.

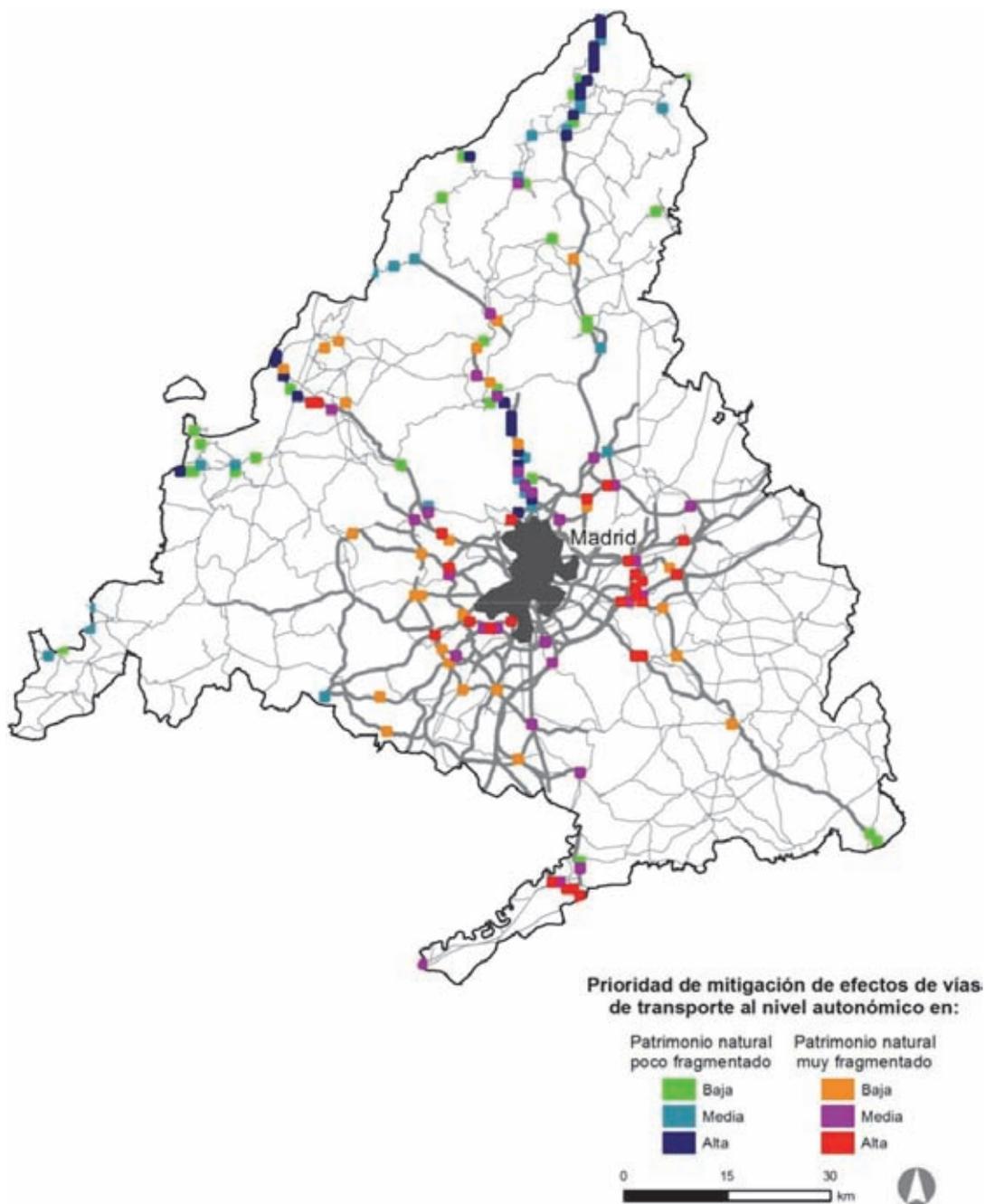


Figura 6.37. Áreas a desfragmentar. Selección a nivel autonómico. Se ha seleccionado en cada C. A. el 1% del total de cuadrículas UTM de 1 km² con mayor valor en cada uno de los dos índices de patrimonio natural (en total en ésta 168). Esta selección refleja por tanto las áreas más importantes en la Comunidad de Madrid independientemente del resto del Estado. Véase capítulo 4 y anexo I para detalles sobre metodología.

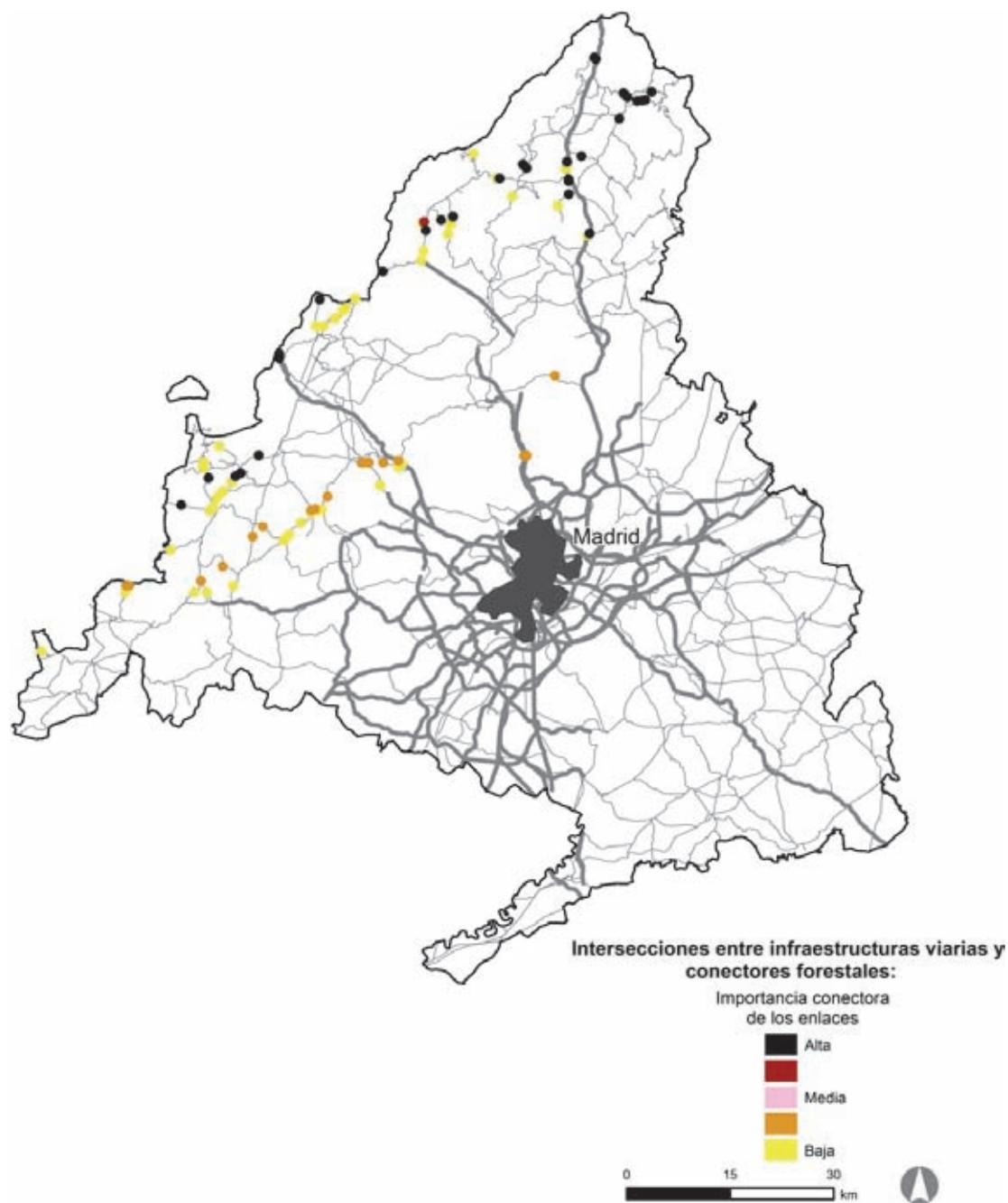


Figura 6.38. Áreas con intersecciones entre infraestructuras viarias y conectores forestales. Se indican los puntos de cruce entre vías de transporte y conectores forestales (enlaces entre nodos forestales identificados mediante la herramienta para el análisis de la conectividad ecológica CONEFOR, Saura y Torné 2009). Las intersecciones se han clasificado en cinco categorías de importancia, tres de ellas denominadas de importancia alta, media y baja, y las otras dos correspondientes a valores de importancia intermedios entre aquéllas. Véase capítulo 5 y anexo I.5 para detalles sobre metodología.

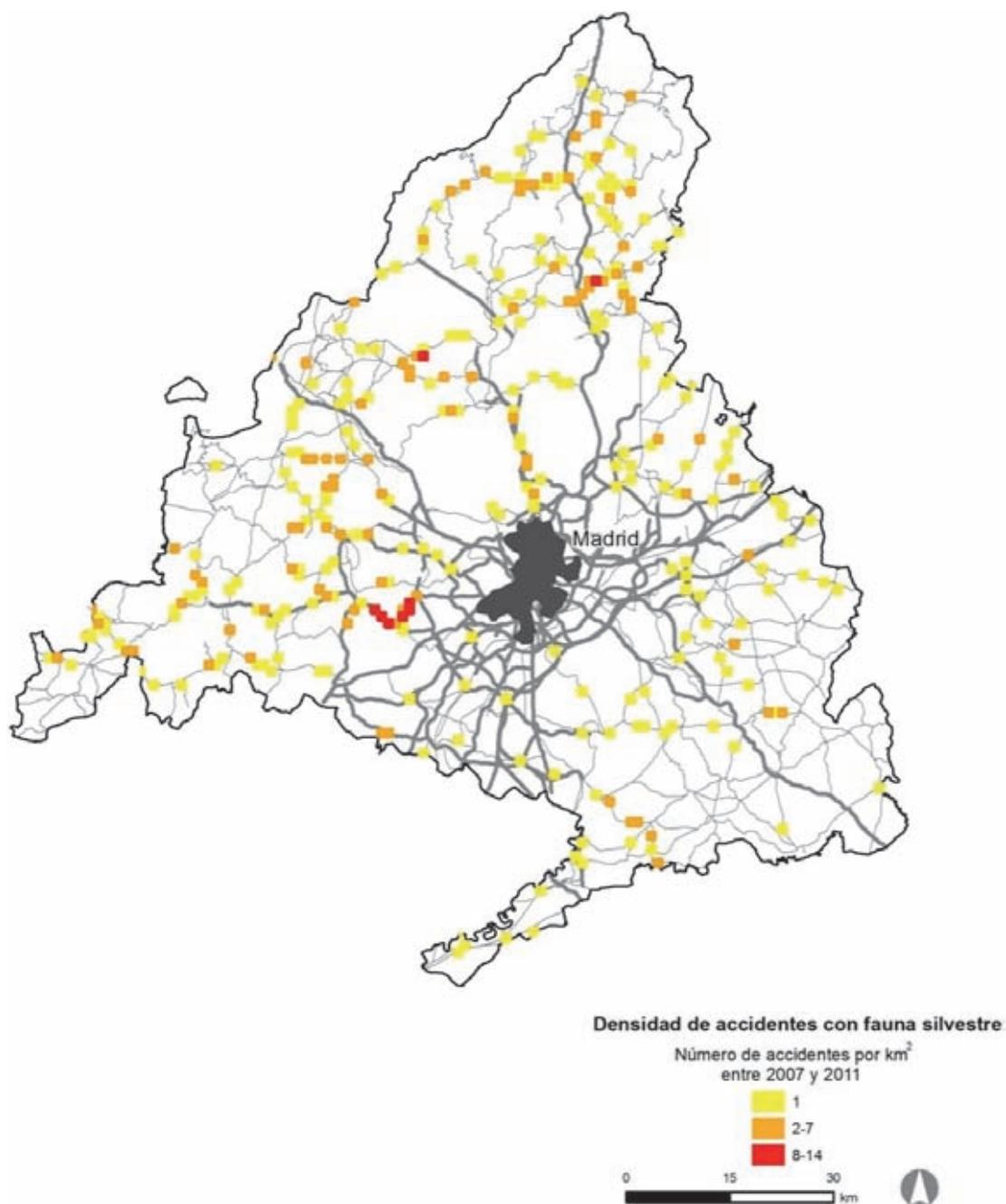


Figura 6.39. Densidad de accidentes con fauna silvestre. Se indican las cuadrículas UTM de 1 km² donde se ha registrado este tipo de siniestralidad (328 cuadrículas en total en la Comunidad de Madrid), clasificadas por el número de accidentes en cada cuadrícula. Los registros corresponden a los de la base de datos ARENA (DG de Tráfico); se han georeferenciado alrededor del 50% del total de registros, localizados mayoritariamente en carreteras de doble calzada, autovías y autopistas. Véase capítulo 5 y anexo I para detalles sobre metodología.

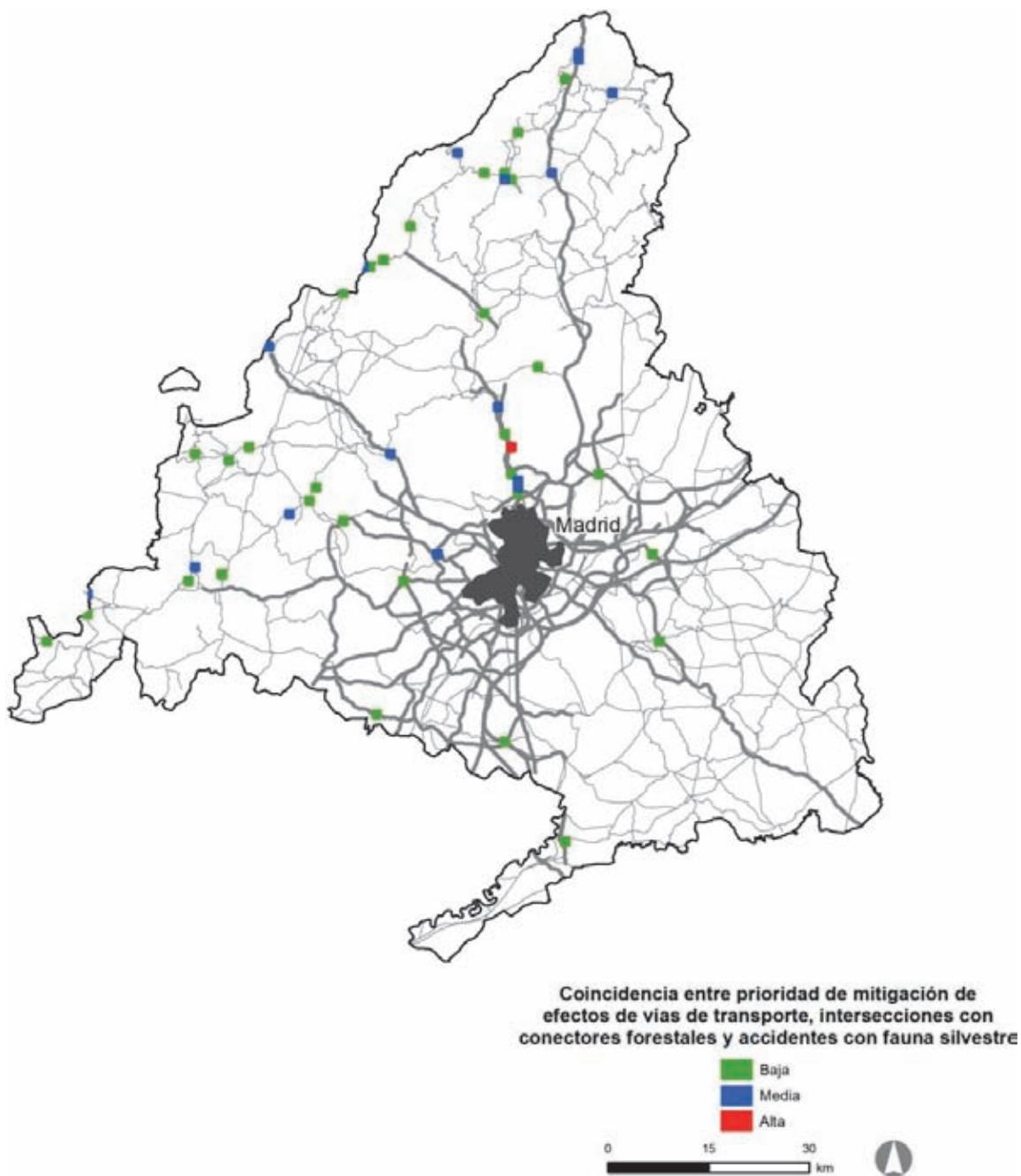


Figura 6.40. Áreas en las que coinciden distintos criterios. Se indican las cuadrículas UTM de 1 km² donde coinciden áreas a desfragmentar a nivel autonómico (Figura 6.37), intersecciones entre infraestructuras viarias y conectores forestales (Figura 6.38) y accidentes con fauna silvestre (Figura 6.39). Se han clasificado en tres categorías que reflejan número de coincidencias (2 o 3 criterios) y prioridad de cada uno de los índices. Dado el sesgo de la densidad de accidentes con fauna silvestre descrito en la Figura 6.39, se puede estar subestimando la presencia de cuadrículas con coincidencias en carreteras convencionales, de calzada única. Véase capítulo 5 y anexo I para detalles sobre metodología.

Diagnóstico general

Vulnerabilidad biológica a las infraestructuras lineales de transporte, tamaño efectivo de malla y densidad de red de infraestructuras lineales de transporte

- La Comunidad Foral de Navarra tiene un valor promedio de vulnerabilidad biológica a las infraestructuras lineales de transporte muy superior a la media estatal, el segundo más alto de todas las CC. AA., superado tan solo por La Rioja (véase Tabla II.1. anexo II). El índice de vulnerabilidad biológica a las infraestructuras lineales de transporte alcanza valores máximos en Pirineos (Zugarramurdi, entorno del Puerto del Belate, valle alto del río Bidasoa, Roncesvalles, Sierra de Abodi, Valle de Salazar y Montes de Areta), valle del río Irati, sierras de la Navarra media (Aralar, Urbasa, Andía, Alaitz, Gongólaz, Monte Olleta, Montes de la Valdorba, Izco, Leyre, San Pedro y Peña), áreas amplias de sotos del río Arga en Falcés y del río Aragón en Carcastillo y buena parte de las riberas de toda la red hidrográfica del Ebro, Laguna de Pitillas y Bardenas Reales. En el resto de la Navarra media y Pirineos (incluyendo las amplias áreas de los valles de Baztán y del Roncal) hay una mezcla de valores altos y medios (véase Figura 3.2 en el apartado 3.2). Zonas con valores en el rango de los mínimos mezclados con valores medios se encuentran en la cuenca de Pamplona y el resto del noroeste y sur de la comunidad.

- El tamaño efectivo de malla medio en la Comunidad Foral de Navarra es inferior a la media estatal (véase Tabla II.1. anexo II). En Navarra hay un contraste territorial importante en el grado de fragmentación del territorio, desde áreas con valores altos de tamaño efectivo de malla en el noroeste del pico Ekaitza (compartida con el País Vasco), Pirineos (Valle de Salazar, Montes de Areta y Sierra de Zarikieta) y la Sierra de Abodi-Valle del Roncal, el valle alto del Aragón y Bardenas Reales (todas ellas áreas amplias que continúan en Aragón), hasta amplias zonas con tamaño efectivo de malla mínimo en la Cuenca de Pamplona o Valle del Ebro. También hay amplias áreas con tamaño efectivo de malla medio en el resto del norte montañoso de la C. A. y en las sierras occidentales y suroeste (compartidas con el País Vasco). Áreas con tamaño de malla medio-bajo se encuentran en buena parte de de la Navarra media (véase Figura 3.8 en el apartado 3.3).

- La densidad de red de infraestructuras lineales de transporte tiene un valor medio algo superior al promedio estatal (véase Tabla II.1. anexo II). Es particularmente alta en el entorno de Pamplona y el Valle del Ebro, con amplias áreas de densidad baja en el noroeste, Pirineos, sierras de la Navarra media y Bardenas Reales (véase Figura 3.10 en el apartado 3.4).

Prioridad de mitigación de efectos de vías de transporte: áreas a desfragmentar

La Comunidad Foral de Navarra tiene un valor medio muy similar al estatal en el índice de patrimonio natural poco fragmentado, pero superior en el de patrimonio natural muy fragmentado (véase Tabla II.2. anexo II). El número de cuadrículas de ambos índices es mayor en la selección estatal, pero la diferencia es más marcada para el segundo de ellos (Figuras 6.41 y 6.42). Se ha usado, por tanto, la selección estatal para la descripción de áreas a desfragmentar. Ambos índices de patrimonio natural destacan como prioritarios los principales corredores de transporte de la C. A.

a) Áreas a desfragmentar situadas en zonas con índice de patrimonio natural poco fragmentado

La mayor concentración de cuadrículas de este tipo (véase Figura 6.41) se encuentra en el corredor de la A-10, NA-2410, ferrocarril y futura LAV entre Irurtzun y Arbizu. Otras concentraciones importantes por alto número de cuadrículas o alta proporción de cuadrículas de alta prioridad se encuentran en este mismo corredor entre Alsasua y Etxarri-Aranaz; en el corredor de la A-1 y el ferrocarril entre Alsasua y el límite con el País Vasco; NA-140 desde su origen en la N-135 hasta Ezkaroze; NA-137 en el alto Valle del Roncal; NA-150 entre Aoiz y Lumbier; NA-178 entre Lumbier y Gallués; y NA-125 en las Bardenas Reales.

Grupos menores o cuadrículas aisladas se encuentran en la N-121 en Anue, Doneztebe, Lesaka y Bera; N-121b en Urdazubi, NA-170 y otras carreteras en Eratsun, NA-1740 en Irurita; NA-138 en el collado de Urkiaga; NA-120 en los Puertos de Lizarrusti y Lizarraga, A-15 entre Lekumberri y Gorriti, N-135 entre Zubiri y Erro; N-135 en Roncesvalles; NA-140 en Otsagabia y el Puerto de Lazar; NA-718 entre Améscoa Baja y Larrión; y carreteras convencionales en Orotz-Betelu, Arrieta, Sierra de Abodi, Aoiz, y Zúñiga.

b) Áreas a desfragmentar situadas en zonas con índice de patrimonio natural muy fragmentado

Las cuadrículas prioritarias según el índice de patrimonio natural muy fragmentado (véase Figura 6.41) se encuentran en el corredor de la A-10, NA-2410, ferrocarril y futura LAV entre Arbizu y Alsasua; el mismo corredor, pero con la AP-15, entre Irurtzun y Pamplona; autovías de circunvalación y varias carreteras en el entorno inmediato de esta capital; A-12, NA-112 y otras carreteras cercanas a la autovía entre Pamplona y Logroño (excepto el tramo entre Lazagurría y el entorno inmediato del Ebro); corredor de la AP-15, N-121, otras carreteras cercanas, ferrocarril y futura LAV entre Pamplona y Olite, y corredor de la AP-68, A-68 y ferrocarril en la punta sur de la C. A., en especial en el nudo viario de Tudela (incluyendo las carreteras NA-126, NA-134 y NA-160)

Grupos de menor importancia o cuadrículas aisladas se encuentran en la A-15 entre Irurtzun y Lekumberri y en Areso; NA-411 en Ultzama, N-135 entre Zubiri y Urdaitz; NA-150 entre Pamplona y Aoiz ; NA-700 entre Pamplona y Etxauri; NA-132 y NA-601 en Larraga; NA-132 en el Puerto de Lerga y Sangüesa; NA-123, NA-134, otras carreteras y ferrocarril en Lodosa; NA-134, NA-653 y carreteras de menor entidad entre Andosilla y Azagra; nudos de comunicaciones de Marcilla (AP-15, NA-128, NA-660 y ferrocarril) y Castejón (AP-15, N-113, N-121, NA-134 y ferrocarril); N-113, otras carreteras convencionales y ferrocarril en Cintruénigo y Valverde; NA-128 en los Sotos del Río Aragón y otras carreteras en Olazti, Basuburua y Meaño.

Otros índices complementarios para la identificación final

I. Conectividad forestal

El promedio en la Comunidad Foral de Navarra del índice de intersección entre infraestructuras viarias y conectores forestales es el más alto de España, similar al del País Vasco, e inferior solo a la media de Islas Baleares (donde el modelo de conectividad se elaboró con áreas forestales fuente de mucho menor tamaño y, por tanto, no son datos comparables; véase apartado I.4 en el anexo I y Tabla II.2 en anexo II). Esta alta densidad de intersecciones entre vías de transporte y conectores forestales refleja la existencia de varios conectores forestales de importancia variada paralelos a

los Pirineos en la Navarra media (prolongándose por toda la cordillera) y de otros de importancia media o baja conectando estas masas forestales pirenaicas con los nodos forestales identificados en la Navarra media y Valle del Ebro (véase Figuras I.5-I.10 en anexo I).

Destacan las concentraciones de intersecciones de importancia alta (véase Figura 6.43) en el corredor de transporte entre Pamplona y Vitoria en Alsasua e Irurtzun, la N-135, N-138 y otras carreteras en Zubiri, y el corredor de la A-21 y N-240 en Yesa.

II. Densidad de accidentes con fauna silvestre

Navarra es la tercera C. A. con mayor promedio de densidad de accidentes con fauna silvestre, detrás del Principado de Asturias y La Rioja (véase Tabla II.2 en anexo II). Las cuadrículas con alta densidad de accidentes se concentran en las carreteras y autovías del entorno de Pamplona (en especial la N-135 hasta Zubiri) (véase Figura 6.44). También hay cuadrículas de alta densidad en la A-21 en Liédena, AP-15 en la Sierra de Alaitz, NA-132 en Legardeta, y NA-134 en Arguedas pero, en general, hay abundancia de cuadrículas con densidad media y baja (1-7 accidentes) en la mayor parte de las autovías y carreteras de la Navarra media y el Valle del Ebro. Tan solo parece disminuir la densidad de accidentes en el noroeste, Pirineos, zonas más serranas de la Navarra media y Bardenas Reales. Pero, teniendo en cuenta que en estas áreas hay más carreteras convencionales que vías de gran capacidad, es posible que estas diferencias sean consecuencia del sesgo metodológico de esta variable (no se han georreferenciado la mayor parte de los accidentes localizados en carreteras convencionales de calzada única). Ese contraste puede ser también parcialmente cierto, bien por tener estas áreas menor densidad de tráfico o de ungulados silvestres (esto último puede ser particularmente cierto en Bardenas Reales). La alta densidad de accidentes en Navarra puede deberse a una combinación de alta densidad de ungulados (por tanto, alta abundancia de animales dispersantes), dada la notable extensión de los medios forestales en esta C. A., un grado elevado de fragmentación del territorio, alta densidad de infraestructuras lineales de transporte y volumen de tráfico alto a nivel local. De hecho, la mayor densidad de accidentes se ha registrado en la Cuenca de Pamplona, donde mayor es la densidad de carreteras y la densidad de población.

III. Áreas en las que coinciden distintos criterios

En la Figura 6.45 se representan todas las cuadrículas en que se ha encontrado coincidencia de criterios (129 en total). El corredor de transporte entre Pamplona y Vitoria concentra un alto número de cuadrículas con coincidencias en prácticamente todo su trazado. Otras concentraciones de cuadrículas se encuentran en el corredor de la A-21 entre Lumbier y Yesa, el corredor de la AP-15 entre Pamplona y Tafalla, el corredor de la A-12 entre Pamplona y Estella y la N-135 entre Pamplona y Zubiri. Otras concentraciones menos numerosas o cuadrículas aisladas se encuentran en la A-15/NA-170 en Areso; A-15 en Lekumberri; el corredor de la A-1 entre Alsasua y el límite del País Vasco (con una cuadrícula de máxima prioridad en el límite); N-135 en Erro y en Aurizberri; NA-140 entre esta última localidad y Garralda y en Otsagabía; varias carreteras en el entorno cercano de Pamplona; NA-150 en Urroz-Villa, Artajo y Lumbier; NA-178 en Domeño (cuadrícula de máxima prioridad); NA-137 en el bajo Valle del Roncal y Burgi; NA-138 entre Navascués y Güesa; intersección de la A-21 y NA-234 en el río Elorz; NA-132 en el Puerto de Lerga; corredor de la A-12 en el entorno de Los Arcos, Lazagurría y río Ebro; AP-15, AP-68 y ferrocarril en Castejón; NA-125 en Bardenas Reales; AP-68 en Cortes y carreteras convencionales en Marcaláin, Zalba, Aoiz, Ozcoidi, Orisoain y sotos del río Aragón.

Directrices generales sobre acciones a desarrollar

Navarra puede considerarse una de las CC. AA. donde las acciones de desfragmentación son particularmente necesarias, por su alto valor medio de vulnerabilidad biológica a las infraestructuras lineales de transporte y elevado grado de fragmentación del territorio.

El índice de vulnerabilidad biológica a las infraestructuras de transporte identifica como áreas de alta vulnerabilidad las riberas de los principales ríos, como ocurre en otras CC. AA. En el caso de Navarra, varias de estas riberas pueden estar ocupadas por visón europeo (*Mustela lutreola*). Se trata de una especie en peligro de extinción altamente afectada por problemas de fragmentación de poblaciones y hábitats y altas tasas de atropello, por lo que ya se han ejecutado acciones de desfragmentación en esta C. A. para la especie (ver Fichas 8 y 9 en MAGRAMA 2013). Es particu-

larmente importante continuar prestando atención a la conectividad de la red hidrográfica, además del fomento demográfico de sus poblaciones. Por tanto, el índice de abundancia de ríos y humedales (véase Figura 3.6 en el apartado 3.2) podría utilizarse como herramienta adicional particularmente importante para seleccionar áreas a desfragmentar favorables para esta especie.

La mayor parte de las cuadrículas prioritarias según los índices de patrimonio natural se concentran en largos tramos de los principales corredores de transporte de Navarra. Estos grandes corredores tienen un doble problema de alta siniestralidad causada por fauna silvestre, básicamente cérvidos y jabalí (*Sus scrofa*) (incluso en autopistas de peaje) y posible efecto barrera y riesgo de mortalidad por atropello para especies sensibles al problema. El trazado de varios de estos corredores de infraestructuras es paralelo y cercano a ríos al haberse construido en fondos de valle (A-10 y río Arakil, A-1 y río Urtsuaran, A-15 y río Larraun, A-21 y ríos Elorz y Aragón, AP-15 y río Cidacos, AP-68/A-68 y Ebro). Esta situación puede ser particularmente propicia para favorecer la aparición de puntos negros de atropello (en particular para especies asociadas a ríos o la vegetación de ribera, como anfibios, erizos, nutria *Lutra lutra* o, de nuevo, visón europeo) y siniestralidad con ungulados (intersección entre vías de transporte paralelas al río y rutas perpendiculares a éste usadas por la fauna para acceder al agua, pastos o cultivos de las vegas fluviales). Por ello, en estos corredores de fondo de valle la combinación de vallados perimetrales, gestión del hábitat del entorno y pasos de fauna puede ser la mejor solución para contribuir a mitigar la problemática, junto con un incremento de la presión cinegética donde pueda ser recomendable.

Tanto los índices de patrimonio natural como la combinación de criterios señalan a los corredores de la AP-15 y A-10 entre Pamplona y Vitoria, y el de la A-21 entre Lumbier y Yesa como particularmente prioritarios. En la construcción de esta última autovía se desarrolló un complejo plan de medidas para asegurar la permeabilidad para la fauna reduciendo la siniestralidad vial, a base de vallados perimetrales con la base enterrada, pasos canadienses, túneles, viaductos y pasos de fauna, cuya eficacia ya se ha comprobado en un programa de seguimiento. Prueba del éxito de estas medidas es que en una autovía como ésta que atraviesa una amplia área con abundancia de ungulados tan solo se registró un accidente con jabalí en 2012. Este proyecto ha recibido el Pre-

mio Navarra y Naturaleza, y puede ser un buen ejemplo a seguir en los múltiples casos similares que se han identificado en esta u otras CC. AA.

En cuanto al corredor de la autopista AP-15 y la autovía A-10, donde se va a construir la nueva LAV hacia el País Vasco, es particularmente importante que no se incremente el problema de fragmentación al añadirse una nueva barrera impermeable paralela a las anteriores y por ello es particularmente importante que los nuevos tramos de la LAV cuenten con una adecuada permeabilización.

Se han identificado también tramos de vías de transporte en áreas del Valle del Ebro y Bardenas Reales importantes para aves esteparias, grupo en franco riesgo de extinción en Navarra. En estas áreas sería prioritaria la localización de posibles puntos negros de atropello y aplicación de medidas correctoras del problema.

Como ocurre en todas las CC. AA., el índice de patrimonio natural muy fragmentado ha podido identificar también como prioritarias cuadrículas en las vías de transporte del entorno de una gran ciudad como Pamplona, donde es posible que no sea ya recomendable actuar por tratarse de un

entorno muy urbanizado, o con desarrollo urbanístico previsible en un futuro próximo. Pero si está prevista la conservación a largo plazo de espacios naturales periurbanos, estas cuadrículas pueden estar señalando puntos de actuación crítica para el mantenimiento de la funcionalidad ecológica de estas áreas. Este índice también ha identificado cuadrículas en grandes nudos viarios donde posiblemente no sea recomendable actuar por razones parecidas, pero estas cuadrículas están indicando áreas donde la concentración de vías de transporte está causando un grado de fragmentación importante, que puntualmente podría requerir actuaciones de mitigación.

Tanto los índices de patrimonio natural como la combinación de criterios también han identificado como prioritarios varios tramos o cuadrículas aisladas en carreteras de gran capacidad como en vías convencionales, sobre todo de áreas montañosas, que pueden servir de guía para la localización de posibles puntos negros de atropello y como listado de áreas particularmente sensibles al desarrollo de nuevas infraestructuras, en las que habría que prestar especial atención al problema de fragmentación en caso de ampliaciones o nuevas construcciones.

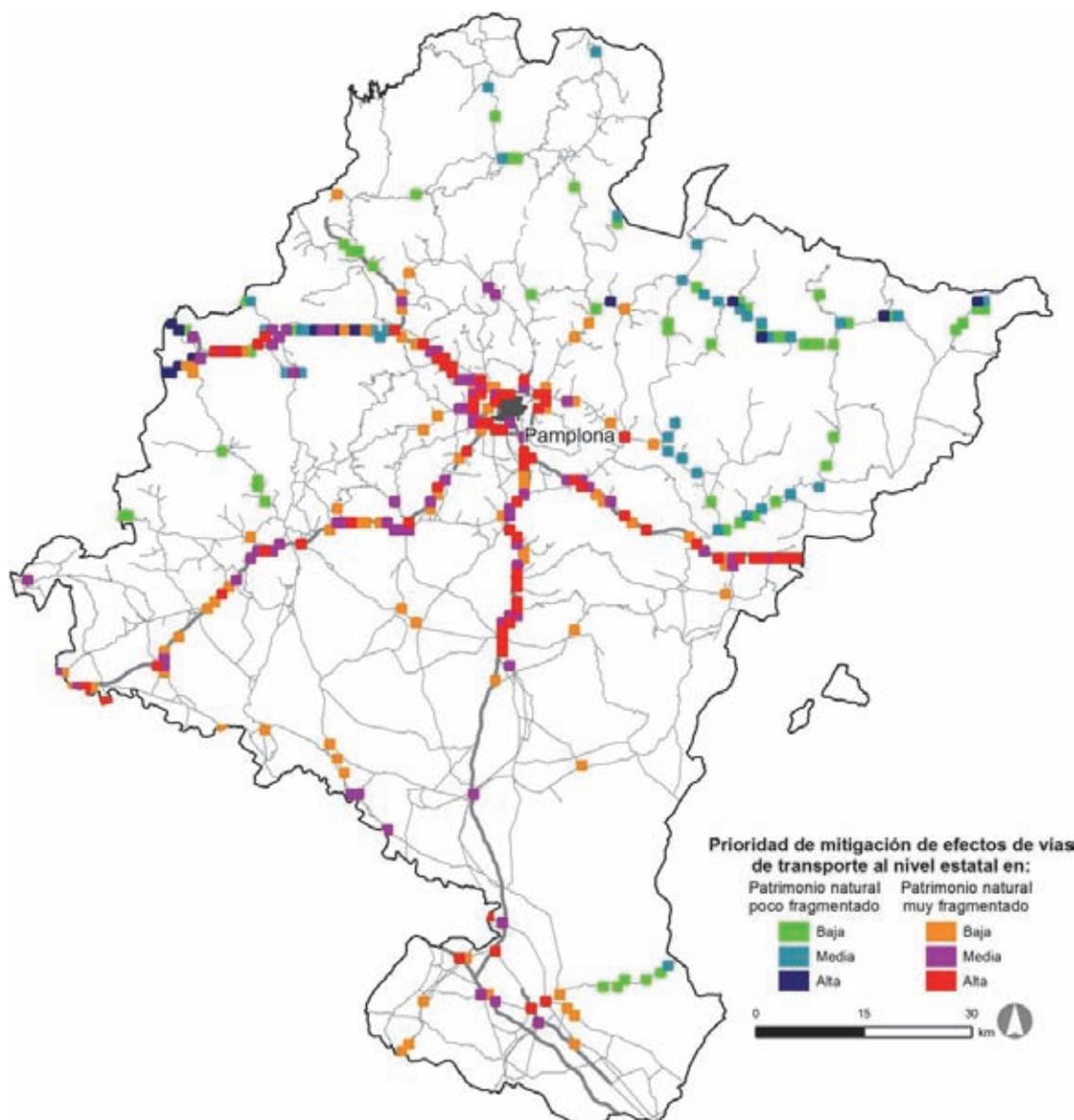


Figura 6.41. Áreas a desfragmentar. Selección a nivel estatal. Cuadrículas UTM de 1 km² correspondientes a Navarra de la selección realizada para todo el Estado a partir del modelo de áreas prioritarias para aplicar medidas de desfragmentación: 5.000 cuadrículas con mayor valor de cada uno de los dos índices seleccionadas en todo el Estado. Véase capítulo 4 y anexo I para detalles sobre metodología.

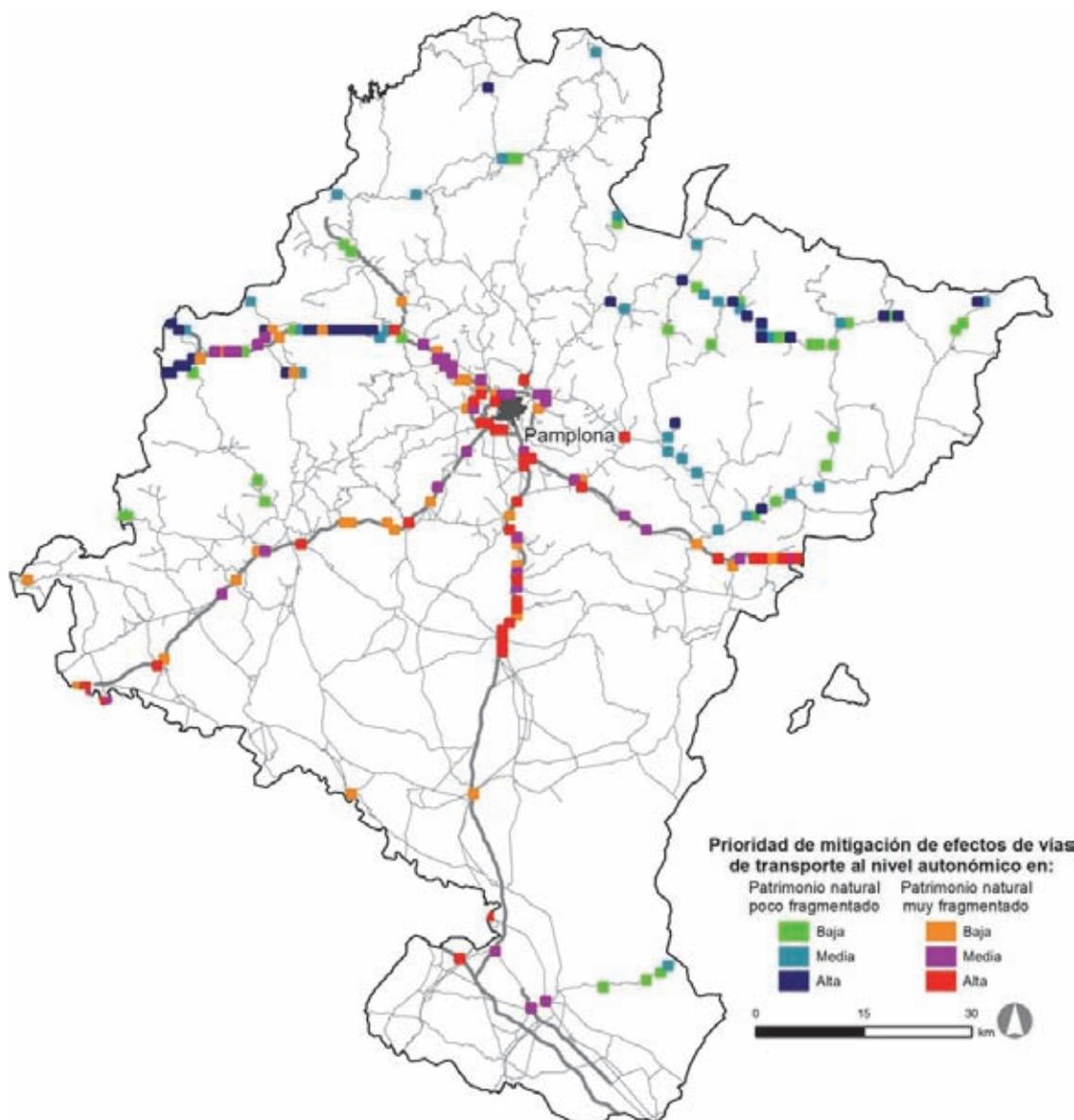


Figura 6.42. Áreas a desfragmentar. Selección a nivel autonómico. Se ha seleccionado en cada C. A. el 1% del total de cuadrículas UTM de 1 km² con mayor valor en cada uno de los dos índices de patrimonio natural (en total en ésta 214). Esta selección refleja las áreas más importantes en Navarra independientemente del resto del Estado. Véase capítulo 4 y anexo I para detalles sobre metodología.

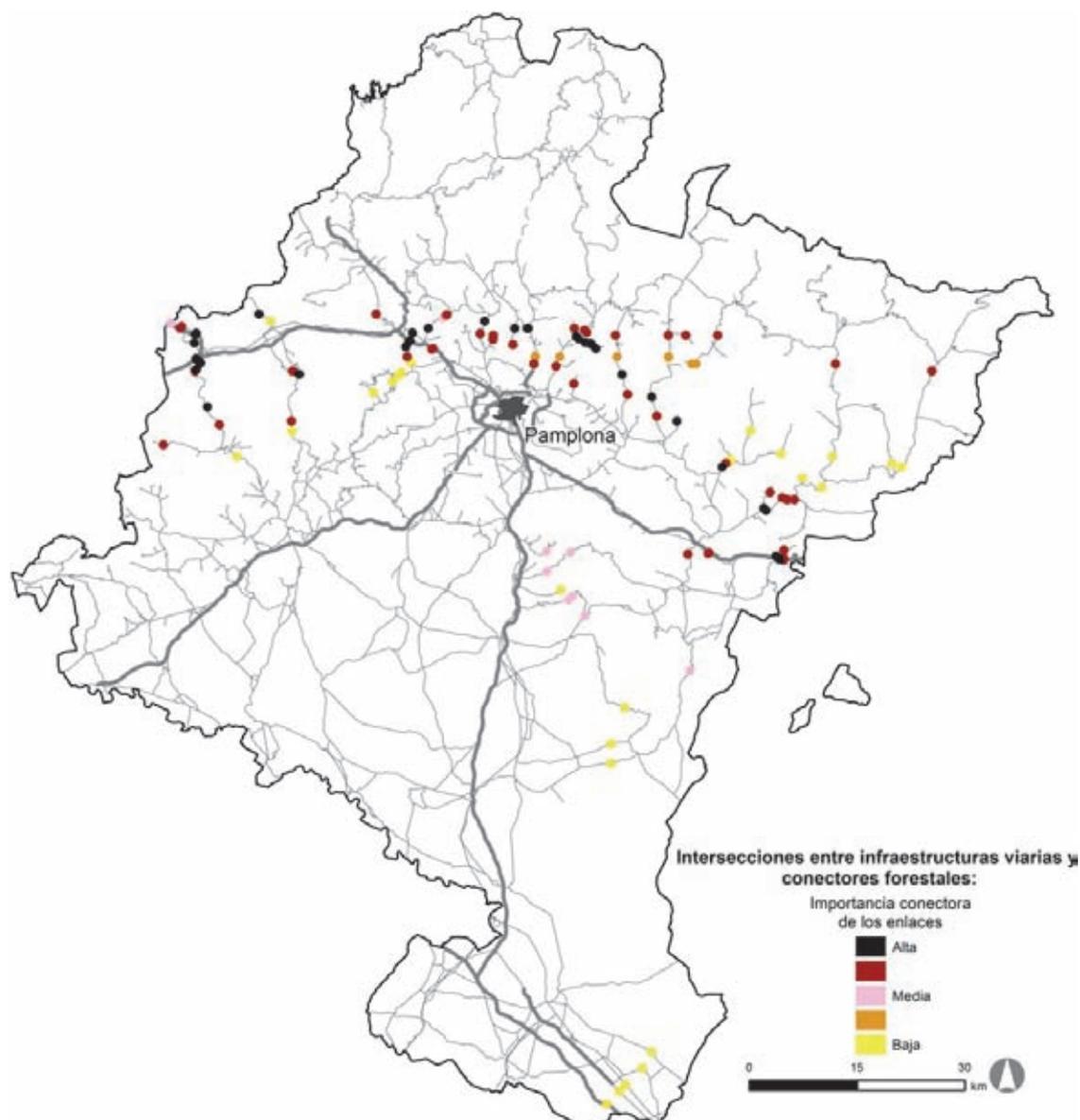


Figura 6.43. Áreas con intersecciones entre infraestructuras viarias y conectores forestales. Se indican los puntos de cruce entre vías de transporte y conectores forestales (enlaces entre nodos forestales identificados mediante la herramienta para el análisis de la conectividad ecológica CONEFOR, Saura y Torné 2009). Al no haberse considerado datos de Francia, puede estar subestimándose la presencia de conectores forestales transfronterizos. Las intersecciones se han clasificado en cinco categorías de importancia, tres de ellas denominadas de importancia alta, media y baja, y las otras dos correspondientes a valores de importancia intermedios entre aquéllas. Véase capítulo 5 y anexo I.5 para detalles sobre metodología.

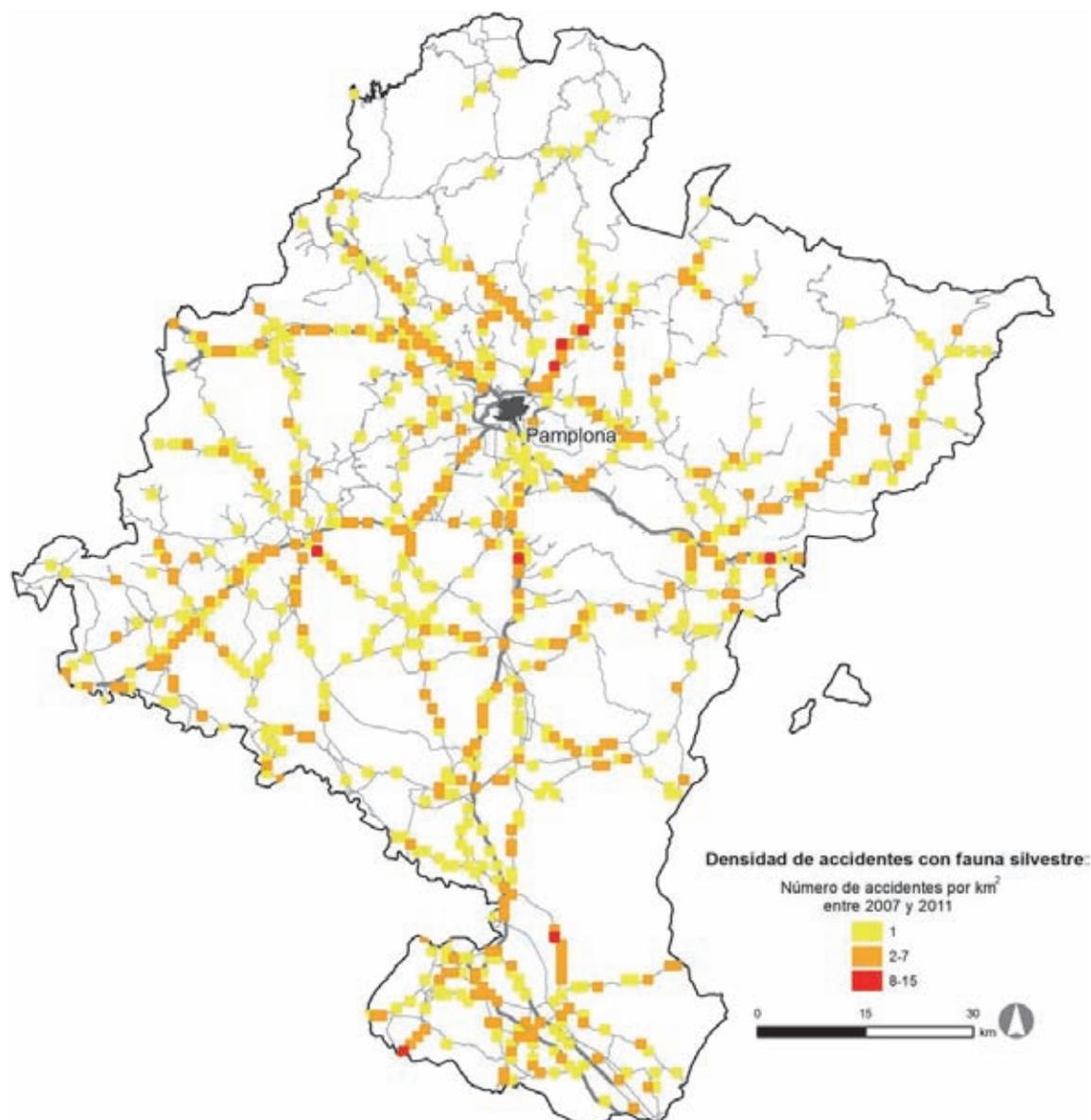


Figura 6.44. Densidad de accidentes con fauna silvestre. Se indican las cuadrículas UTM de 1 km² donde se ha registrado este tipo de siniestralidad (795 cuadrículas en total en Navarra), clasificadas por el número de accidentes en cada cuadrícula. Los registros corresponden a los de la base de datos ARENA (DG de Tráfico); se han georreferenciado alrededor del 50% del total de registros, localizados mayoritariamente en carreteras de doble calzada, autovías y autopistas. Véase capítulo 5 y anexo I para detalles sobre metodología.

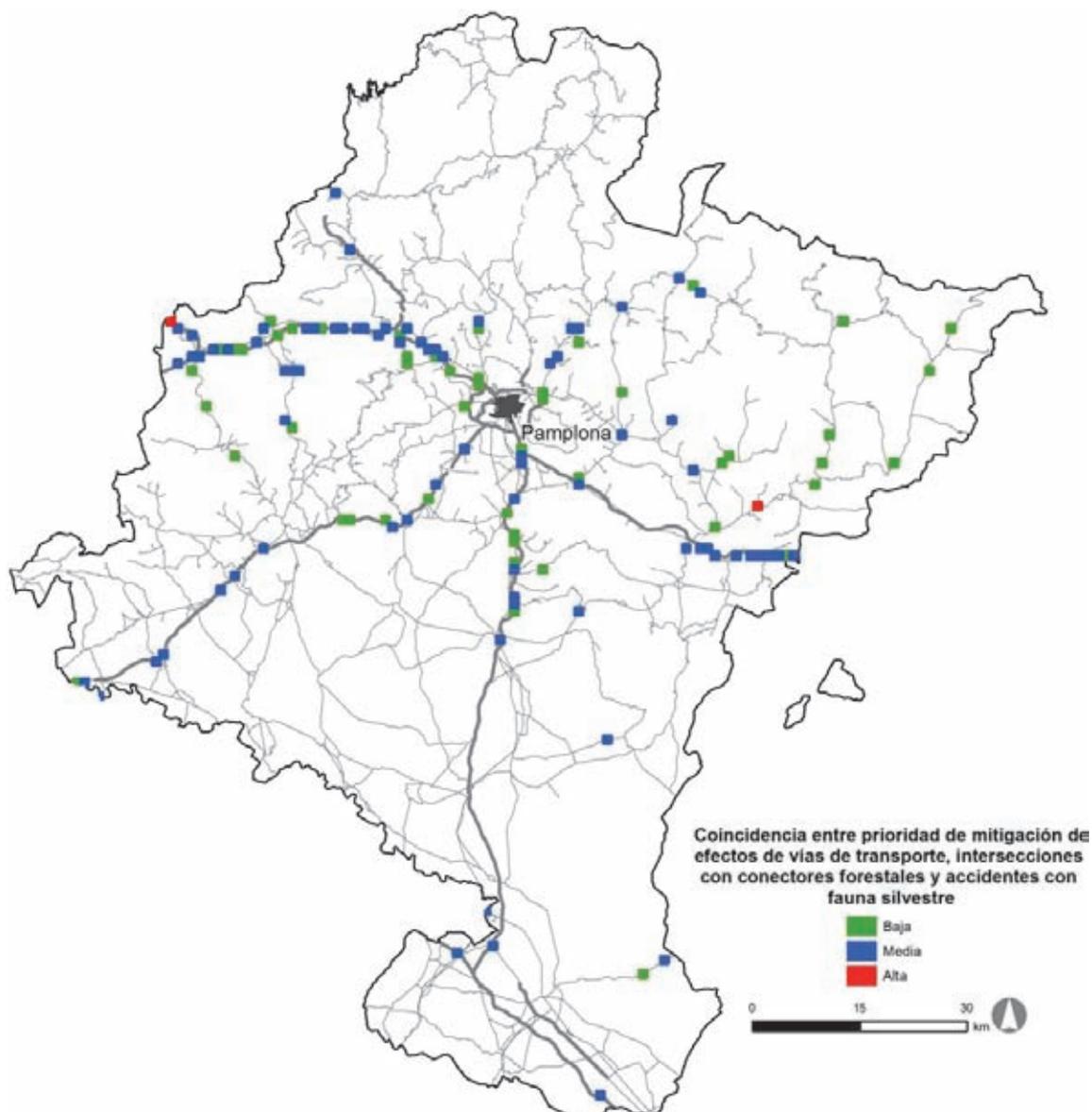


Figura 6.45. Áreas en las que coinciden distintos criterios. Se indican las cuadrículas UTM de 1 km² donde coinciden áreas a desfragmentar a nivel autonómico (Figura 6.42), intersecciones entre infraestructuras viarias y conectores forestales (Figura 6.43) y accidentes con fauna silvestre (Figura 6.44). Se han clasificado en tres categorías que reflejan número de coincidencias (2 o 3 criterios) y prioridad de cada uno de los índices. Dados los sesgos del modelo de conectividad forestal y de la densidad de accidentes con fauna silvestre descritos en las Figuras 6.43 y 6.44, se puede estar subestimando la presencia de cuadrículas con coincidencias en las áreas más próximas a la frontera con Francia y en carreteras convencionales, de calzada única. Véase capítulo 5 y anexo I para detalles sobre metodología utilizada.

Diagnóstico general

Vulnerabilidad biológica a las infraestructuras lineales de transporte, tamaño efectivo de malla y densidad de red de infraestructuras lineales de transporte

- La Comunidad Valenciana tiene un promedio en el índice de vulnerabilidad biológica a las infraestructuras lineales de transporte similar al estatal (véase Tabla II.1 en anexo II). En esta comunidad se han identificado áreas con valores máximos en este índice en el Maestrazgo, en particular sus áreas occidentales más serranas, Serra d'Irta, Parque Natural del Prat de Cabanes-Torreblanca, sierras costeras de Benicassim y Oropesa, sierras del sur de la provincia de Castellón (en especial la Serra d'Espadà), Serra Calderona, Parque Natural del Turia, Hoces del Cabriel, Parques Naturales de Serra de Mariola y del Carrascar de la Font Roja, Salinas de Santa Pola y Parques Naturales del Fondo y de las Lagunas de la Mata y Torrevieja (véase Figura 3.2 en el apartado 3.2). Valores altos en este índice, a menudo más entremezclados con valores medios y bajos, se encuentran en la mayor parte del resto de la provincia de Castellón, sierras del oeste de la provincia de Valencia y valle alto del Júcar, Parque Natural de l'Albufera, Serra del Caballó, sierras del oeste de Gandía, Parques Naturales de la Marjal de Pego-Oliva y del Montgó, sierras entre el Cabo de la Nao y Alcoy (de la Safor, d'Alfaro, Aitana), sierras del entorno de Petrer y Elche y sierras del sur de la provincia de Alicante (Escalona y Pujálvarez). Valores mínimos se encuentran en el entorno de grandes municipios, como Castellón de la Plana, Vila-Real, Valencia o Alicante, en áreas costeras muy urbanizadas (Denia-Jávea, Calpe-Benidorm o Torrevieja), o en áreas prelitorales de carácter agrario (Villafamés-Vall d'Alba y valle bajo del río Mijares en Castellón; Plana de Utiel, Camporrobles, o Casinos-Losa del Obispo en Valencia).

- El promedio de tamaño efectivo de malla en la Comunidad Valenciana es inferior a la media estatal (véase Tabla II.1 en anexo II). La única zona de esta Comunidad con tamaño efectivo de malla en el rango de los máximos se encuentra en las sierras del norte del Maestrazgo (Serra de San Cristófol y Muntanyes de Benifassà), compartida con Tarragona y Teruel (véase Figura 3.8 en el apartado 3.3). La única zona con tamaño efectivo de malla alto, prolongada en la provincia de Albacete, se encuentra en el suroeste de la provincia de Valencia, englobando

la Sierra del Boquerón, la Vall de Cofrentes, la Muela de Cortes, la Serra del Caballó y la Serra de Enguera. Áreas con tamaño efectivo de malla medio se encuentran en el resto del Maestrazgo, Sierra Calderona, sierras al noreste de Utiel y Requena (Sierra de Utiel, del Negrete, de los Bosques, de Tejo y de la Cabrera), Serra de Martés, sierras al oeste de Gandía (de Gandía, del Buixarró y de la Creu), sierras el este de Petrer (del Cid, de Maigmó y del Castellar) y Sierra del Collado. El resto de la C. A. tiene tamaños efectivos de malla medio-bajos y bajos, destacando las grandes áreas con tamaño efectivo de malla en valores mínimos en la costa y áreas llanas del sur de Alicante (englobando el entorno de la capital de provincia, Elche, Orihuela y toda la costa hasta Murcia) y en el entorno de la ciudad de Valencia.

- El valor medio de la densidad de red de infraestructuras lineales de transporte en la Comunidad Valenciana es superior a la media estatal (véase Tabla II.1 en anexo II). Esta densidad es particularmente alta, de las mayores de España, en el entorno de la ciudad de Valencia y el tramo costero entre esta ciudad y Castellón de la Plana (véase Figura 3.10 en el apartado 3.4). Otras áreas con alta densidad de estas infraestructuras se encuentran en el entorno de Vinaròs y Benicarló; valle del río Mijares; entorno de Utiel y Requena; corredor pre-litoral desde Valencia hasta Ibi, por Alzira, Xátiva y Alcoy; plana del sur de la provincia de Alicante; y la mayor parte de las costas de las provincias de Valencia y Alicante. En el extremo contrario, áreas con densidad baja se encuentran en el Maestrazgo y en las sierras del sur de la provincia de Castellón y oeste de la de Valencia.

Prioridad de mitigación de efectos de vías de transporte: áreas a desfragmentar

La Comunidad Valenciana tiene un promedio muy similar al estatal en el índice de patrimonio natural muy fragmentado, y algo superior en el índice de patrimonio natural poco fragmentado (véase Tabla II.2 en anexo II). El número de cuadrículas prioritarias según el primero de estos índices es ligeramente superior en la selección autonómica, y ocurre lo contrario para el segundo (Figuras 6.46 y 6.47). Por tanto, se ha basado la descripción de áreas a desfragmentar en la selección autonómica para el índice de patrimonio natural poco fragmentado y en la estatal para el de patrimonio natural muy fragmentado.

a) Áreas a desfragmentar situadas en zonas con índice de patrimonio natural poco fragmentado

Las cuadrículas prioritarias según el índice de patrimonio natural poco fragmentado (véase Figura 6.47) se concentran en el norte del Maestrazgo (CV-121 y CV-122 en Olocau del Rey, CV-14 entre Morella y el límite con Teruel, N-232 entre Morella y La Pobla d'Alcolea y entre Port de Querol y La Vallivana, CV-117 en Morella, CV-110 entre Torre Miró y Herbés, CV-105 entre Castell de Cabres y el Embalse d'Ulldecona y CV-109 hacia Coratxar); en el corredor de transporte A-3/N-III/LAV entre el río Cabriel y Jaraguas y entre Requena y Chiva; N-330 entre Cofrentes y Ayora; CV-590 y CV-584 en la Serra d'Enguera; CV-580 entre Dos Aguas y Quesa; corredor de transporte A-35 y LAV entre el Puerto de Almansa y Mogente; autovía CV-80 entre Sax y Castalla; y corredor de transporte A-31/LAV en Monforte del Cid.

Otras concentraciones menos numerosas o prioritarias o cuadrículas aisladas se encuentran en la CV-15 entre Sant Miquel de la Pobla y Villafranca del Cid, en Ares del Maestre y en Benasal; CV-166 en La Font d'En Segures; CV-170 entre Moli Azor y el Coll del Port; corredor de transporte AP-7, N-340 y ferrocarril en Peñíscola y Benicassim; CV-20 y cruces con otras carreteras en Puebla de Arenoso, Montanejos y Toga; carreteras en la Serra d'Espadà (CV-205 en la Collada d'Ayódar y cruce de la CV-233 y CV-219 en Eslida); CV-10 en la Vall d'Uixó; corredor de la A-23, N-234 y ferrocarril en Barracas y entre Segorbe y Soneja; N-330 y TE-V-6011 en el Rincón de Ademuz; CV-35 en Aras de los Olmos y Titaguas; CV-390 entre el Embalse de Benagéber y Tuéjar; CV-217 y CV-235 en Sacañet; CV-245 en Alcablas; CV-25 entre Segorbe y el Alto de Chirivilla; N-322 en el Parque Natural de las Hoces del Cabriel; CV-439 en Cofrentes; CV-428 en Cortes de Pallás; corredor de la A-38, N-332 y ferrocarril en el Parque Natural de l'Albufera; A-7 y ferrocarril en Pla del Rosal; autovía CV-60 en Almisera; CV-705 en Beniarriés; AP-7 en El Real de Gandía y Oliva; CV-70 en Confrides; A-7 en las cercanías del Parque Natural de la Font Roja; CV-800 en Els Almeraders; y corredor de la AP-7, N-332 y ferrocarril en Pueblo Acanilado.

b) Áreas a desfragmentar situadas en zonas con índice de patrimonio natural muy fragmentado

Las cuadrículas prioritarias según el índice de patrimonio natural muy fragmentado (véase Figura

6.46) se concentran en varios tramos del corredor de transporte AP-7, N-340 (o N-332 al sur de la ciudad de Valencia) y ferrocarril (entre Sant Benet y Torre de la Sal, entre Oropesa y Castellón de la Plana, entre Oncofa y Puçol, entre Alcàsser y Almussafes, este último el tramo de este corredor más cercano a la Albufera de Valencia, entre Sueca y Xeraco, desde el Parque Natural de la Marjal de Pego-Oliva hasta Gata de Gorgos y desde Benidorm hasta Alicante); corredor de transporte A-23, N-234 y ferrocarril en prácticamente todo su trazado desde el límite con Teruel hasta Sagunto, con mayor concentración de cuadrículas entre Masada del Sordo y Segorbe y entre Algimia de Alfará y Sagunto; A-7 entre Vall de Flors y el cruce con la carretera CV-370 y el ferrocarril al oeste de la ciudad de Valencia (cruce del Parque Natural del Túria); LAV y autovías en el entorno de la ciudad de Valencia (CV-33, CV-35, CV-36 y V-30); CV-500 entre Valencia y El Saler; corredor de transporte A-7, N-340 y ferrocarril desde Muro de Alcoy hasta l'Estepar (tramo más próximo al Parque Natural de la Serra de Mariola) y entre Torrellano y Crevillent; autovías en el entorno inmediato de la ciudad de Alicante (A-31, A-70 y A-77); y autovías en el entorno de la Laguna de la Mata y las Salinas de Torreveja (AP-7 desde Rojales y CV-905).

Otras concentraciones menos numerosas o prioritarias o cuadrículas aisladas se encuentran en el cruce entre la N-232 y la CV-12 en Morella; AP-7 y N-238 en el límite con Tarragona; corredor de la AP-7, N-340 y ferrocarril en la salida a Peñíscola, CV-10 en Borriol y en el cruce del río Mijares; valle del río Mijares (CV-20 en Puebla de Arenoso, Montanejos y Embalse de Ribesalbes); CV-176 en Castillo de Villamalefa; carreteras convencionales en la Serra d'Espadà; nudo viario en Llíria (CV-35, CV-50 y otras carreteras); tramos del corredor de transporte A-3, N-III y LAV no ocupados por cuadrículas del índice de patrimonio natural poco fragmentado (en Cuesta de Contreras, Caudete de las Fuentes, Utiel, Requena, Siete Aguas, Buñol, Chiva y Olimar); corredor AP-7 (o A-38), N-332 y ferrocarril entre Sollana y Sueca, y en Gandía, Oliva, Benissa, l'Olla y Altea; AP-7 en Algemesí; nudos de comunicaciones en Alzira (CV-50, CV-41, CV-42, otras carreteras y ferrocarril), Xátiva (N-340, CV-41, otras carreteras y ferrocarril); N-332a, otras carreteras convencionales y ferrocarril en el extremo sur del Parque Natural de l'Albufera; N-332 en el Marjal dels Borrons (Gandía); CV-40, otras carreteras y ferrocarril en Canals; CV-41 y otras carreteras en Ontinyent; CV-40, N-340 y ferrocarril en Albaida; CV-700 en Planes; CV-70 y

otras carreteras en el entorno de Benilloba y Penàguila; A-7 en Ibi; CV-778 en Santa Bárbara; A-31 y LAV al sur de Petrer y en Monforte del Cid; cruces de la AP-7 con la LAV y con la A-31 al oeste de Alicante; N-332 al sur de Alicante, a la altura de El Saladar y en Santa Pola; autovías de circunvalación en Elche; corredor A-7 y N-340 entre Elche y Benferri; N-340 y carreteras convencionales en Orihuela; CV-910 en Guardamar de Segura; CV-95 y nueva autovía en San Miguel de Salinas; y AP-7 y N-332 en Dehesa de Campoamor.

Otros índices complementarios para la identificación final

I. Conectividad forestal

El promedio en la Comunidad Valenciana del índice de intersección entre infraestructuras viarias y conectores forestales es ligeramente inferior a la media estatal (véase Tabla II.2 en anexo II). Los conectores forestales de importancia alta de esta C. A. se encuentran en el Maestrazgo y en las sierras del suroeste de la provincia de Valencia y noroeste de la de Alicante (véanse Figuras I.7-I.10 en anexo I), donde se concentran las intersecciones con vías de transporte (véase Figura 6.48). Otros conectores forestales de menor importancia comunican masas forestales más cercanas al litoral con las áreas serranas occidentales. Destacan las intersecciones entre conectores forestales de importancia alta con el corredor A-3/N-III/ LAV en Villagordo del Cabriel y con el corredor A-31/ LAV en Sax.

II. Densidad de accidentes con fauna silvestre

El promedio de la densidad de accidentes con fauna silvestre en la Comunidad Valenciana es inferior a la media estatal (véase Tabla II.2 en anexo II). Los accidentes se distribuyen por toda la C. A., aunque parece disminuir la densidad de cuadrículas con accidentes en las áreas más llanas y agrarias y en la mayor parte del área serrana del suroeste de la provincia de Valencia (véase Figura 6.49). Destacan por la concentración de cuadrículas con accidentes o la presencia de cuadrículas con alta densidad la N-232 y CV-132 en el entorno de Chert; N-232 y AP-7 en Vinaròs; CV-10 entre Sant Mateu y el cruce con la autovía CV-13; AP-7 y N-340 en Torreblanca; A-23 entre Segorbe y Algimia de Alfará; A-7 en Vall de Flors; A-3 y N-III en Cuesta de Contreras; AP-7 entre Algemesí y Tavernes de la Valldigna; CV-50 en Aigües Vives; ca-

rrerteras del entorno de Xàtiva; carreteras en el entorno del Parque Natural de la Marjal de Pego-Oliva; y AP-7 y N-332 entre Benissa y l'Alfàs del Pi.

III. Áreas en las que coinciden distintos criterios

En la Figura 6.50 se representan todas las cuadrículas en que se ha encontrado coincidencia de criterios en la Comunidad Valenciana (62 en total). Se pueden identificar concentraciones de cuadrículas con coincidencias en el norte del Maestrazgo (CV-14 entre el límite con Teruel y Morella, N-232 entre La Pobla d'Alcolea y Morella y en el Puerto de Querol); corredor AP-7/N-340/ferrocarril en Torreblanca; autovías y carreteras en el entorno de Castellón de la Plana (AP-7, CV-10, CV-151 y N-340); corredor A-23/N-234/ferrocarril en Barracas, entre Viver y Segorbe, en Soneja y en Estivella-Albalat dels Tarongers; y corredor A-3/N-III/ LAV entre Cuesta de Contreras y Villagordo del Cabriel y en Siete Aguas, Buñol, Chiva y Olimar.

Cuadrículas más dispersas o aisladas se encuentran en la AP-7/N-238 en el límite con Tarragona; CV-195 en Montanejos; CV-35 en Aras de los Olmos y en el Puerto de Montalbana; N-330 en Cofrentes y Jalance; AP-7 en Algemesí; N-332a y ferrocarril en Sueca; corredor de transporte de la AP-7/N-332/ferrocarril en Playa de Xeraco, Parque Natural de la Marjal de Pego-Oliva, Gata de Gorgos, Altea y Villajoyosa; CV-590 en la Serra d'Enguera; CV-81, CV-656 y ferrocarril en Ontinyent; A-7/N-340 y ferrocarril en Alcoy; A-7/N-340 en Granja de Rocamora; y AP-7/CV-908 y carreteras convencionales en Benijófar.

Directrices generales sobre acciones a desarrollar

Como ocurre en todas las CC. AA., en la Comunidad Valenciana se han identificado varios tramos prioritarios, tanto con los índices de patrimonio natural poco y muy fragmentado, como por coincidencia de criterios, en corredores de transporte compuestos por varias vías paralelas en los que se pueden considerar prioritarias las acciones de permeabilización, destacando el corredor A-3/N-III/ LAV en el Parque Natural de las Hoces del Cabriel y entre Utiel y Buñol, el corredor A-23/N-234/ferrocarril entre la provincia de Teruel y Segorbe, varios tramos del corredor mediterráneo de la AP-7, en particular en el entorno de humedales, y

las autovías del entorno del Parque Natural de las Lagunas de la Mata y Torrevieja.

Además de estos tramos de grandes corredores de transporte, se han identificado otros tramos de carretera en las inmediaciones de humedales de importancia, donde sería prioritaria la identificación y corrección de posibles puntos negros de atropello, como los ya localizados por la Generalitat Valenciana.

Como ocurre también en todas las CC. AA., el índice de patrimonio natural muy fragmentado ha podido identificar como prioritarias cuadrículas en las vías de transporte del entorno de las capitales de provincia, incluyendo autovías de circunvalación, donde es posible que no sea ya recomendable actuar por tratarse de un medio muy urbanizado, o con desarrollo urbanístico previsible en un futuro próximo. En el caso de la Comunidad Valenciana se ha dado este tipo de situación en el entorno de las capitales de provincia y de otras ciudades importantes o municipios costeros como Elche, Petrer, Benidorm o Altea. Pero si hay prevista la conservación a largo plazo de espacios naturales periurbanos, estas cuadrículas pueden estar señalando puntos de actuación crítica para el mantenimiento de la funcionalidad ecológica de estas áreas. Un buen ejemplo en la Comunidad Valenciana puede ser el Parque Natural del Turia, muy cercano a la ciudad de Valen-

cia, y rodeado de áreas muy urbanizadas con alta densidad de red de infraestructuras lineales de transporte (véase Figura 3.9 en el apartado 3.4). Este índice también ha identificado como prioritarias cuadrículas en grandes nudos viarios donde posiblemente no sea recomendable actuar por razones parecidas, pero estas cuadrículas están indicando áreas donde la concentración de vías de transporte está causando un grado de fragmentación importante, que puntualmente podría requerir actuaciones de mitigación.

Tanto los índices de patrimonio natural como la combinación de criterios también han identificado como prioritarios varios tramos de vías de transporte o cuadrículas aisladas en carreteras principales y en vías convencionales de calzada única, en áreas de montaña bien conservadas, en especial el norte del Maestrazgo, donde las carreteras pueden estar bien integradas en el paisaje y suelen tener poco tráfico, con lo que el efecto barrera que pueden causar sería despreciable. Pero estas carreteras sí pueden contener puntos negros de atropello de fauna, y las áreas prioritarias pueden servir de guía para la localización de estos puntos y como listado de áreas particularmente sensibles al desarrollo de nuevas infraestructuras, en las que habría que prestar especial atención al problema de fragmentación en caso de ampliaciones o nuevas construcciones.

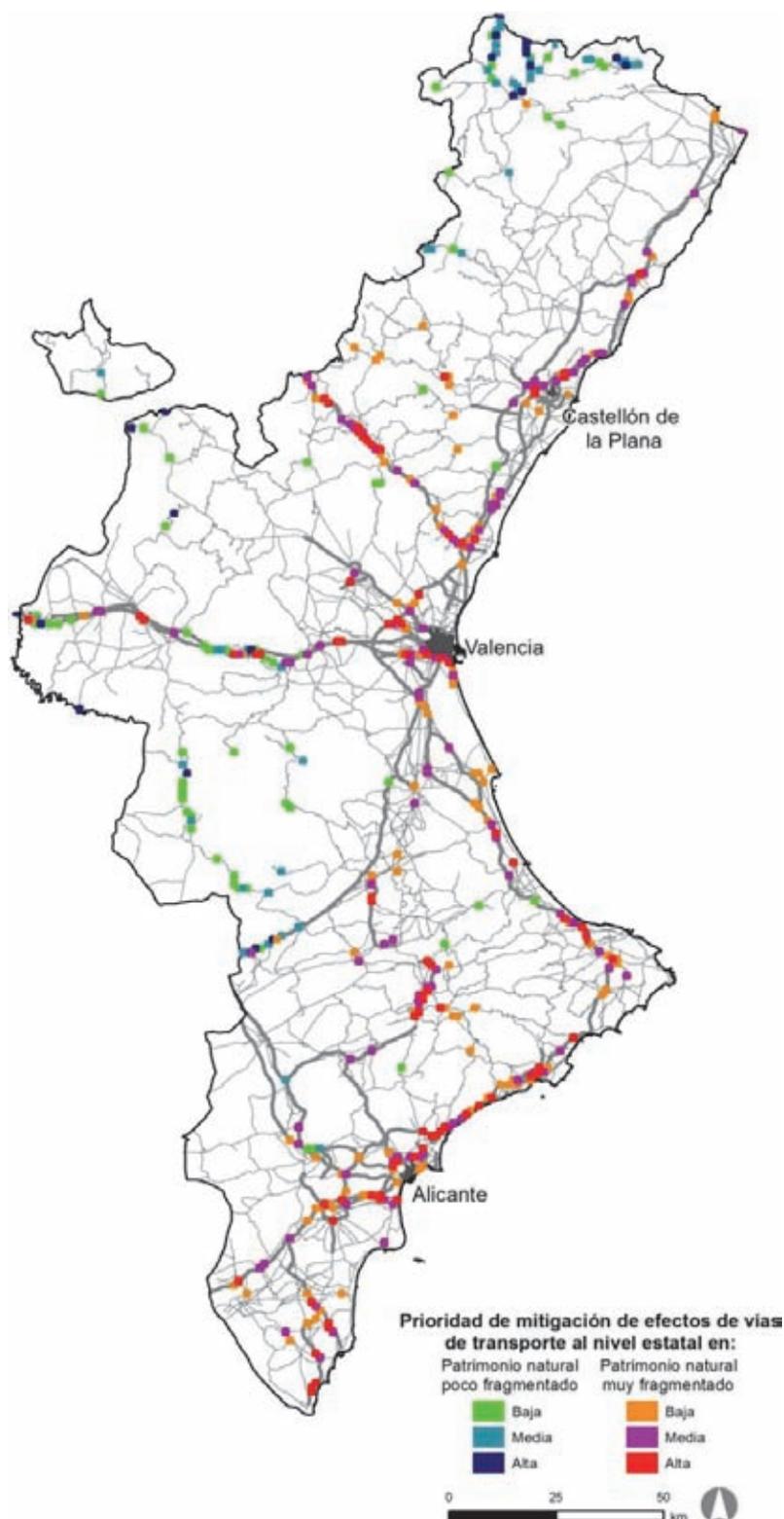


Figura 6.46. Áreas a desfragmentar. Selección a nivel estatal. Cuadrículas UTM de 1 km² correspondientes a la Comunidad Valenciana de la selección realizada para todo el Estado a partir del modelo de áreas prioritarias para aplicar medidas de desfragmentación: 5.000 cuadrículas con mayor valor de cada uno de los dos índices seleccionadas en todo el Estado. Véase capítulo 4 y anexo I para detalles sobre metodología.

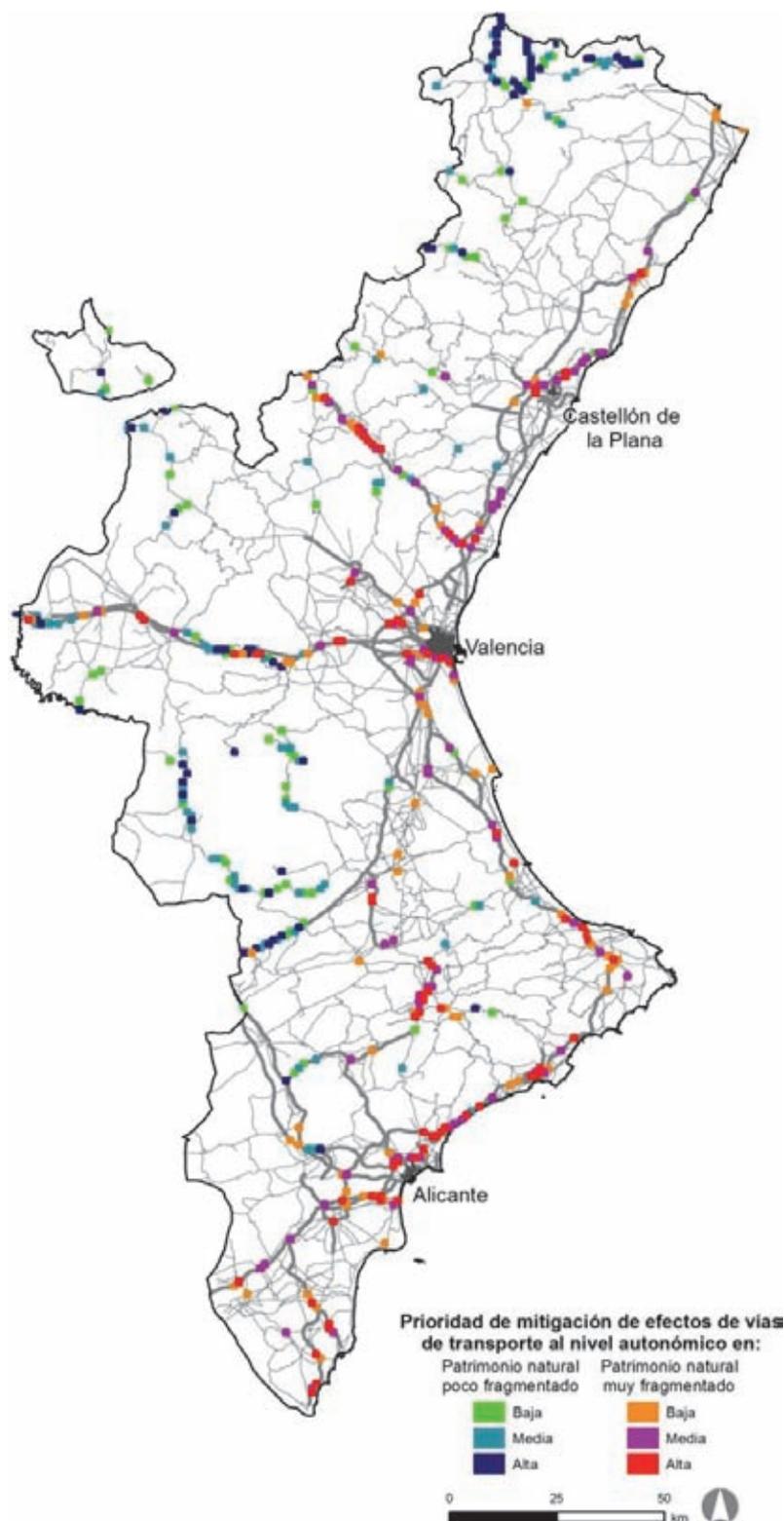


Figura 6.47. Áreas a desfragmentar. Selección a nivel autonómico. Se ha seleccionado en cada C. A. el 1% del total de cuadrículas UTM de 1 km² con mayor valor en cada uno de los dos índices de patrimonio natural (en total en ésta 482). Esta selección refleja por tanto las áreas más importantes en la Comunidad Valenciana independientemente del resto del Estado. Véase capítulo 4 y anexo I para detalles sobre metodología.

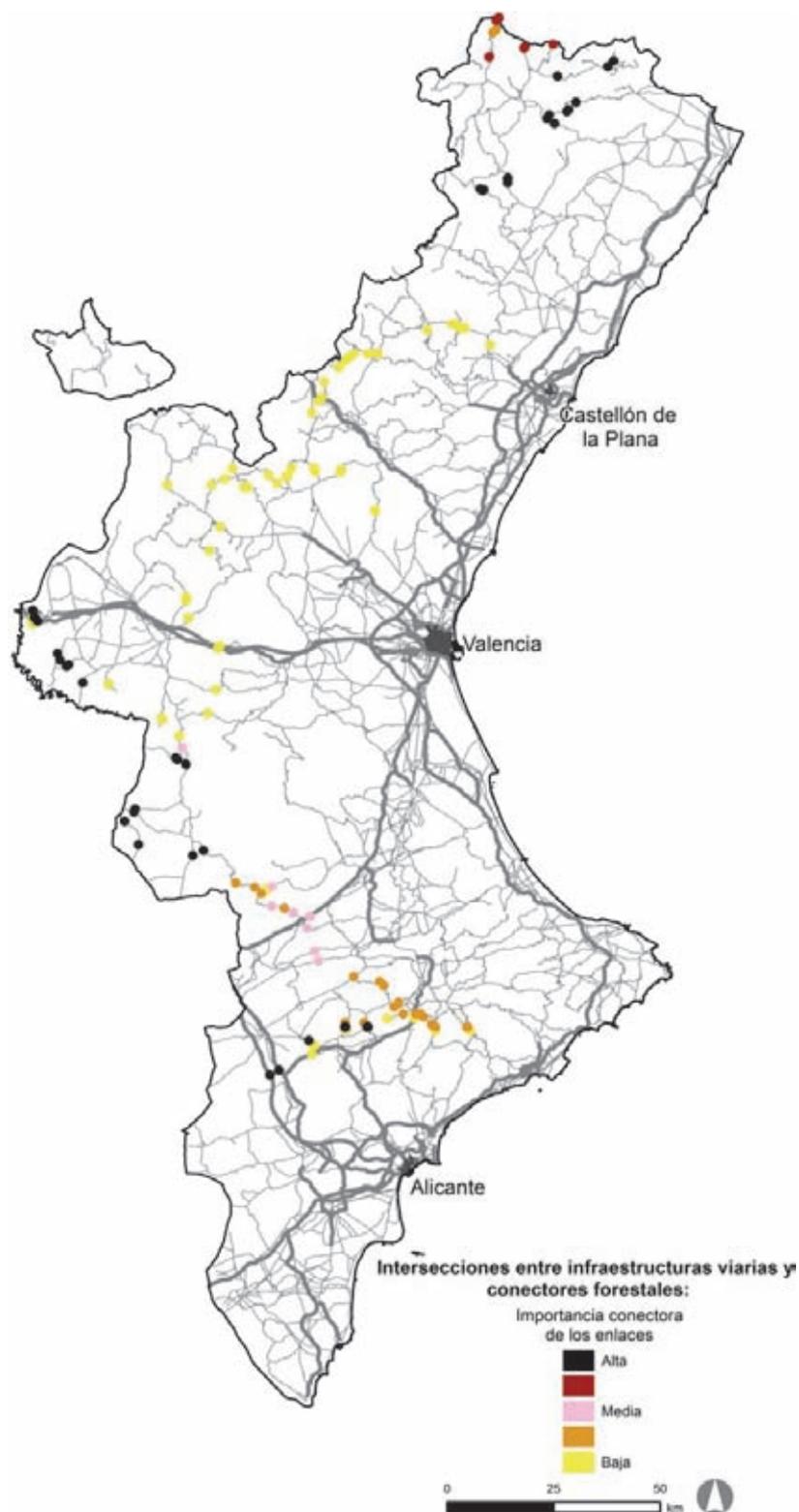


Figura 6.48. Áreas con intersecciones entre infraestructuras viarias y conectores forestales. Se indican los puntos de cruce entre vías de transporte y conectores forestales (enlaces entre nodos forestales identificados mediante la herramienta para el análisis de la conectividad ecológica CONEFOR, Saura y Torné 2009). Las intersecciones se han clasificado en cinco categorías de importancia, tres de ellas denominadas de importancia alta, media y baja, y las otras dos correspondientes a valores de importancia intermedios entre aquéllas. Véase capítulo 5 y anexo I.5 para detalles sobre metodología.

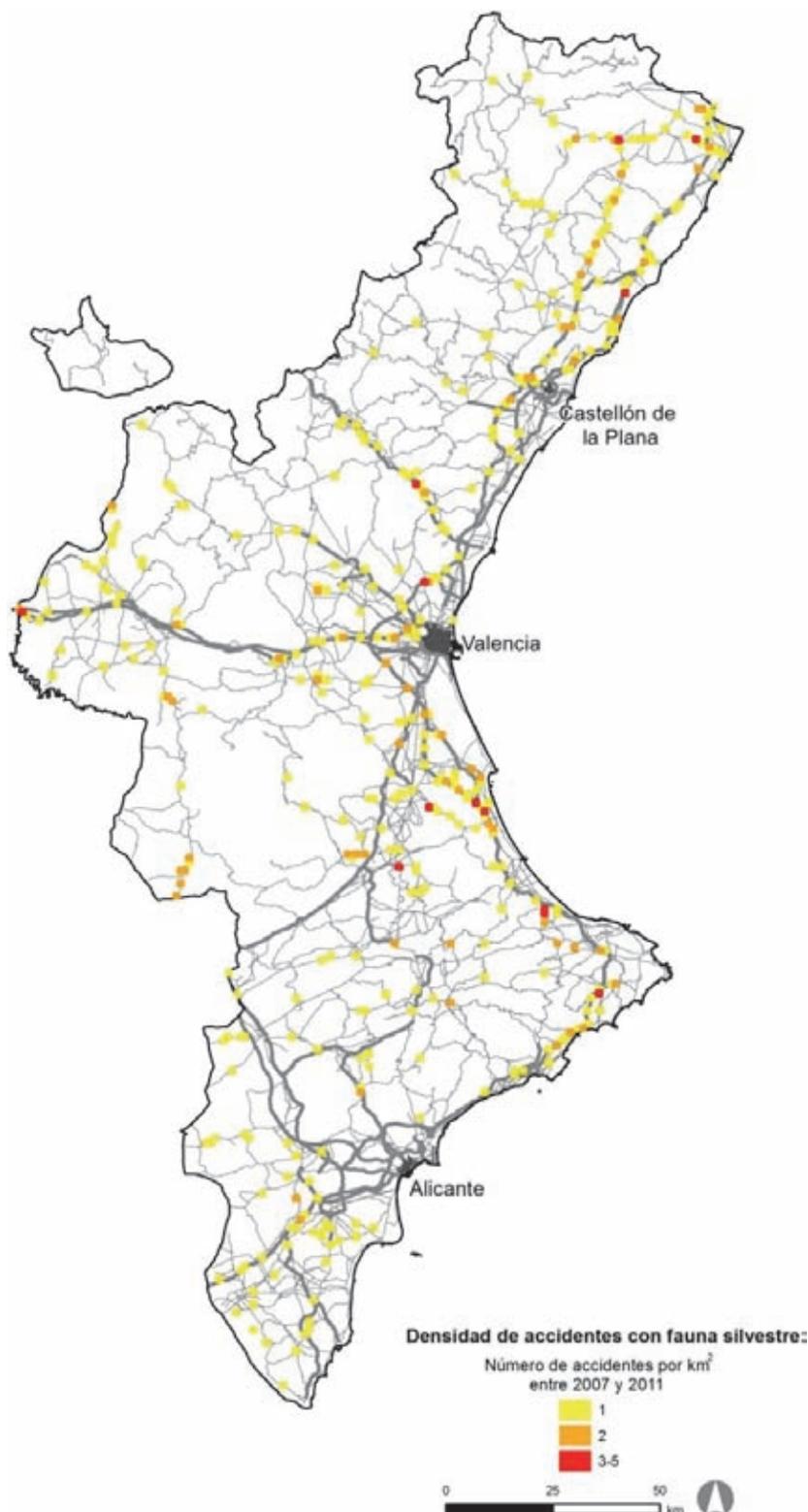


Figura 6.49. Densidad de accidentes con fauna silvestre. Se indican las cuadrículas UTM de 1 km² donde se ha registrado este tipo de siniestralidad (410 cuadrículas en total en la Comunidad Valenciana), clasificadas por el número de accidentes en cada cuadrícula. Los registros corresponden a los de la base de datos ARENA (DG de Tráfico); se han georeferenciado alrededor del 50% del total de registros, localizados mayoritariamente en carreteras de doble calzada, autovías y autopistas. Véase capítulo 5 y anexo I para detalles sobre metodología.

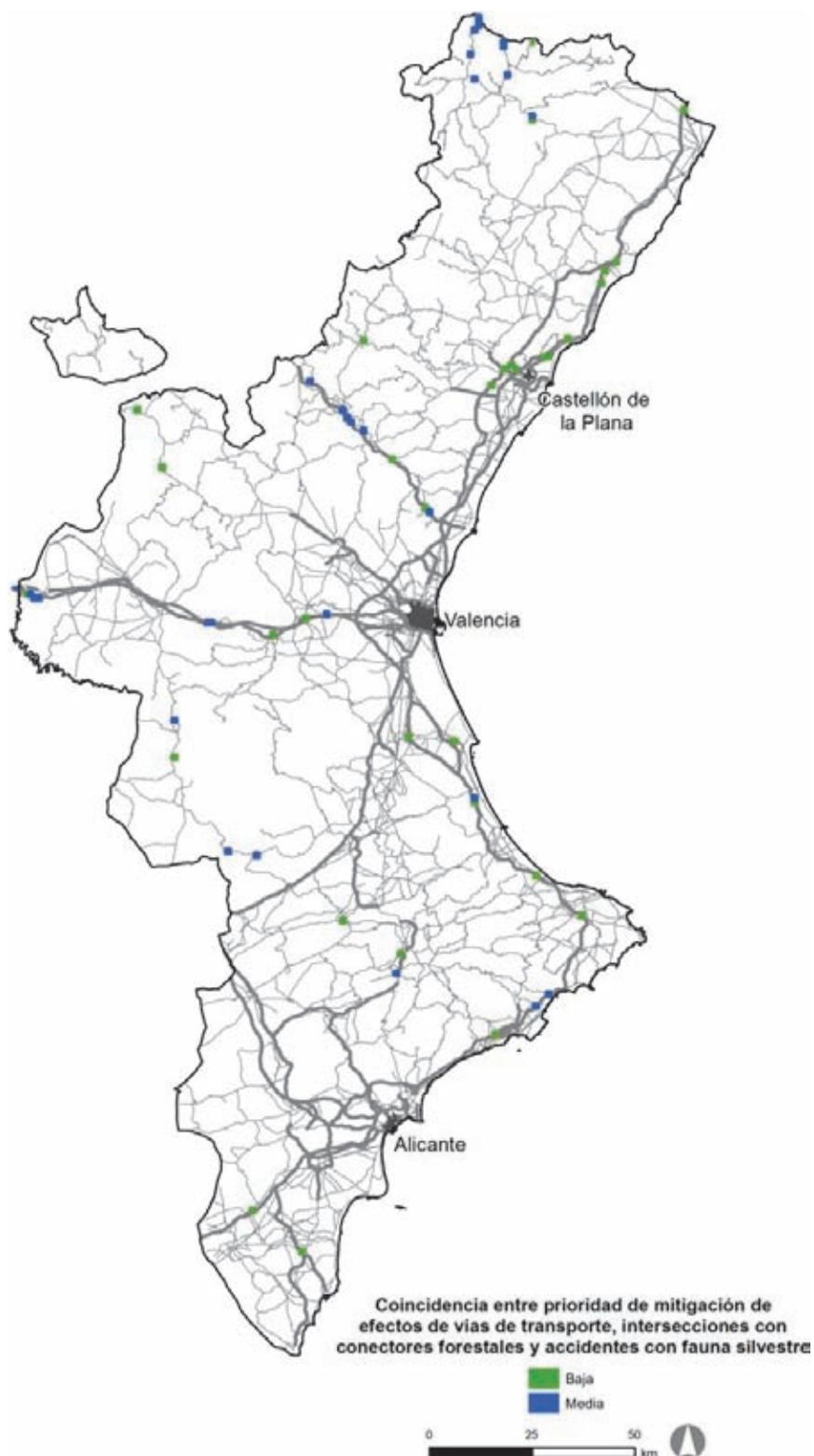


Figura 6.50. Áreas en las que coinciden distintos criterios. Se indican las cuadrículas UTM de 1 km² donde coinciden áreas a desfragmentar a nivel autonómico (Figura 6.47), intersecciones entre infraestructuras viarias y conectores forestales (Figura 6.48) y accidentes con fauna silvestre (Figura 6.49). Se han clasificado en tres categorías que reflejan número de coincidencias (2 o 3 criterios) y prioridad de cada uno de los índices (no existen cuadrículas con prioridad 'Alta' en esta C. A.). Dado el sesgo de la densidad de accidentes con fauna silvestre descrito en la Figura 6.49, se puede estar subestimando la presencia de cuadrículas con coincidencias en carreteras convencionales, de calzada única. Véase capítulo 5 y anexo I para detalles sobre metodología.

Diagnóstico general

Vulnerabilidad biológica a las infraestructuras lineales de transporte, tamaño efectivo de malla y densidad de red de infraestructuras lineales de transporte

- Extremadura tiene el menor valor de vulnerabilidad biológica a las infraestructuras lineales de transporte de todas las CC. AA., muy inferior a la media estatal (véase Tabla II.1 en anexo II). Sin embargo, este valor medio tan bajo es en parte un artefacto matemático, consecuencia de haber incluido en el cálculo del índice de esta C. A. los corredores ecológicos, que ocupan una superficie muy limitada, tal y como han sido definidos por la C. A. (Figura 6.51), y por tanto ha afectado al valor global en el reescalado de 0 a 50. Sin considerar los corredores ecológicos, Extremadura tendría un valor medio en este índice de $21,8 \pm 4,61$, algo superior a la media estatal. En Extremadura se encuentran varias zonas amplias con valores altos de vulnerabilidad biológica a las infraestructuras lineales de transporte, algunas entre los máximos valores del rango del índice en todo el Estado (véase Figura 3.2 en el apartado 3.2) y todas ellas con valores medios o medios-altos de tamaño efectivo de malla. En concreto son, en Cáceres: mitad norte de la provincia (Sistema Central, valles del Tajo, Tiétar, Ambroz, Almonte y Magasca), Ibores-Villuercas, Llanos de Cáceres y Trujillo, Sierra de San Pedro, y Llanos de Brozas y Alcántara y Parque Natural del Tajo internacional. Y en Badajoz: Sierra Morena, La Serena, Vegas altas del Guadiana, Dehesas de Jerez de los Caballeros, Vegas bajas del Guadiana, y sierras centrales de Badajoz.

- Extremadura tiene un territorio con tamaño efectivo de malla medio algo inferior al promedio estatal, aunque el promedio autonómico de densidad de red de infraestructuras lineales de transporte sea muy bajo (véase Tabla II.1 en anexo II). Este resultado debe reflejar que otros elementos fragmentantes, además de las vías de transporte, pueden estar contribuyendo de forma importante al tamaño efectivo de malla relativamente bajo, entre los que cabe destacar los grandes embalses en las cuencas del Tajo y Guadiana. En esta C. A. tan solo se encuentran valores máximos de tamaño efectivo de malla en terrenos colindantes con Castilla y León y Castilla-La Mancha (Gredos-Valle del Tiétar) y Andalucía (Sierra Morena de Huelva), predominando las áreas con tamaño efectivo de malla medio en la

mayor parte de la C.A. (véase Figura 3.8 en el apartado 3.3).

- En Extremadura se encuentra el valor medio de densidad de red de infraestructuras lineales de transporte más bajo de todas las CC. AA. De hecho, en Extremadura aún hay áreas muy amplias sin afectar por vías de alta capacidad (autopistas, autovías y vías de doble calzada), en particular en Villuercas-Ibores y Los Montes, sierras centrales de Badajoz y sus dehesas, incluyendo el Parque Natural de Cornalvo, dehesas de La Serena y Siberia extremeña, Sierra de San Pedro, oeste de la provincia de Cáceres y Sierra Morena (véase Figura 3.10 en el apartado 3.4 del texto).

Prioridad de mitigación de efectos de vías de transporte: áreas a desfragmentar

Extremadura destaca a nivel estatal por un alto valor medio en el índice de patrimonio natural poco fragmentado, con valor medio también algo superior al promedio estatal en el índice de patrimonio natural muy fragmentado (véase Tabla II.2 en anexo II). Como se ha indicado para el caso del índice de vulnerabilidad biológica a las infraestructuras de transporte, este alto valor medio en el índice de patrimonio natural poco fragmentado es un artefacto matemático, ya que en su cálculo se ha incluido el índice de vulnerabilidad teniendo en cuenta los corredores ecológicos. Si se calcula este índice sin corredores ecológicos, su valor medio para Extremadura sería inferior a la media estatal ($0,014 \pm 0,06$). A pesar de los valores medios altos en ambos índices de patrimonio natural, el número de cuadrículas prioritarias de la selección autonómica fue mayor que sus equivalentes estatales para ambos índices (Figuras 6.52 y 6.53), lo que debe indicar que los valores máximos en ambos índices no fueron muy frecuentes (es decir, es una C. A. en la que el territorio en general tiene una alta vulnerabilidad, pero no tiene abundancia de áreas con valores máximos). En consecuencia, se ha usado la selección estatal para la descripción de áreas a desfragmentar.

a) Áreas a desfragmentar situadas en zonas con índice de patrimonio natural poco fragmentado

Las cuadrículas prioritarias según el índice de patrimonio natural poco fragmentado (véase Figura 6.52) se concentran en el Valle del Jerte (N-110 entre el Puerto de Tornavacas y Valdastillas); Alcántara-Membrío (N-521, EX-108, EX-302, EX-374,

CC-126 y ferrocarril); Villuercas-Ibores (EX-102, EX-116, EX-118, CC-97 y CC-21.1); Valencia de Alcántara (N-521, EX-110, CC-102, CC-107, CC-112, CC-131 y CC-132 y ferrocarril); carretera EX-100 entre Cáceres y el cruce con la carretera BA-029; A-5 entre Miajadas y Mérida; N-502a entre Castilblanco y Fuenlabrada de los Montes; N-430 desde el cruce con la N-502a hasta el límite con la provincia de Ciudad Real; y corredor A-66/N-630 entre Monesterio y el límite con la provincia de Huelva.

Otras concentraciones de menor importancia o cuadrículas dispersas o aisladas se encuentran en Las Hurdes (EX-204 y CC-155); Montes de Tras la Sierra (CCV-102 entre Hervás y Cabezuela del Valle); EX-108 en Coria, Moraleja y en las cercanías de la frontera con Portugal; EX-108 en Cuarto de Salamanca; EX-109 en Torrejoncillo; corredor A-5/N-V entre el Puerto de Miravete y el cruce del río Tozo y en Puerto de Santa Cruz; corredor N-521 y ferrocarril entre Malpartida de Cáceres y Santa Catalina; EX-302 y ferrocarril en la Sierra de Pajonales; EX-110 al sur del Puerto de los Conejeros y en Botoa; cruce de la EX-214 y EX-305 en La Nava de Santiago; CCV-147 y ferrocarril al oeste de Casas de Don Antonio; corredor A-66/N-630 entre el cruce a Alcuéscar y Aljucén (limitando con el Parque Natural de Cornalvo); Sierra de Montánchez (EX-382); Embalse de Cijara (EX-357, BA-077, BA-158 y BA-028); A-5 en la circunvalación de Badajoz (noroeste, en Santa Engracia) y entre Aldea Conde y Guadajira; EX-102 entre Guareña y Mengabril; N-430 en el cruce a Rena, en Acedera, en Obando, en Navalvillar de Pela, en Puerto Peña y en el cruce con la EX-103 cerca de Garbayuela; A-66 y ferrocarril en Almendralejo; nudo viario en Fuente de Cantos (A-66, EX-202 y BA-068); Sierra de Hornachos (EX-210 y BA-113); Cabeza del Buey (EX-104, A-420, cruces con otras carreteras y ferrocarril); EX-211 en Monterrubio de la Serena; carreteras del entorno del corredor ecológico del río Alcarrache (EX-107 y EX-112); EX-101 en La Jineta; EX-103 en Calera de León; y carreteras en el entorno de Pallarés, Puebla del Maestre y Santa María de Navas.

b) Áreas a desfragmentar situadas en zonas con índice de patrimonio natural muy fragmentado

Las cuadrículas prioritarias según el índice de patrimonio natural muy fragmentado (véase Figura 6.52) se concentran en la Sierra de Gata (EX-109, EX-205, CCV-11 y CCV-65); corredor A-66, N-630 y ferrocarril entre el Puerto de Béjar y Plasencia;

N-110 entre Valdecastilla y Plasencia; carreteras en La Vera y Valle del Tiétar (EX-203, CM-5102, CC-96, CC-904, CC-152, CC-164, CCV-172 y CCV-914); A-66 y N-630 entre el cruce con la EX-108 y Cañaveral, en el entorno de El Casar de Cáceres, entre Cáceres y el cruce a Alcuéscar y en el entorno de Mérida; EX-108 y ferrocarril entre Plasencia y Navalvillar de la Mata; A-5 entre el límite con la provincia de Toledo y el Puerto de Miravete; y corredor A-58 y N-521 entre Trujillo y Cáceres. Además, el índice destaca otras autovías de circunvalación y tramos de carretera y ferrocarril en el entorno inmediato de Plasencia, Navalvillar de la Mata, Trujillo, Cáceres, Mérida y Badajoz.

Otras concentraciones de menor entidad o cuadrículas aisladas se encuentran en el corredor EX-A1 y EX-108 entre Plasencia y Coria; EX-208, CCV-183 y ferrocarril en Malpartida de Plasencia; EX-208 en el Parque Nacional de Monfragüe; N-521 en Valencia de Alcántara; corredor A-5 y N-Va entre Trujillo y Pago de San Clemente; EX-102 y CCV-121 en Cañamero y Berzocana; N-502 en Puerto del Rey; A-5 entre Guadajira y Mérida; EX-209 y ferrocarril entre Torremayor y Mérida; EX-A2 en Don Benito; A-66 y ferrocarril en el Puerto de Sevilla (norte de Torremejía); EX-102 en Alange; EX-103, EX-104 y ferrocarril en Castuera; EX-104 y ferrocarril en Almorchón; EX-112 en Jerez de los Caballeros y en el Puerto de Santo Domingo (cerca de Alconera); N-435 en Valuengo; A-66 y N-630 entre Fuente de Cantos y Garrapito; N-432, EX-103 y ferrocarril en Llerena; y cruce de la N-432 y la EX-111 en Azuaga.

Otros índices complementarios para la identificación final

I. Conectividad forestal

El promedio en Extremadura del índice de intersección entre infraestructuras viarias y conectores forestales es inferior a la media estatal, el cuarto más bajo de todas las CC. AA., superando solo a Asturias, La Rioja y Andalucía (véase Tabla II.2 en anexo II). La superficie ocupada por nodos forestales en Extremadura es limitada y la mayoría se concentran en áreas periféricas de la C. A. (véase Figura I.5), mientras que las formaciones de dehesa, tan extendidas en esta C. A., se han considerado áreas con resistencia baja a la dispersión (en la categoría de "mosaicos agroforestales", véase Tabla I.8 y Figura I.6 en anexo I). Hay dos zonas con conectores forestales de importancia alta en Extremadura, los que comunican masas forestales del oeste de la provincia de Cá-

ceres con las de Montes de Toledo, Sierra de Gredos y Villuercas-Iborres, y el corredor paralelo a Sierra Morena en el sur de Badajoz (véanse Figuras I.7-I.10 en anexo I). Otros corredores de menor importancia comunican las masas forestales de las Villuercas con las de las Sierras de Montánchez y San Pedro, Sierra de Gata y Las Hurdes, Sierra de San Pedro y Sierra Morena por el oeste de Badajoz y las sierras del sureste de Badajoz con las sierras del entorno de Llerena.

En la Figura 6.54 se representan todas las intersecciones entre conectores forestales y vías de transporte identificados en Extremadura, que reflejan los trayectos de estos conectores forestales. Destacan las intersecciones de conectores forestales de importancia alta con la A-66 al norte de Plasencia, en las cercanías de Riobobos, en el entorno de Cañaveral y al sur de Monesterio; con la EX-108 al este de Malpartida de Plasencia; y con la A-5 entre Almaraz y el Puerto de Miravete.

II. Densidad de accidentes con fauna silvestre

La densidad de accidentes con fauna silvestre en Extremadura es inferior a la media estatal, y por tanto baja en comparación con otras CC. AA., lo que resulta algo sorprendente dada la riqueza cinegética de muchas comarcas extremeñas, y que los ungulados son los principales causantes de accidentes (véase Tabla II.2 en anexo II). La relativa escasez de carreteras de alta capacidad (autopistas, autovías y carreteras de doble calzada) en esta C. A. y la densidad de población relativamente baja, asociada a una intensidad de tráfico también bajo, pueden ser los principales factores que expliquen esta siniestralidad relativamente baja. Destacan por la concentración de cuadrículas con alta densidad de accidentes (véase Figura 6.55) la carretera EX-100 entre Cáceres y el Puerto de la Covacha, la EX-345 entre Don Benito y Valle de la Serena, la A-5 y N-V entre Almaraz y el Puerto de Miravete, EX-386 a la altura de Deleitosa, EX-208 entre Plasencia y Monfragüe, y N-502 en el entorno del Embalse de Cíjara, si bien hay cuadrículas con bajo número de accidentes en prácticamente todas las comarcas de esta C. A.

III. Áreas en las que coinciden distintos criterios

En la Figura 6.56 se representan todas las cuadrículas en que se ha encontrado coincidencia de criterios (145 en total). Destaca la carretera EX-100, que comunica las ciudades de Cáceres y Ba-

dajoz atravesando la Sierra de San Pedro, en particular el tramo más cercano a Cáceres, varias carreteras de Monfragüe y su entorno (en particular el entorno del Puerto de Miravete), el entorno de Hervás-Baños de Montemayor, la autovía A-66 al sur de Plasencia, la autovía A-58 en los Llanos de Cáceres y la autovía radial A-5 y otras carreteras en el entorno de Mérida y Badajoz. Hay también cuadrículas dispersas en el SW de Cáceres, Villuercas, Vegas altas del Guadiana, La Serena y Burguillos del Cerro.

Directrices generales sobre acciones a desarrollar

Buena parte de las cuadrículas prioritarias se han localizado en corredores de transporte en que coinciden una autovía, la carretera de primer orden preexistente y una vía de ferrocarril, ocupando una amplia franja de terreno en tramos de varias decenas de kilómetros (A-5, N-V y ferrocarril; A-66, N-630 y ferrocarril; EX-A1, EX-108 y ferrocarril; A-58 y N-521). Estos corredores de transporte que concentran diversas infraestructuras lineales dispuestas en paralelo a lo largo de extensos tramos pueden constituir un notable efecto barrera para la fauna. En el caso de tramos en zonas montañas el problema puede ser poco importante si hay abundancia de grandes viaductos o túneles que facilitan la permeabilidad para la fauna. Pero estas zonas de concentración de vías de transporte extremeñas se encuentran en gran parte en áreas llanas, y por ello es prioritario evaluar si cuentan con una adecuada permeabilización y en caso contrario, llevar a cabo medidas de desfragmentación.

El área extremeña donde hay mayor concentración de cuadrículas prioritarias (tanto por combinación de criterios como de cuadrículas de los índices de patrimonio natural) es el territorio que cruza la carretera EX-100, atravesando la sierra de San Pedro y coincidiendo con el tramo de mayor concentración de cuadrículas con alto número de accidentes con fauna silvestre en esta C. A. Estas situaciones son difíciles de resolver, tan solo una combinación de vallados perimetrales y pasos de fauna puede mitigar eficazmente y de forma simultánea el doble problema de siniestralidad y efecto barrera. Esta carretera conecta las dos capitales de provincia de la C. A., y está prevista la construcción de una autovía (EX-A4) en la que deben aplicarse este tipo de medidas.

En esta carretera y en otros tramos de vías de calzada única en los que no sea viable la instalación

de cerramientos combinados con pasos de fauna, pueden aplicarse otro tipo de medidas adaptadas a cada tramo en particular entre las que se incluyen los sistemas de señalización reforzada de advertencia de peligro por fauna silvestre, gestión de márgenes, gestión del tránsito (adaptación de la velocidad de circulación), etc (véase documento 5 de esta misma serie, MAGRAMA 2013).

También se han identificado cuadrículas prioritarias en áreas esteparias de singular importancia para las aves típicas de estos medios, para cuya conservación a nivel europeo Extremadura tiene importancia primordial, y entre las que se encuentran especies susceptibles de sufrir problemas de atropello, como la avutarda (*Otis tarda*). Las cuadrículas identificadas pueden servir de guía para la localización de posibles tramos de concentración de atropellos, en los que la instalación de pantallas, motas u otras medidas puede contribuir a mitigar el problema.

En mayor número se encuentran cuadrículas en áreas naturales de carácter más forestal, afectadas por carreteras tanto de gran capacidad como de calzada única. Buena parte de estas cuadrículas pueden no requerir actuación ninguna, pero pueden servir de guía para la localización de posibles puntos de concentración de atropellos de fauna silvestre, centrando los esfuerzos de locali-

zación y mitigación en estas áreas prioritarias. Estas áreas también pueden considerarse como particularmente sensibles en los procesos de planificación de nuevas infraestructuras o de ampliación de vías preexistentes.

Por último, como ocurre en todas las CC. AA., el índice de patrimonio natural muy fragmentado ha podido identificar como prioritarias cuadrículas en las vías de transporte del entorno de grandes municipios (Plasencia, Navalmoral de la Mata, Trujillo, Cáceres, Mérida y Badajoz), donde es posible que no sea ya recomendable actuar por tratarse de un entorno muy urbanizado, o con desarrollo urbanístico previsible en un futuro próximo. Pero si hay prevista la conservación a largo plazo de espacios naturales periurbanos, estas cuadrículas pueden estar señalando puntos de actuación crítica para el mantenimiento de la funcionalidad ecológica de estas áreas, como puede ser el caso de las pequeñas sierras en el entorno de Cáceres, que a pesar de su cercanía a la ciudad, tienen un importante patrimonio natural a conservar. Este índice también ha identificado cuadrículas en grandes nudos viarios donde posiblemente no sea recomendable actuar por razones parecidas, pero estas cuadrículas están indicando áreas donde la concentración de vías de transporte está causando un grado de fragmentación importante, que puntualmente podría requerir actuaciones de mitigación.

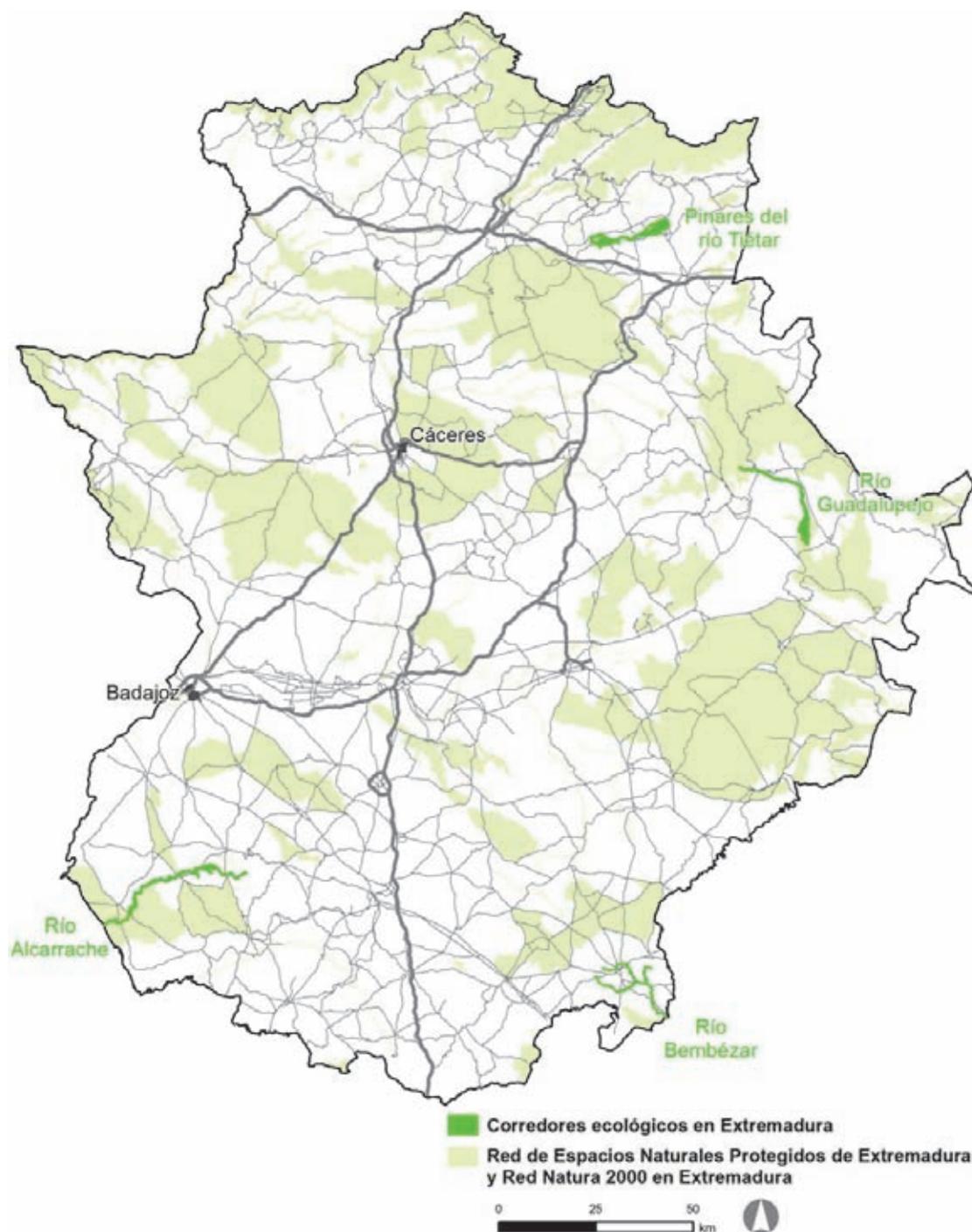


Figura 6.51. Corredores ecológicos en Extremadura (Junta de Extremadura, 2012) integrados en el índice de vulnerabilidad biológica a las infraestructuras de transporte de esta C. A.

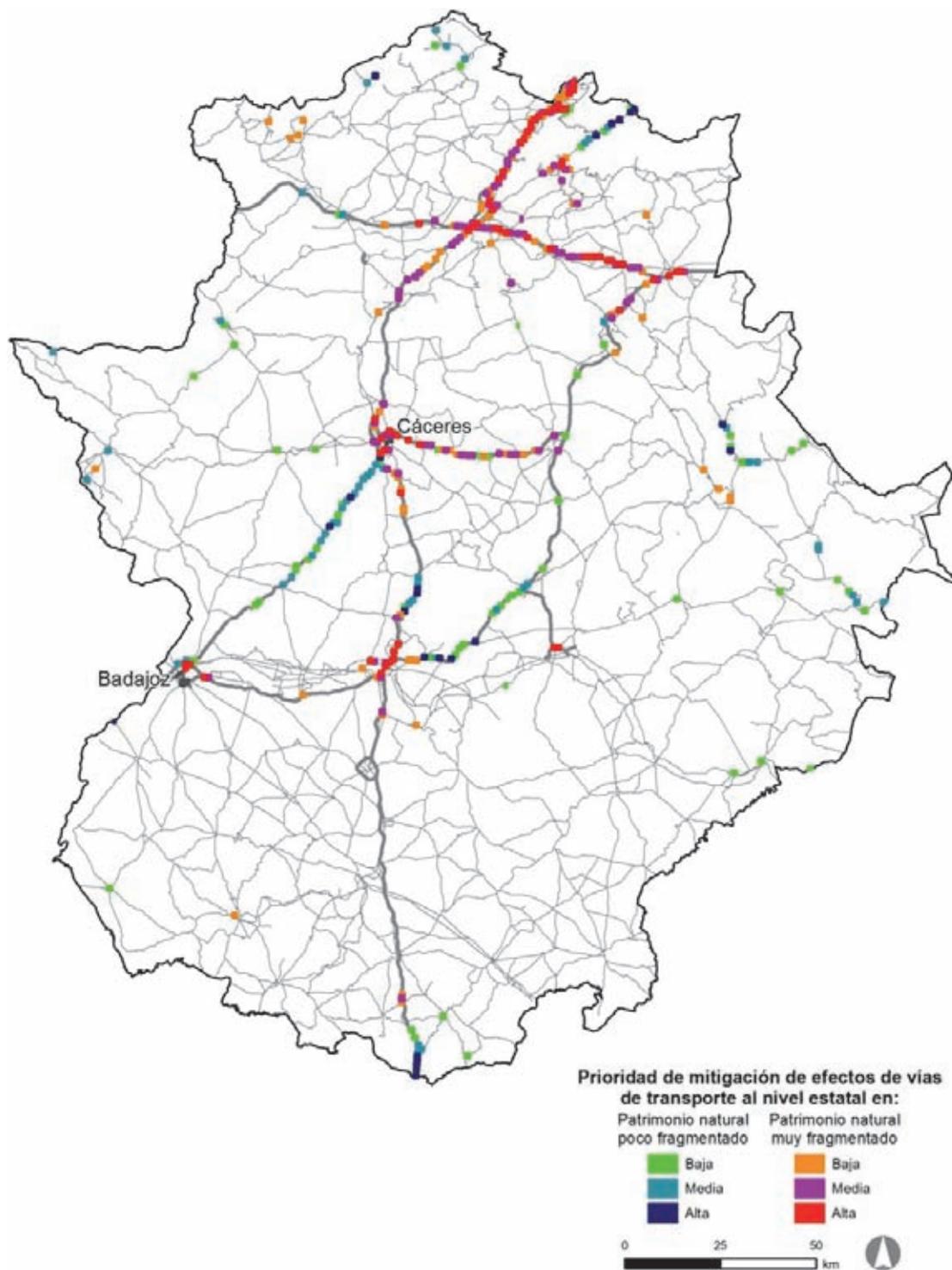


Figura 6.52. Áreas a desfragmentar. Selección a nivel estatal. Cuadrículas UTM de 1 km² correspondientes a Extremadura de la selección realizada para todo el Estado a partir del modelo de áreas prioritarias para aplicar medidas de desfragmentación: 5.000 cuadrículas con mayor valor de cada uno de los dos índices seleccionadas en todo el Estado. Véase capítulo 4 y anexo I para detalles sobre metodología.

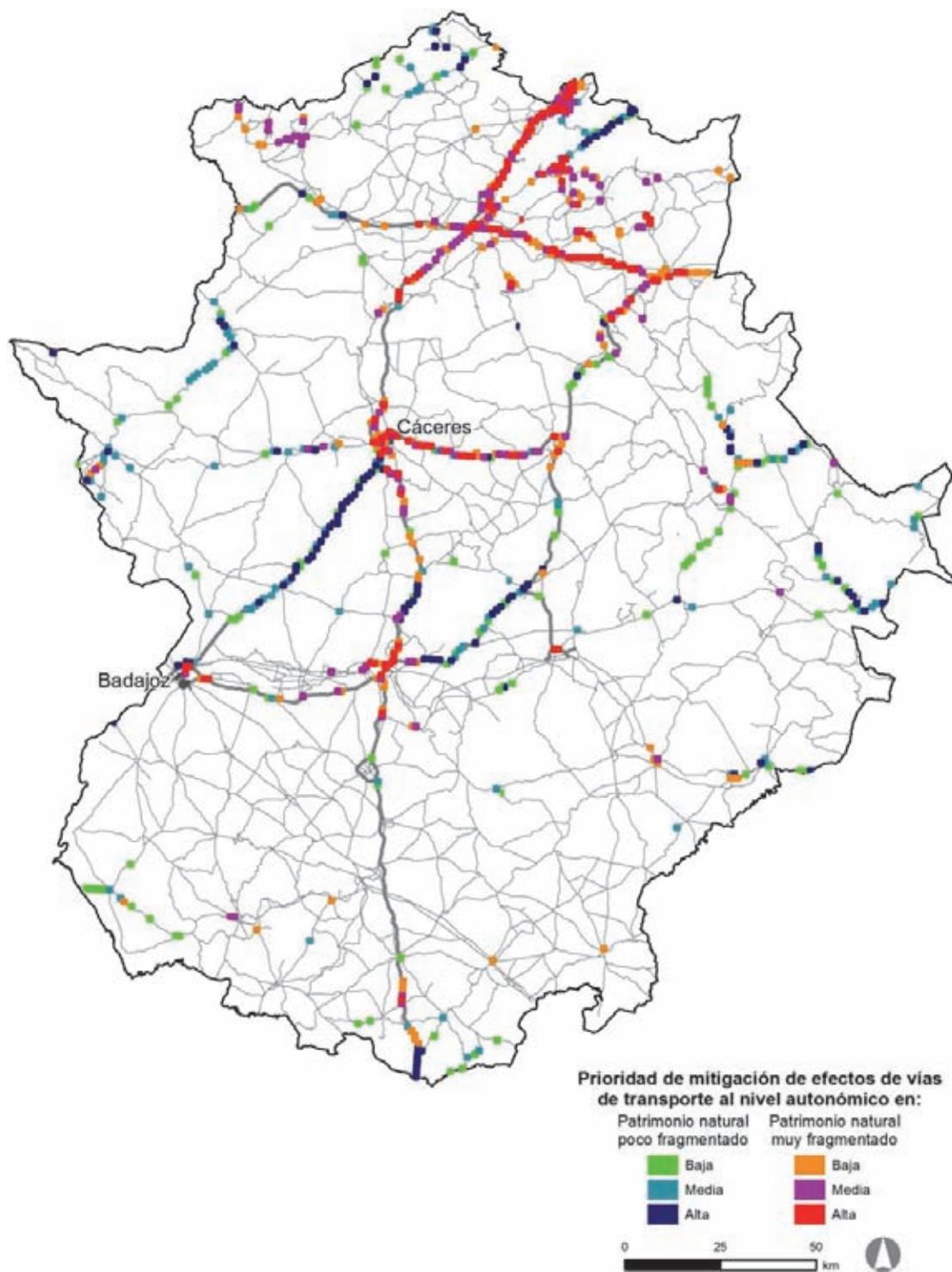


Figura 6.53. Áreas a desfragmentar. Selección a nivel autonómico. Se ha seleccionado en cada C. A. el 1% del total de cuadrículas UTM de 1 km² con mayor valor en cada uno de los dos índices de patrimonio natural (en total en ésta 1.774). Esta selección refleja por tanto las áreas más importantes en Extremadura independientemente del resto del Estado. Véase capítulo 4 y anexo I para detalles sobre metodología.

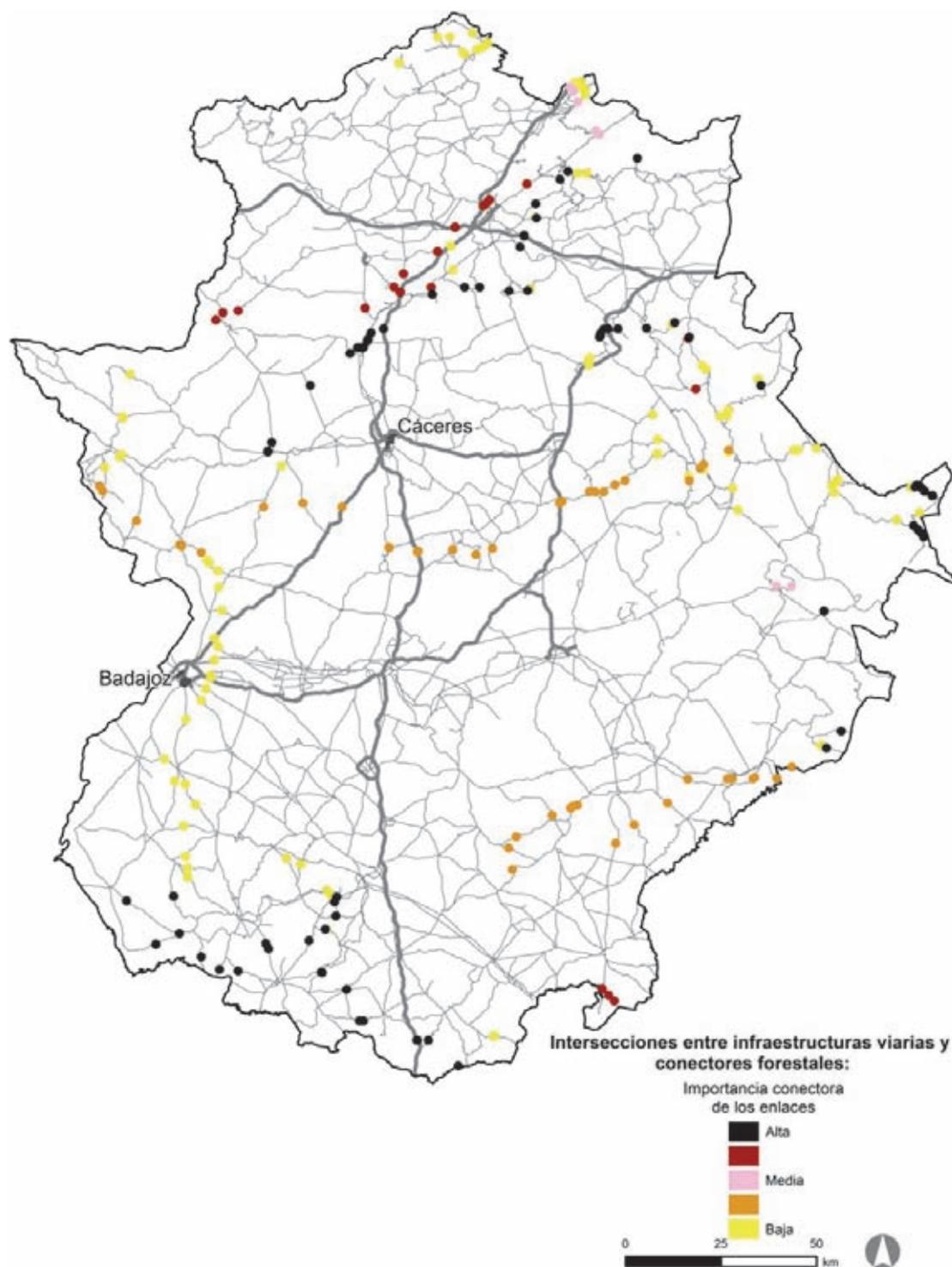


Figura 6.54. Áreas con intersecciones entre infraestructuras viarias y conectores forestales. Se indican los puntos de cruce entre vías de transporte y conectores forestales (enlaces entre nodos forestales identificados mediante la herramienta para el análisis de la conectividad ecológica CONEFOR, Saura y Torné 2009). Al no haberse considerado datos de Portugal, puede estar subestimándose la presencia de conectores forestales transfronterizos. Las intersecciones se han clasificado en cinco categorías de importancia, tres de ellas denominadas de importancia alta, media y baja, y las otras dos correspondientes a valores de importancia intermedios entre aquéllas. Véase capítulo 5 y anexo I.5 para detalles sobre metodología.



Figura 6.55. Densidad de accidentes con fauna silvestre. Se indican las cuadrículas UTM de 1 km² donde se ha registrado este tipo de siniestralidad (519 cuadrículas en total en Extremadura), clasificadas por el número de accidentes en cada cuadrícula. Los registros corresponden a los de la base de datos ARENA (DG de Tráfico); se han georreferenciado alrededor del 50% del total de registros, localizados mayoritariamente en carreteras de doble calzada, autovías y autopistas. Véase capítulo 5 y anexo I para detalles sobre metodología.

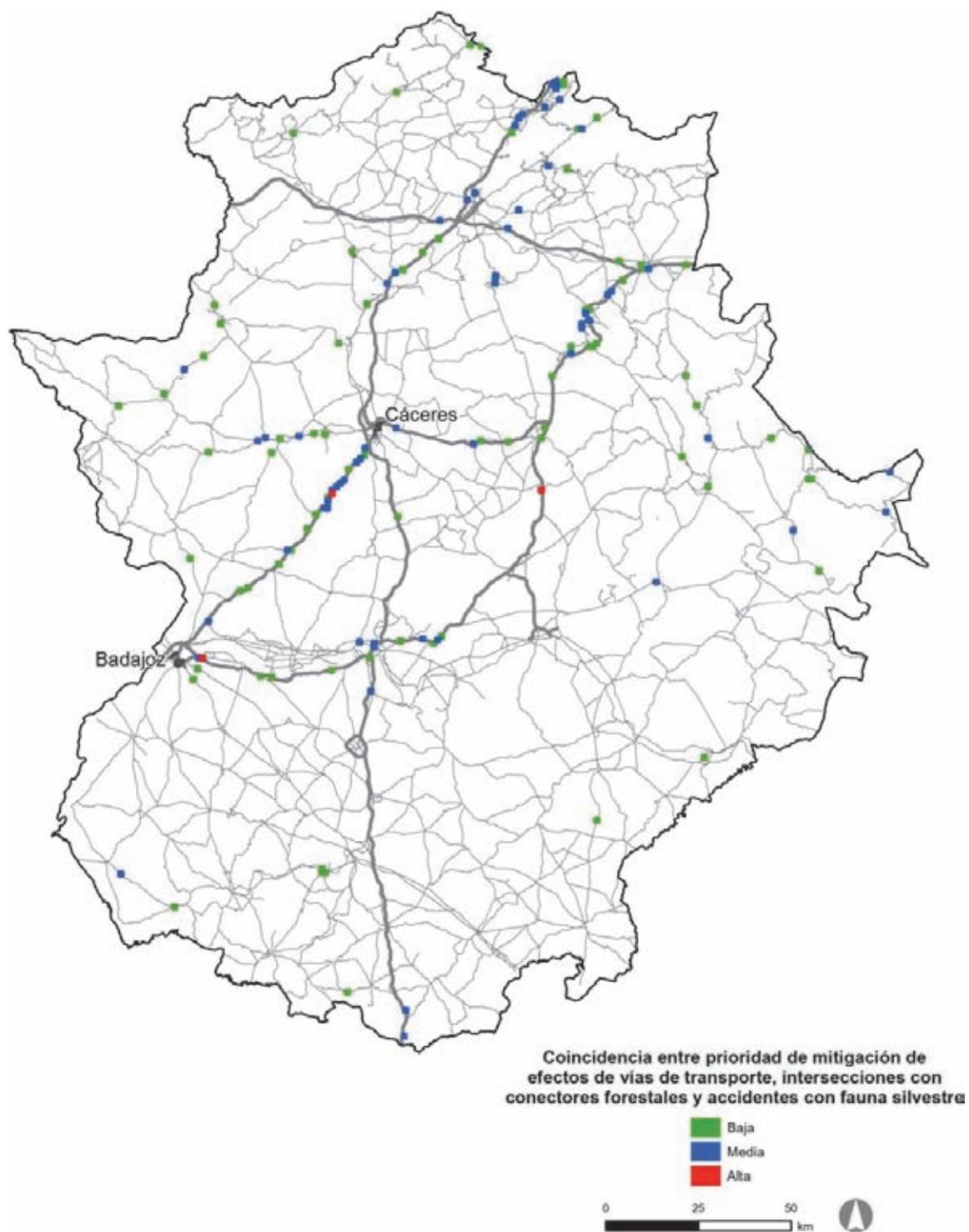


Figura 6.56. Áreas en las que coinciden distintos criterios. Se indican las cuadrículas UTM de 1 km² donde coinciden áreas a desfragmentar a nivel autonómico (Figura 6.53), intersecciones entre infraestructuras viarias y conectores forestales (Figura 6.54) y accidentes con fauna silvestre (Figura 6.55). Se han clasificado en tres categorías que reflejan número de coincidencias (2 o 3 criterios) y prioridad de cada uno de los índices. Dados los sesgos del modelo de conectividad forestal y de la densidad de accidentes con fauna silvestre descritos en las Figuras 6.54 y 6.55, se puede estar subestimando la presencia de cuadrículas con coincidencias en las áreas más próximas a la frontera con Portugal y en carreteras convencionales, de calzada única. Véase capítulo 5 y anexo I para detalles sobre metodología utilizada.

Diagnóstico general

Vulnerabilidad biológica a las infraestructuras lineales de transporte, tamaño efectivo de malla y densidad de red de infraestructuras lineales de transporte

- El valor medio del índice de vulnerabilidad biológica a las infraestructuras lineales de transporte en Galicia es uno de los más bajos de todo el Estado, superando tan solo a la Región de Murcia (véase Tabla II.1 en anexo II), de nuevo sugiriendo a nivel regional la relación negativa entre este índice y el grado de fragmentación de hábitats, que alcanza valores máximos en esta C. A. El índice de vulnerabilidad biológica a las infraestructuras lineales de transporte presenta valores medios y bajos en prácticamente toda Galicia (véase Figura 3.2 en el apartado 3.2). Las únicas zonas con valores medios-altos se encuentran en los montes del norte de Lugo, Reserva de la Biosfera de Terras do Miño, entorno de la ría de Foz, Ancares, sierras del sureste de la provincia de Lugo, Serra do Eixe, Macizo Galaico Central-Valle del Sil, y Baixa Limia, con zonas más dispersas y de pequeño tamaño en la Costa da Morte y Noroeste de la provincia de A Coruña.

- Galicia es la C. A. con mayor grado de fragmentación del Estado, con un tamaño efectivo de malla medio que es tan solo un cuarto del valor medio estatal (véase Tabla II.1 en anexo II). El tamaño efectivo de malla se encuentra en valores mínimos de forma uniforme en la mayor parte de la C. A. (véase Figura 3.8 en el apartado 3.3), con las únicas excepciones de las áreas con valores altos del Macizo Galaico Central (de Cabeza de Manzaneda a Montes de Invernadeiro) y Serra do Eixe (área que continúa en los Montes de León), y los Montes de Buio-Serra do Xistral, con valores medios.

- También es la C. A. con mayor densidad de red de infraestructuras lineales de transporte (véase Tabla II.1 en anexo II). En realidad, este valor de densidad es aún mayor, ya que la cartografía de carreteras utilizada no incluye las carreteras locales y caminos rurales o pistas forestales asfaltadas, muy comunes en el paisaje rural con urbanización dispersa típico de muchas comarcas gallegas. Los valores altos en el índice de densidad de red de infraestructuras lineales de transporte también se distribuyen de forma uniforme por toda la C. A., aunque hay valores algo inferiores en el entorno de Cabeza de Manzaneda, Baixa

Limia, sierras del este de Pontevedra, Ancares y sierras del norte de Lugo (véase Figura 3.10 en el apartado 3.4).

Prioridad de mitigación de efectos de vías de transporte: áreas a desfragmentar

Galicia tiene el menor promedio de todo el estado en el índice de patrimonio natural poco fragmentado, pero es la C. A. con el cuarto valor medio más alto en el índice de patrimonio natural muy fragmentado (véase Tabla II.2 en anexo II). En consecuencia, hay muy pocas cuadrículas del primer índice en la selección estatal (Figuras 6.57 y 6.58). Aunque el valor medio del índice de patrimonio natural muy fragmentado es alto, el número de cuadrículas de la selección estatal es menor que la autonómica, lo que indica que tampoco abundan los valores máximos en este índice en Galicia. Se ha considerado la selección autonómica de cuadrículas prioritarias para la descripción de áreas a desfragmentar.

a) Áreas a desfragmentar situadas en zonas con índice de patrimonio natural poco fragmentado

Las cuadrículas del índice de patrimonio natural poco fragmentado (véase Figura 6.58) se concentran en la mitad oriental de la provincia de Ourense (N-120/ferrocarril entre Quiroga y el límite con León; A-52/N-525 y ferrocarril entre Verín y el límite con Zamora; y OU-122, OU-356, OU-533, OU-633, otras carreteras y ferrocarril en Valdeorras y el entorno de la Serra do Eixe y Macizo Galaico central; zona de la provincia de Lugo fronteriza con León (A-6/N-VI en el Puerto de Piedrafitas y carreteras convencionales en Os Ancares y montes del sureste de la provincia); norte de la provincia de Lugo (A-8/N-634 entre el cruce con la A-6 y Mondoñedo, y A-6/N-VI entre este cruce y Montesalgueiro); A-52 entre Vigo y Ribadavia; y carreteras convencionales en el noreste de la provincia de A Coruña (Serra da Faladoira).

b) Áreas a desfragmentar situadas en zonas con índice de patrimonio natural muy fragmentado

En cuanto al índice de patrimonio natural muy fragmentado (véase Figura 6.58), la mayor concentración de cuadrículas se encuentra en el complejo nudo viario en Betanzos y A Coruña (A-6/N-VI, AP-9, AG-55, N-651 y ferrocarril). Otras concentraciones de cuadrículas se encuentran en las auto-

vías del entorno de Santiago de Compostela (A-54, AP-9, AP-53 y AG-56); A-54 en el sureste de la ciudad de Lugo; eje A-6/N-VI/ferrocarril entre Baralla y Rábade y en As Nogais; A-8, N-634, N-642 y tramos de ferrocarril entre Mondoñedo y Ribadeo; N-642 en la Ría de Ribadeo; carreteras costeras y ferrocarril entre Burela y Ortigueira; AG-64 entre As Pontes y Ferrol; LAV entre Santiago de Compostela y la Ría de Arousa; AP-9 entre el cruce con la AG-41 y la ciudad de Pontevedra; AG-57 entre Vigo y Baiona; AG-53 y LAV en Maside y Carballiño; y A-52/N-525 entre Allariz y Xinzo de Limia.

Otros índices complementarios para la identificación final

I. Conectividad forestal

El promedio en Galicia del índice de intersección entre infraestructuras viarias y conectores forestales es superior a la media estatal (véase Tabla II.2 en anexo II), siendo el cuarto más alto de todas las CC. AA. Conviene recordar que en la elaboración del modelo de conectividad forestal solo se han considerado como áreas forestales fuente las manchas de bosque autóctono y repoblaciones antiguas naturalizadas que ocupen de forma continua más de 4.000 ha, pero no las repoblaciones forestales con eucaliptos, tan comunes en Galicia, que han sido consideradas áreas con baja resistencia a la dispersión de especies forestales. De esta forma, hay varios nodos forestales muy dispersos por la mayor parte de la geografía gallega que tienen, en general, un valor bajo de resistencia a la dispersión de especies forestales (véanse Figuras I.5 e I.6 en anexo I). En consecuencia, hay una compleja red de conectores forestales en esta C. A.

En la Figura 6.59 se representan todas las intersecciones entre los conectores forestales (véanse Figuras I.7-1.10 en anexo I) y vías de transporte en Galicia. Todas las intersecciones entre conectores forestales de importancia alta y vías de transporte de nuevo se encuentran en la periferia de la provincia de Ourense y el sureste de la provincia de Lugo cerca del límite con León. En la provincia de Ourense los conectores de importancia alta conectan masas forestales aisladas en la periferia de la provincia, rodeando de forma casi completa el Macizo Galaico Central. Entre estas intersecciones se encuentran varias con las principales autovías (A-6, A-52, A-54) y la LAV Ourense-Santiago de Compostela.

En el resto de la C. A. hay múltiples intersecciones con conectores de importancia baja, entre las

que se cuentan también varias con las principales autovías y LAV.

II. Densidad de accidentes con fauna silvestre

El promedio de la densidad de accidentes con fauna silvestre en Galicia es el cuarto más alto de todas las CC. AA, superado tan solo por el Principado de Asturias, Comunidad Foral de Navarra y La Rioja (véase Tabla II.2 en anexo II). La densidad de accidentes parece ser particularmente alta en el centro y norte de la provincia de Lugo y la mitad norte de la provincia de Ourense (véase Figura 6.60). Se encuentran tramos con concentración de cuadrículas con alta densidad de accidentes en las carreteras del entorno de Monforte de Lemos (en especial la N-120), Ourense (en especial N-525 y N-540), N-640 entre Lugo y Meira, N-VI entre Rábade y Guitiriz, LU-111 entre Rábade y O Tumbo, N-634 entre Villaba y Abadín, carreteras en el entorno de Ferreira, la carretera costera entre Burela y Ortigueira, y carreteras en las rías de Betanzos y Ferrol. La densidad de accidentes se reduce notablemente en el noroeste de la provincia de A Coruña.

III. Áreas en las que coinciden distintos criterios

En la Figura 6.61 se representan todas las cuadrículas en que se ha encontrado coincidencia de criterios. Destacan las siguientes concentraciones de cuadrículas con coincidencias: N-120/ferrocarril entre Ourense y O Barco de Valdeorras, en especial el tramo más cercano a esta última localidad, incluye tres cuadrículas con máxima prioridad (coincidencia de los tres criterios con prioridad media-alta) en Os Peares, Ribas de Sil y Quiroga; A-52/N-525 y tramos de ferrocarril entre Ourense y el límite con Zamora, en especial el tramo desde Verín, incluye una cuadrícula con máxima prioridad en Barbadás; A-52/N-120 y tramos de ferrocarril entre Ourense y Pontevedra; A-6/N-VI entre el Puerto de Piedrafita y Becerreá, con una cuadrícula de máxima prioridad en As Nogais; A-6/N-VI y ferrocarril entre Lugo y A Coruña, con una cuadrícula de máxima prioridad en Guitiriz; A-8/N-634 entre Villaba y Barreiros; N-642 en la Ría de Ribadeo; y carreteras en Os Ancares y O Courel.

Cuadrículas aisladas o en agrupaciones de menor entidad se encuentran en la AG-55/AC-552 entre A Coruña y Carballo; AP-9/N-651 entre Betanzos y Ferrol; AG-64 en A Pedreira; AC-862 entre Orti-

gueira y O Vicedo; LU-862 entre Viveiro y Xove; A-54/N-540 entre Lugo y Guntín; AP-53/N-525 y ferrocarril entre Santiago de Compostela y Oca; AC-543 en Rois; AP-9 en Caldas de Reis; N-640 en Agolada; N-536 en Puente de Domingo Flórez; y otras carreteras en la Serra de Faladoira, montes de Viveiro, Friol, A Fonsagrada, Forcarei, Montes de Testeiro, A Bola, Parque Natural da Serra da Encina da Lastra y Serra Calva.

Directrices generales sobre acciones a desarrollar

Tanto los índices de patrimonio natural poco y muy fragmentado, como los criterios complementarios de conectividad forestal y accidentes con fauna silvestre señalan a la provincia de Ourense y

el sureste de la provincia de Lugo como áreas prioritarias donde aplicar medidas de desfragmentación. Sin embargo, buena parte de las vías de transporte identificadas en estas áreas es posible que no necesiten acciones de permeabilización por ser vías de montaña con abundancia de pasos inferiores o superiores a las vías (por ejemplo la A-6 entre el Puerto de Piedrafita y Becerreá).

Como ocurre en otras CC. AA. es posible que el índice de patrimonio natural muy fragmentado este identificando cuadrículas prioritarias en áreas donde el nivel de urbanización actual, o su previsión de desarrollo en un futuro próximo, no aconsejen la aplicación de medidas de desfragmentación por tratarse de medios ya demasiado humanizados (por ejemplo, las autopistas y autovías en las cercanías de A Coruña y Betanzos).

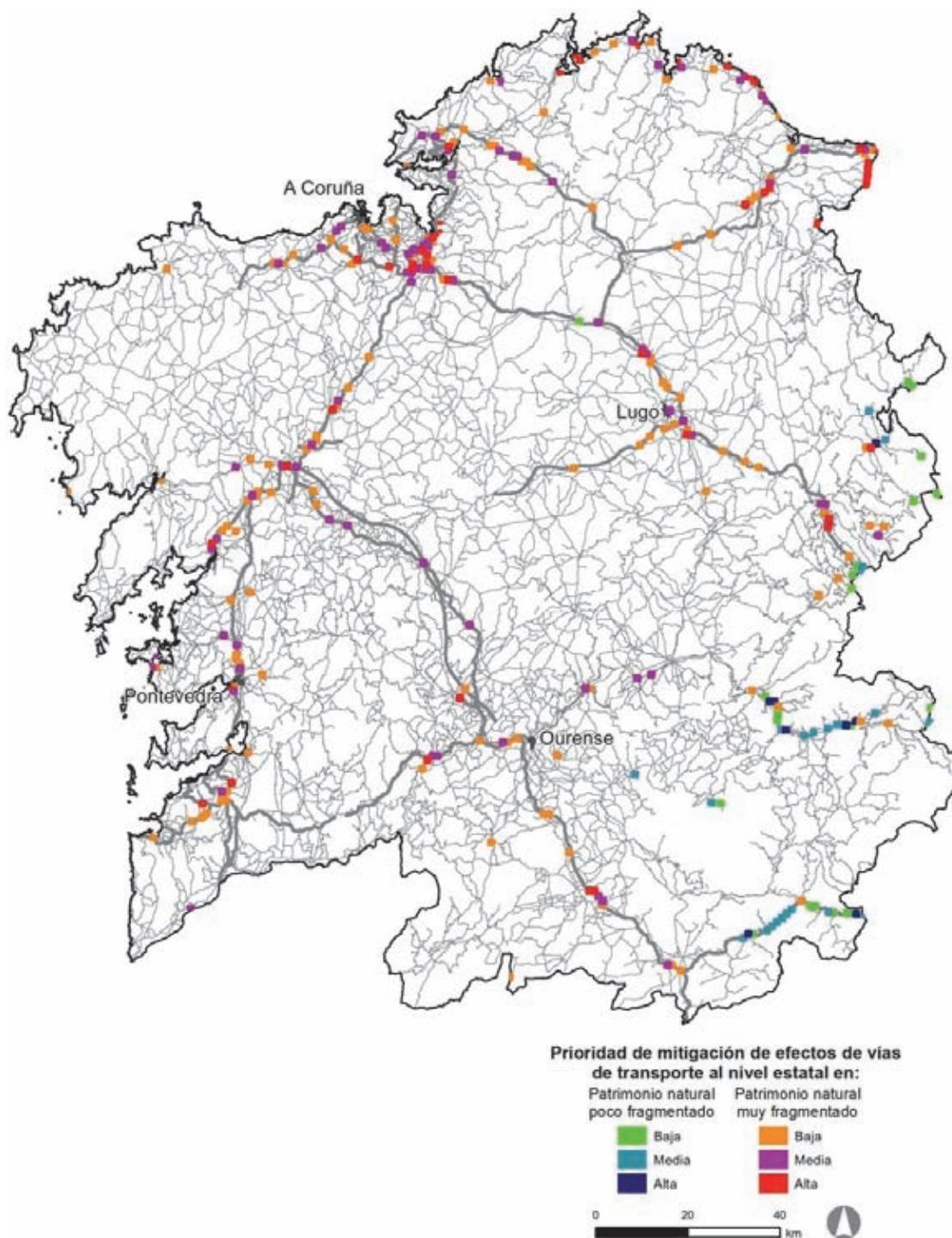


Figura 6.57. Áreas a desfragmentar. Selección a nivel estatal. Cuadrículas UTM de 1 km² correspondientes a Galicia de la selección realizada para todo el Estado a partir del modelo de áreas prioritarias para aplicar medidas de desfragmentación: 5.000 cuadrículas con mayor valor de cada uno de los dos índices seleccionadas en todo el Estado. Véase capítulo 4 y anexo I para detalles sobre metodología.

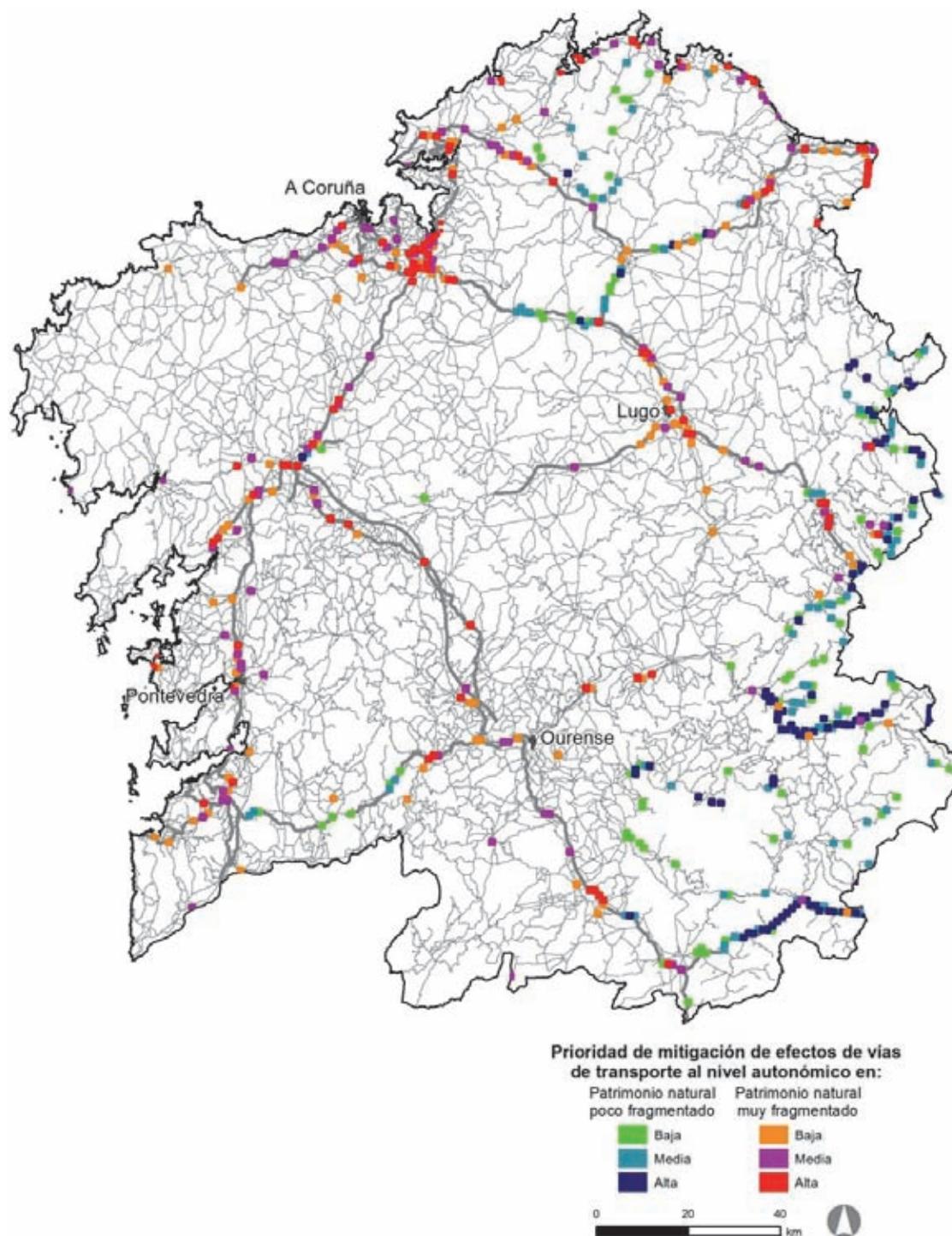


Figura 6.58. Áreas a desfragmentar. Selección a nivel autonómico. Se ha seleccionado en cada C. A. el 1% del total de cuadrículas UTM de 1 km² con mayor valor en cada uno de los dos índices de patrimonio natural (en total en ésta 600). Esta selección refleja por tanto las áreas más importantes en Galicia independientemente del resto del Estado. Véase capítulo 4 y anexo I para detalles sobre metodología.

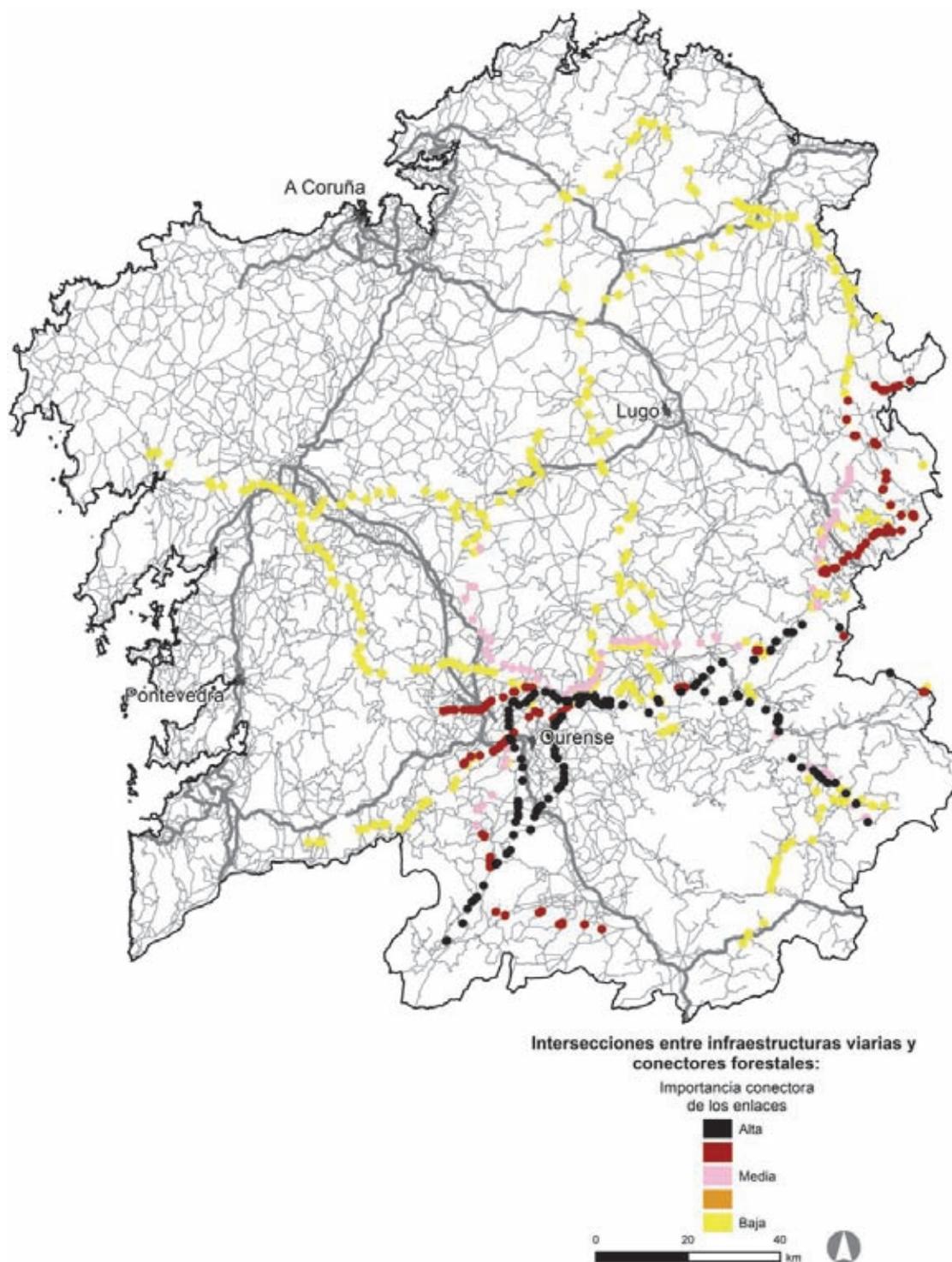


Figura 6.59. Áreas con intersecciones entre infraestructuras viarias y conectores forestales. Se indican los puntos de cruce entre vías de transporte y conectores forestales (enlaces entre nodos forestales identificados mediante la herramienta para el análisis de la conectividad ecológica CONEFOR, Saura y Torné 2009). Al no haberse considerado datos de Portugal, puede estar subestimándose la presencia de conectores forestales transfronterizos. Las intersecciones se han clasificado en cinco categorías de importancia, tres de ellas denominadas de importancia alta, media y baja, y las otras dos correspondientes a valores de importancia intermedios entre aquéllas. Véase capítulo 5 y anexo I.5 para detalles sobre metodología.

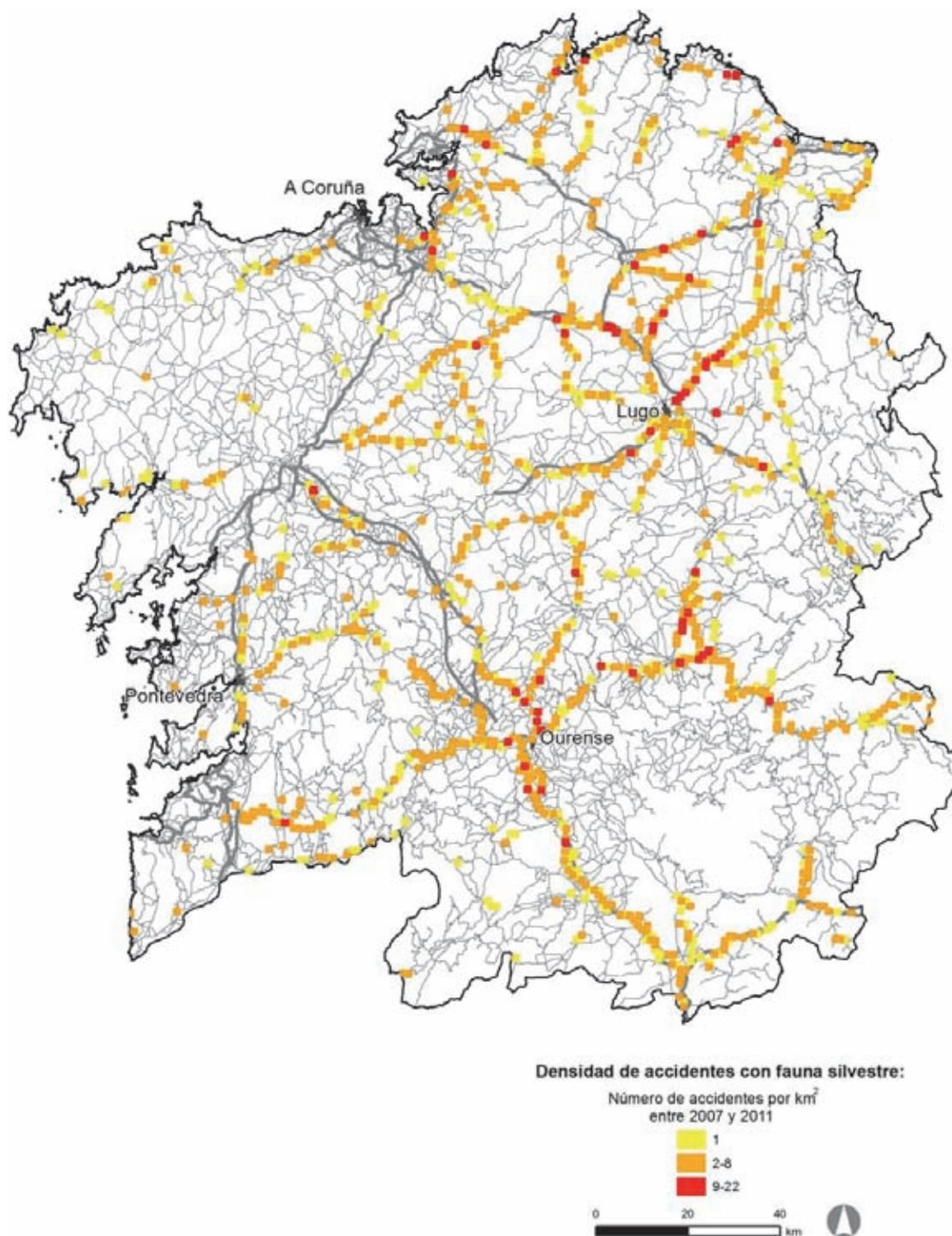


Figura 6.60. Densidad de accidentes con fauna silvestre. Se indican las cuadrículas UTM de 1 km² donde se ha registrado este tipo de siniestralidad (1.206 cuadrículas en total en Galicia), clasificadas por el número de accidentes en cada cuadrícula. Los registros corresponden a los de la base de datos ARENA (DG de Tráfico); se han georreferenciado alrededor del 50% del total de registros, localizados mayoritariamente en carreteras de doble calzada, autopistas y autopistas. Véase capítulo 5 y anexo I para detalles sobre metodología.

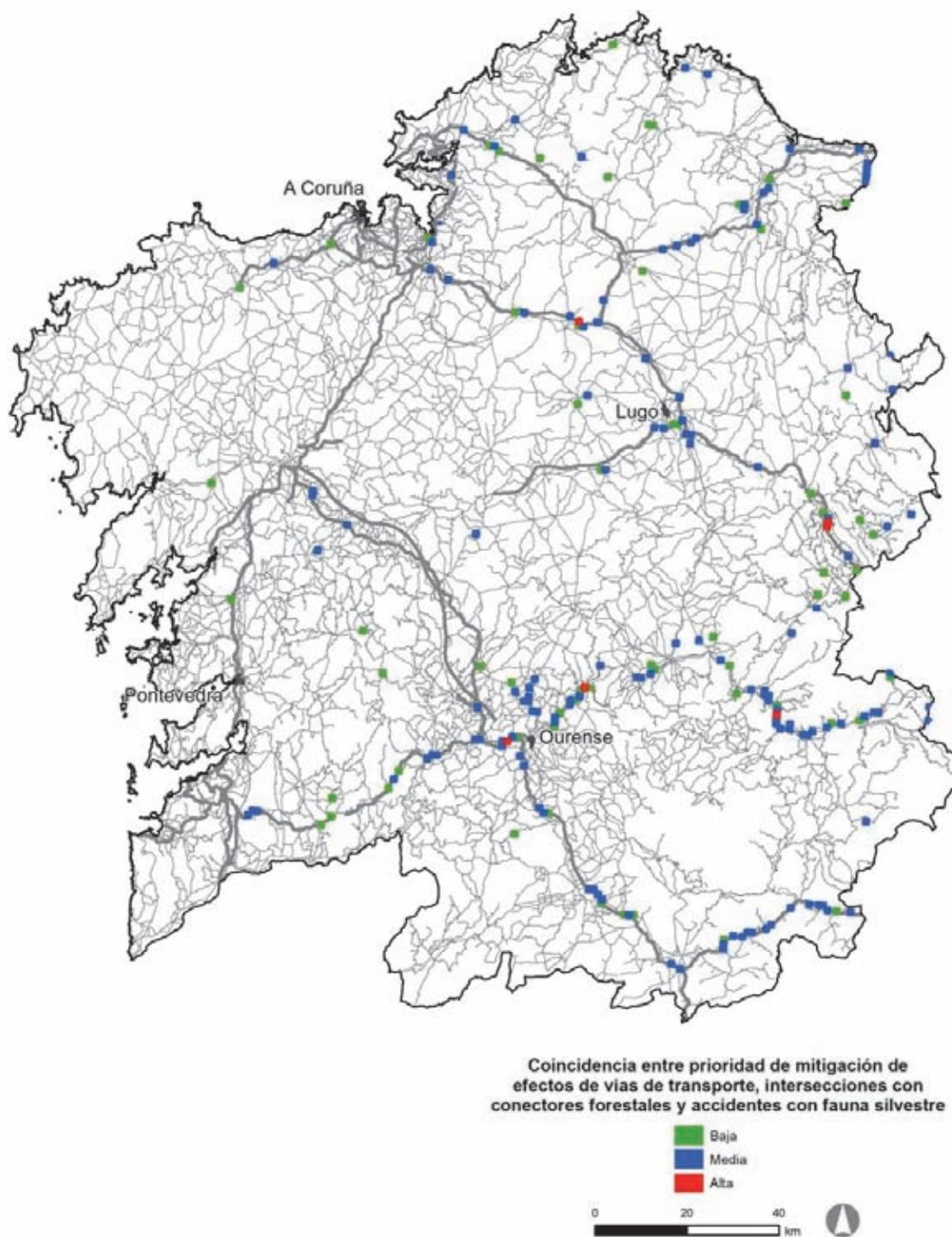


Figura 6.61. Áreas en las que coinciden distintos criterios. Se indican las cuadrículas UTM de 1 km² donde coinciden áreas a desfragmentar a nivel autonómico (Figura 6.58), intersecciones entre infraestructuras viarias y conectores forestales (Figura 6.59) y accidentes con fauna silvestre (Figura 6.60). Se han clasificado en tres categorías que reflejan número de coincidencias (2 o 3 criterios) y prioridad de cada uno de los índices. Dados los sesgos del modelo de conectividad forestal y de la densidad de accidentes con fauna silvestre descritos en las Figuras 6.59 y 6.60, se puede estar subestimando la presencia de cuadrículas con coincidencias en las áreas más próximas a la frontera con Portugal y en carreteras convencionales, de calzada única. Véase capítulo 5 y anexo I para detalles sobre metodología.

Diagnóstico general

Vulnerabilidad biológica a las infraestructuras lineales de transporte, tamaño efectivo de malla y densidad de red de infraestructuras lineales de transporte

- El valor medio en el índice de vulnerabilidad a las infraestructuras lineales de transporte para las Islas Baleares es inferior al promedio estatal, uno de los más bajos de todas las CC. AA. (véase Tabla II.1 en anexo II). Destacan por sus valores altos en este índice, en el rango de los máximos, el entorno del Parque Natural de S'Albufera en la bahía de Alcudia y la mitad occidental de Menorca (véase Figura 3.2 en el apartado 3.2 del texto). También se encuentran pequeñas áreas con valores altos, entremezcladas con otras de valores medios o bajos, en la Sierra de Tramuntana, Península de Llevant y sierras y costa orientales de la isla de Mallorca. El resto de la superficie de las islas de Mallorca y Menorca tiene valores medios o medio-bajos en este índice, excepto el entorno de Palma de Mallorca, con valores bajos. La isla de Ibiza tiene valores bajos y medio-bajos entremezclados.

- Las Islas Baleares tienen un tamaño efectivo de malla medio ligeramente inferior al promedio estatal (véase Tabla II.1 en anexo II). En la isla de Mallorca se encuentran las únicas áreas en estas islas con tamaño efectivo de malla en el rango de los valores máximos en las zonas más abruptas del macizo central de la Sierra de Tramuntana, Península de Llevant (Artà), Cabo de Llebeix, y costa del sureste de la isla, incluyendo toda la punta del Cabo de ses Salines y el Parque Natural des Trenc (véase Figura 3.8 en el apartado 3.3). Zonas más amplias con tamaño efectivo de malla medio se encuentran en el tercio norte y la franja costera del sur de la isla de Ibiza y en la mayor parte de la costa de la Isla de Menorca. El resto de la superficie de las islas tiene un tamaño efectivo de malla medio-bajo o bajo, destacando todo el centro de la isla de Mallorca con valores mínimos.

- La media de densidad de red de infraestructuras lineales de transporte en Islas Baleares es algo superior al promedio estatal (véase Tabla II.1 en anexo II). Esta densidad es particularmente alta en el entorno de Palma de Mallorca (entre las mayores del Estado), en el centro de esta isla, en el eje este-oeste de la isla de Menorca y, localmente, en todas las costas (véase Figura 3.10 en el apartado 3.4). Pero se encuentran densidades

moderadas o bajas en la mayor parte del interior de la isla de Ibiza, costas de Menorca, y en las costas y áreas más abruptas de Mallorca.

Prioridad de mitigación de efectos de vías de transporte: áreas a desfragmentar

Las Islas Baleares tienen un promedio en el índice de patrimonio natural poco fragmentado equivalente a la media estatal, y la media del índice de patrimonio natural muy fragmentado es ligeramente inferior al promedio estatal (véase Tabla II.2 en anexo II). El número de cuadrículas de la selección autonómica es superior al de la selección estatal en ambos índices, en particular en el de patrimonio natural muy fragmentado (Figuras 6.63 y 6.63). Por tanto, se ha basado la descripción de áreas a desfragmentar en la selección autonómica.

a) Áreas a desfragmentar situadas en zonas con índice de patrimonio natural poco fragmentado

Todas las cuadrículas prioritarias según el índice de patrimonio natural poco fragmentado (véase Figura 6.63) se encuentran en Mallorca, en especial en la Sierra de Tramuntana (Ma-11 entre el cruce hacia Bunyola y Port de Soller; Ma-10 en Banyaldufar, Valldemossa, entre Fornalutx y Son Torrella, en las cercanías del Puig Major, en el cruce con la Ma-2130 y entre Lluc y Pollença; y Ma-2141 desde el cruce con la Ma-10 hasta sa Calobra).

Otras cuadrículas prioritarias según este índice se encuentran en el Cabo Formentor (Ma-2200 y carretera del faro); S'Albufereta (Ma-2200 y Ma-2202); Ma-12 cerca de Alcudia, en S'Albufera, en los cruces con las carreteras Ma-3400, Ma-3330 y Ma-3322 y cerca de Artà; Parque Natural de la Península de Llevant (carretera hacia el pico Morey); tramo de autovía y Ma-4040 entre Capdepera y Son Servera; cruce de la Ma-4010 con la Ma-4014 y Ma-4012 en Portocolom; Ma-19 en el entorno del Parque Natural de Mondragó; cruce de carreteras en Campos (Ma-19, Ma-5040, Ma-5120, Ma-6030 y otras carreteras); autovía Ma-19 en Can Pastilla; y carretera de Sa Dragonera.

b) Áreas a desfragmentar situadas en zonas con índice de patrimonio natural muy fragmentado

Las cuadrículas prioritarias según el índice de patrimonio natural muy fragmentado (véase Figura

6.63) se concentran en los corredores de transporte de las principales autovías de Mallorca (Ma-15 entra Algaida y Manacor y Ma-13/Ma-13a/ferrocarril entre Binissalem e Inca y en Crestatx).

Otras cuadrículas prioritarias se encuentran en Muro (M-3500 y ferrocarril); cruce de la Ma-13 y Ma-3470 cerca de Alcudia; Santa Margalida (Ma-3410); cruce de carreteras en Sineu (Ma-3240, Ma-3011 y otras carreteras); Ma-3320 y ferrocarril entre Manacor y Petra; cruce de carreteras en Ariany (Ma-3301 y Ma-3304); Ma-15, carreteras convencionales y ferrocarril entre Manacor y Sant Llorenç des Cardassar; Ma-4021 y ferrocarril en Son Carrió; y Ma-4030, Ma-4040, otras carreteras y ferrocarril en el entorno de Son Servera. En la isla de Menorca, se encuentran cuadrículas prioritarias según este índice en la Me-1 entre Mercadal y Alaior; cruce de carreteras en Ferreries (Me-1, Me-20 y Me-22); Me-18 en Mercadal; y carreteras en el entorno de Maó (Me-1, Me-7, Me-14 y Me-8R).

Otros índices complementarios para la identificación final

I. Conectividad forestal

El promedio en Islas Baleares del índice de intersección entre infraestructuras viarias y conectores forestales es el más alto de todas las CC. AA., muy superior a la media estatal (véase Tabla II.2 en anexo II). Sin embargo, este índice no es comparable con el peninsular, puesto que se desarrolló una metodología específica para las CC. AA. insulares, en las que se consideró como áreas forestales fuente teselas de tamaño muy inferior a los territorios en la Península Ibérica (véase apartado I.4.1 en anexo I). Con todo, este índice sí es comparable al de las Islas Canarias, siendo muy superior, lo que debe indicar que realmente la necesidad de conexión forestal es más alta en Baleares.

En la Figura 6.64 se representan todas las intersecciones entre los conectores forestales (véanse Figuras I.7 a I.10 en anexo I) y vías de transporte en Islas Baleares. La mayor concentración de intersecciones con conectores forestales de importancia alta aparece en la Sierra de Tramuntana. Otras intersecciones con conectores forestales de importancia alta aparecen en el norte de la isla de Ibiza, entorno del término municipal de Palma de Mallorca, Cabo Formentor, Sierra de Calicant y costa en la Serra de Llevant en la isla de Mallorca, y en el centro de la isla de Menorca. A destacar las intersecciones con los mayores corredores de

transporte de Mallorca, implicando a autovías (Ma-13/Ma-13a y ferrocarril en Marratxí y entre Inca y Campanet; y Ma-16/Ma-3320/ferrocarril en Manacor).

II. Densidad de accidentes con fauna silvestre

La densidad de accidentes en Islas Baleares es la menor de todas las CC. AA., junto con Murcia, muy inferior a la media estatal (véase Tabla II.2 en anexo II). Los ungulados que causan la mayor parte de los accidentes en la Península (jabalí *Sus scrofa*, corzo *Capreolus capreolus* y ciervo *Cervus elaphus*) no existen en estas islas, lo que puede explicar la baja siniestralidad. Tan solo se han georreferenciado accidentes en la isla de Ibiza (véase Figura 6.65), aunque también hay accidentes en Mallorca y Menorca que no han podido ser georreferenciados. Pero, en total, se han registrado 95 accidentes con animales silvestres en estas islas, tan solo un 0,4% del total de los 25.390 accidentes registrados en toda España, por lo que se puede concluir que realmente es este un problema menor en Baleares, en comparación con lo que ocurre en la Península.

III. Áreas en las que coinciden distintos criterios

En la Figura 6.66 se representan todas las cuadrículas en que se ha encontrado coincidencia de criterios en Islas Baleares (22 en total). Las únicas coincidencias entre cuadrículas con accidentes y cuadrículas que contienen conectores forestales se dan en Ibiza, en la PM-810 en Santa Eulària des Riu y la C-733 cerca del cruce del Riu de Santa Eulària (en el resto de las islas no se han georreferenciado accidentes, y por tanto no se puede dar esta coincidencia de criterios). En Menorca se han identificado tres cuadrículas con coincidencias en Es Mercadal (Me-1, Me-15 y Me-18) y Binixabonet Vell (Me-1). La mayor parte de las cuadrículas con coincidencias se encuentran en la isla de Mallorca, en especial en la Sierra de Tramuntana (Ma-10, Ma-11 y Ma-2141).

Otras cuadrículas se encuentran en Alcudia (Ma-13, Ma-3460 y Ma-3470); Muro (Ma-3500 y ferrocarril); Ariany (Ma-3301 y Ma-3340); Manacor (Ma-3320 y ferrocarril); autovía Ma-15 en Vilafranca de Bonany; Ma-12 en los cruces con las carreteras Ma-3400, Ma-3330 y Ma-3322; Parque Natural de la Península de Llevant (carretera hacia el pico Morey); tramo de autovía en Capdepera; y Ma-4040 entre Capdepera y Son Servera.

Directrices generales sobre acciones a desarrollar

El archipiélago balear se caracteriza por un alto grado de endemismo en especies de anfibios y reptiles, grupos zoológicos particularmente afectados tanto por los atropellos de fauna como por el efecto barrera. Los efectos demográficos a nivel local que puedan inducir los posibles tramos de concentración de atropellos de estas especies o el aislamiento de poblaciones inducidos por las carreteras serían particularmente graves, dado el contexto de limitación geográfica de su distribución. Sería por tanto particularmente prioritario detectar esos posibles tramos para construir pasos de fauna específicos –u otras medidas para reducir la mortalidad– para estos grupos.

Tanto el índice de patrimonio natural poco fragmentado como la coincidencia de criterios señalan a la Sierra de Tramuntana como área prioritaria. Posiblemente no sea necesario desarrollar medidas de permeabilización de las vías en estas carreteras de montaña, que sin embargo sí pueden tener problemas de atropello de fauna, y este listado de áreas prioritarias puede servir de guía donde evaluar la posible presencia de puntos negros de atropello. Lo mismo puede decirse de las cuadrículas prioritarias identificadas en el entor-

no de S'Albufera, que es una de las áreas de estas islas con mayor valor en el índice de vulnerabilidad biológica a las infraestructuras de transporte.

El índice de patrimonio natural poco fragmentado identifica como tramo prioritario a desfragmentar la única carretera presente en Sa Dragonera, por el alto valor de vulnerabilidad biológica y bajo grado de fragmentación de este islote. Sin embargo, dado su carácter protegido y aislamiento, el tráfico de esa carretera debe ser prácticamente nulo, y por tanto no sería necesario ningún tipo de actuación.

El modelo de conectividad forestal también sugiere que hay una necesidad importante de conectar masas forestales aisladas en Baleares, y puede servir como guía de áreas donde optimizar las acciones en este sentido.

El índice de patrimonio natural muy fragmentado ha identificado cuadrículas prioritarias en el entorno inmediato de municipios y en grandes nudos viarios donde posiblemente no sea recomendable actuar por ser áreas ya muy urbanizadas, pero estas cuadrículas están indicando áreas donde la concentración de vías de transporte está causando un grado de fragmentación importante, que puntualmente podría requerir actuaciones de mitigación.

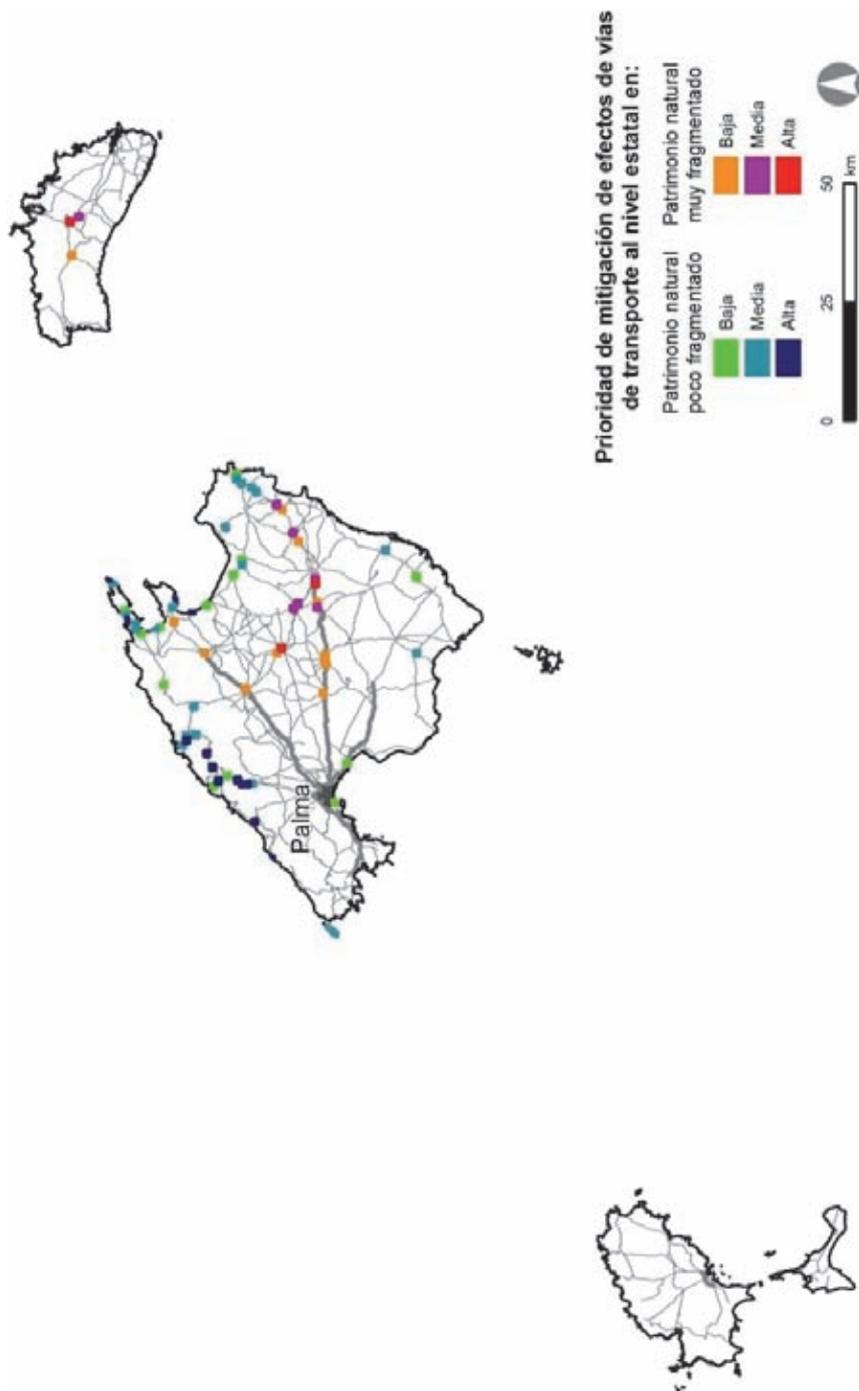


Figura 6.62. Áreas a desfragmentar. Selección a nivel estatal. Cuadrículas UTM de 1 km² correspondientes a las Islas Baleares de la selección realizada para todo el Estado a partir del modelo de áreas prioritarias para aplicar medidas de desfragmentación: 5.000 cuadrículas con mayor valor de cada uno de los dos índices seleccionadas en todo el Estado. Véase capítulo 4 y anexo I para detalles sobre metodología.

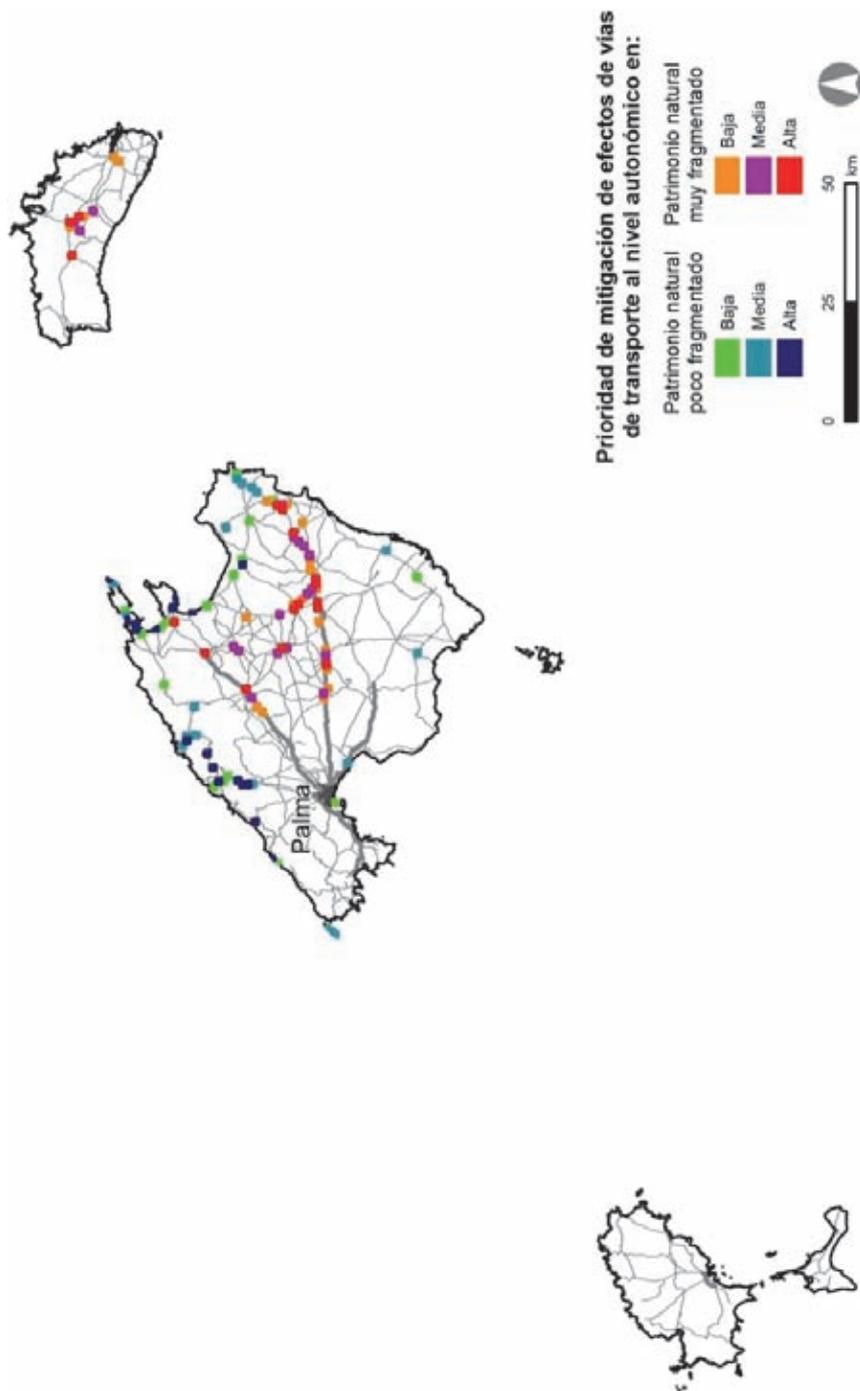


Figura 6.63. Áreas a desfragmentar. Selección a nivel autonómico. Se ha seleccionado en cada C. A. el 1% del total de cuadrículas UTM de 1 km² con mayor valor en cada uno de los dos índices de patrimonio natural (en total en ésta 110). Esta selección refleja por tanto las áreas más importantes en Islas Baleares independientemente del resto del Estado. Véase capítulo 4 y anexo I para detalles sobre metodología.

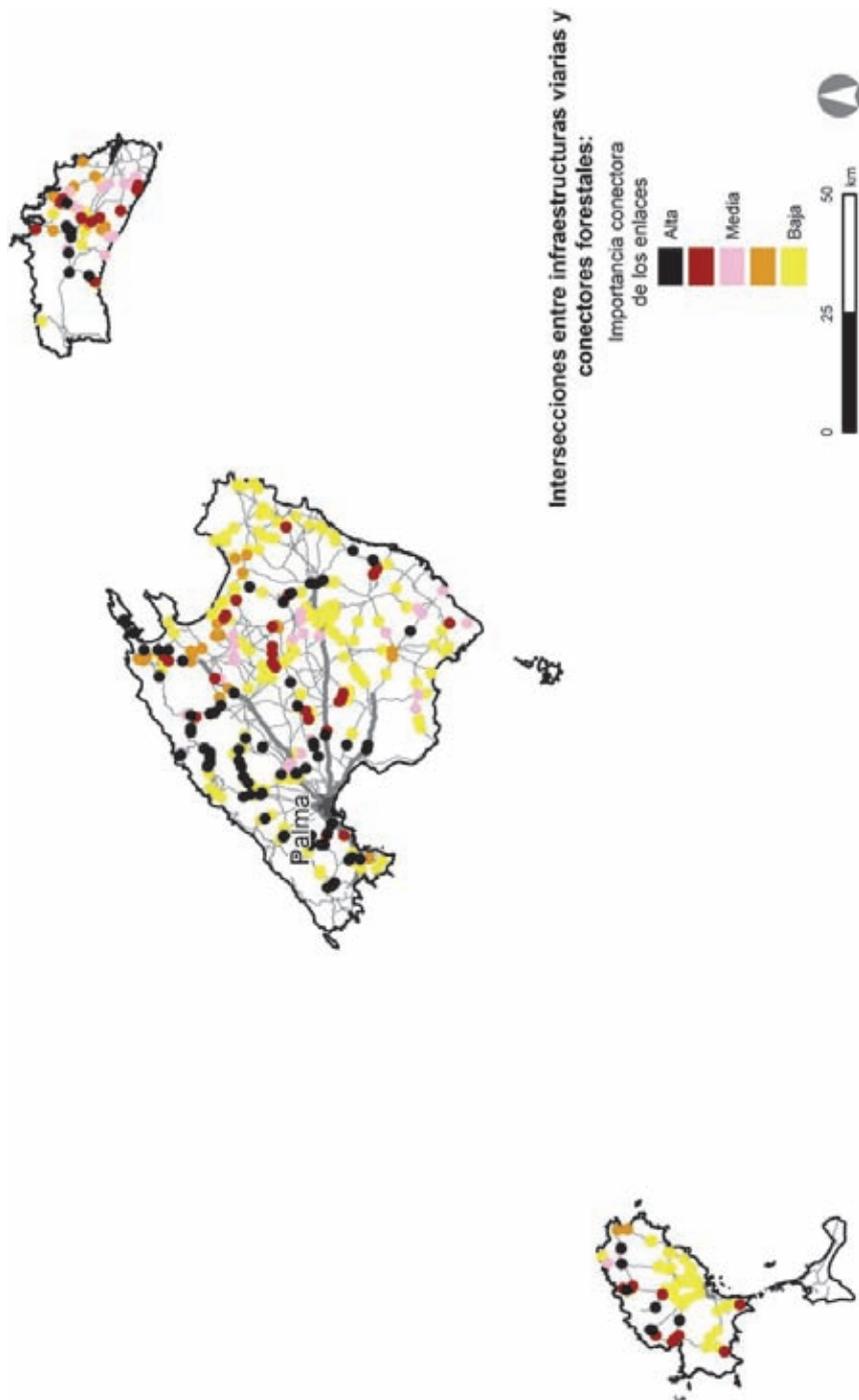


Figura 6.64. Áreas con intersecciones entre infraestructuras viarias y conectores forestales. Se indican los puntos de cruce entre vías de transporte y conectores forestales (enlaces entre nodos forestales identificados mediante la herramienta para el análisis de la conectividad ecológica CONEFOR, Saura y Torné 2009). Las intersecciones se han clasificado en cinco categorías de importancia, tres de ellas denominadas de importancia alta, media y baja, y las otras dos correspondientes a valores de importancia intermedios entre aquéllas. Véase capítulo 5 y anexo I.5 para detalles sobre metodología.

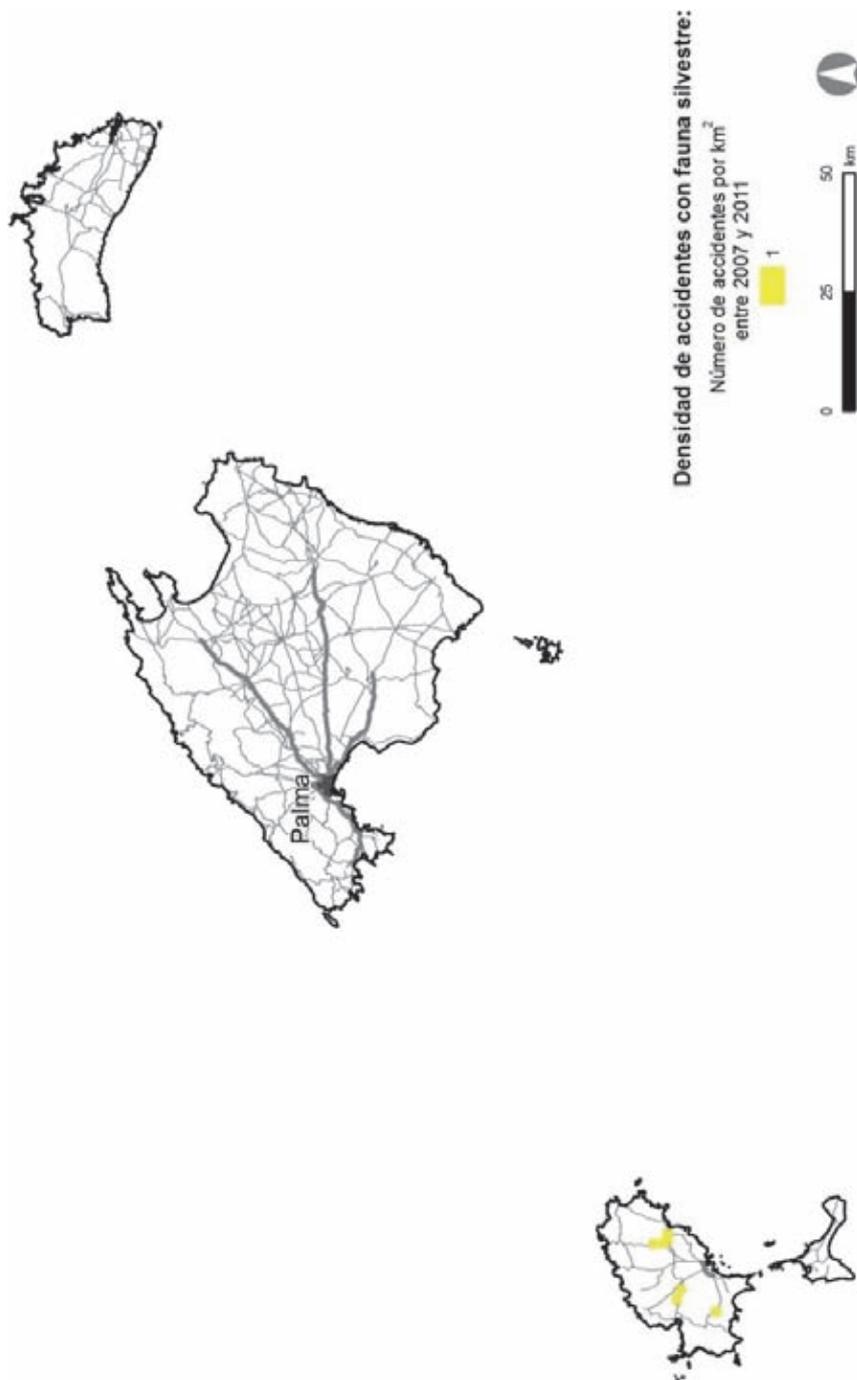


Figura 6.65. Densidad de accidentes con fauna silvestre. Se indican las cuadrículas UTM de 1 km² donde se ha registrado este tipo de siniestralidad (8 cuadrículas en total en las Islas Baleares), clasificadas por el número de accidentes en cada cuadrícula. Los registros corresponden a los de la base de datos ARENA (DG de Tráfico); se han georeferenciado alrededor del 50% del total de registros, localizados mayoritariamente en carreteras de doble calzada, autovías y autopistas. Véase capítulo 5 y anexo I para detalles sobre metodología.

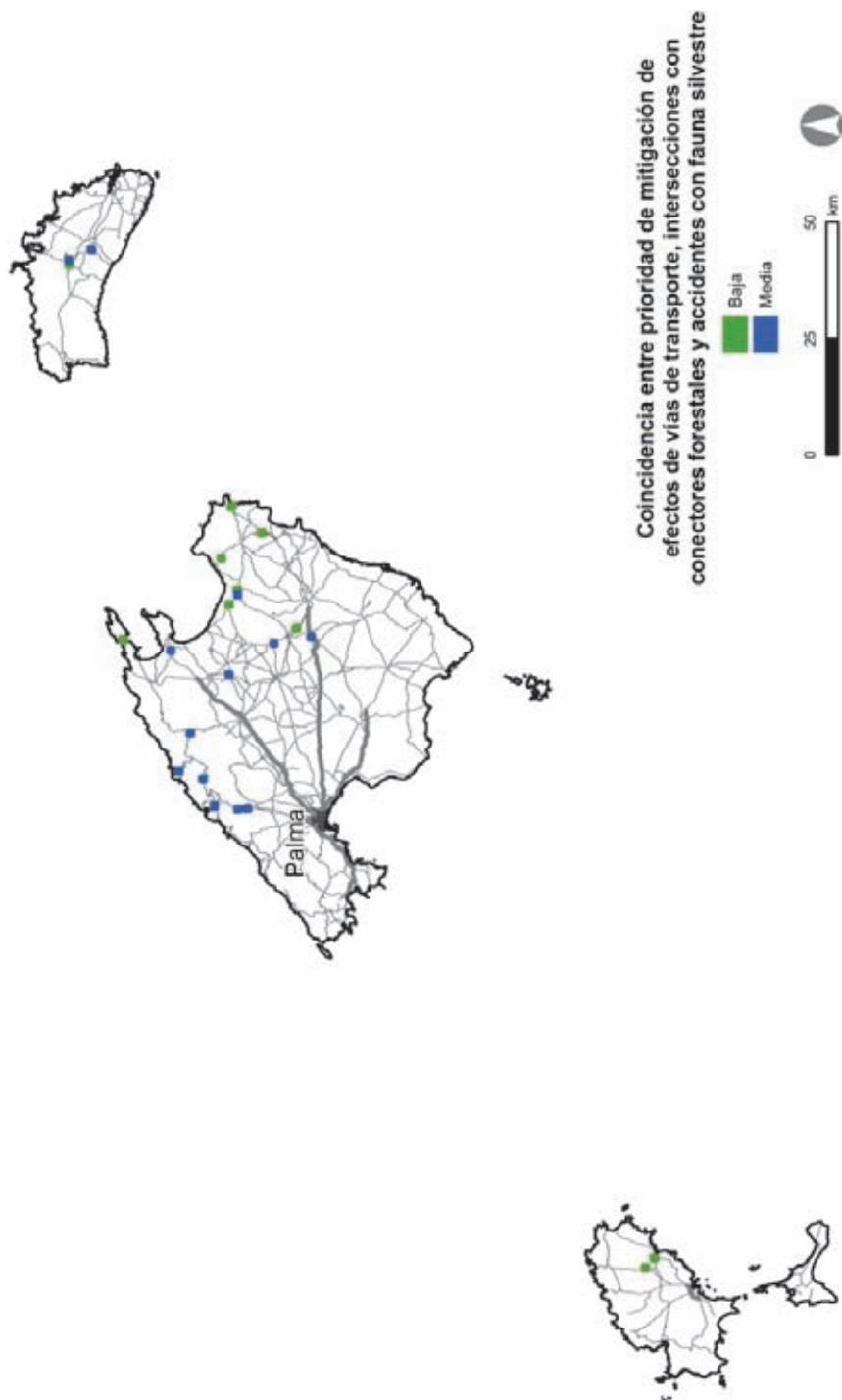


Figura 6.66. Áreas en las que coinciden distintos criterios. Se indican las cuadrículas UTM de 1 km² donde coinciden áreas a desfragmentar a nivel autonómico (Figura 6.63), intersecciones entre infraestructuras viarias y conectores forestales (Figura 6.64) y accidentes con fauna silvestre (Figura 6.65). Se han clasificado en tres categorías que reflejan número de coincidencias (2 o 3 criterios) y prioridad de cada uno de los índices (no existen cuadrículas con prioridad 'Alta' en esta C. A.). Dado el sesgo de la densidad de accidentes con fauna silvestre descritos en la Figura 6.65, se puede estar subestimando la presencia de cuadrículas con coincidencias en carreteras convencionales, de calzada única. Véase capítulo 5 y anexo I para detalles sobre metodología utilizada.

Diagnóstico general

Vulnerabilidad biológica a las infraestructuras lineales de transporte, tamaño efectivo de malla y densidad de red de infraestructuras lineales de transporte

- La Rioja tiene el promedio más alto de todas las CC. AA. en el índice de vulnerabilidad biológica a las infraestructuras lineales de transporte, muy superior a la media estatal (véase Tabla II.1 en anexo II). Alcanza valores máximos en la Sierra de la Demanda, Picos de Urbión, Sierra Cebollera, parte meridional de la Tierra de Cameros, valle alto y sierras del entorno del río Cidacos, y riberas del Ebro y sus afluentes. El resto de la Comunidad tiene valores medios o medio-bajos, con valores mínimos tan solo en el entorno inmediato de Logroño y Alfaro (véase Figura 3.2 en el apartado 3.2 del texto).

- El tamaño efectivo de malla medio en La Rioja es inferior a la media estatal (véase Tabla II.1 en anexo II). En La Rioja no hay áreas con tamaño efectivo de malla en el rango de los valores máximos, pero se encuentran valores altos en la Sierra Cebollera, Sierra de la Demanda y Picos de Urbión (área compartida con Castilla y León). Valores medios o medio-bajos en este índice se encuentran en el resto del área montañosa del sur de la Comunidad, mientras que se alcanzan valores mínimos de forma continua en el Valle del Ebro (véase Figura 3.8 en el apartado 3.3).

- El promedio de densidad de red de infraestructuras lineales de transporte en esta Comunidad es algo superior al estatal (véase Tabla II.1 en anexo II). Esta densidad tiene un patrón similar al tamaño efectivo de malla, con valores altos en el Valle del Ebro y noroeste, en el entorno de los grandes municipios de Nájera y Santo Domingo de la Calzada, pero con valores bajos y amplias áreas sin carreteras en las zonas montañosas del sur (véase Figura 3.10 en el apartado 3.4).

Globalmente, La Rioja sería una de las CC. AA. donde sería más prioritario aplicar medidas de desfragmentación, por su combinación de alta vulnerabilidad biológica a las infraestructuras lineales de transporte, y grado de fragmentación territorial y ocupación por estas infraestructuras relativamente altos.

Prioridad de mitigación de efectos de vías de transporte: áreas a desfragmentar

La Rioja tiene el tercer promedio más alto de todas las CC. AA. en el índice de patrimonio natural

muy fragmentado, mientras que el promedio en el índice de patrimonio natural poco fragmentado es similar al estatal (véase Tabla II.1 en anexo II). El número de cuadrículas prioritarias de la selección autonómica según el índice de patrimonio natural muy fragmentado es inferior al de la selección estatal y ambas selecciones tienen casi exactamente el mismo número de cuadrículas prioritarias en el índice de patrimonio natural poco fragmentado (Figuras 6.67 y 6.68). Por tanto, se ha basado la descripción de áreas a desfragmentar en la selección estatal.

a) Áreas a desfragmentar situadas en zonas con índice de patrimonio natural poco fragmentado

Las cuadrículas prioritarias según el índice de patrimonio natural poco fragmentado (véase Figura 6.67) se concentran en la amplia área montañosa del sur de la Comunidad, coincidiendo con las áreas más amplias con valores altos en el índice de vulnerabilidad biológica a las infraestructuras de transporte. Destacan las concentraciones en la carretera LR-111 en Valgañón; LR-113 entre Hospital del Duque y Villavelayo; N-111 entre Nestares y Torrecilla en Cameros y entre San Andrés y el Puerto de Piqueras; y LR-115 entre Arnedo y el cruce a Munilla.

Cuadrículas más dispersas o aisladas se encuentran en el cruce de la A-12 con la N-120, LR-322 y LR-341 cerca de Ventosa; LR-113 entre Nájera y Anguiano; cruce de carreteras en San Millán de la Cogolla; N-111 en Castañares de las Cuevas y Pajares; LR-250 en Terroba, Jalón de Cameros y Collado de Santo Leza; cruce de la LR-464 y LR-465 cerca de Jalón de Cameros; LR-115 en Las Ruedas de Enciso; LR-356 en el límite con la provincia de Soria; cruce de la LR-123 con la LR-487 y LR-488 en Villarroya; cruces de la LR-284, LR-388, LR-490 y LR-493 en Cervera del Río Alhama; y confluencia de la AP-68 y LR-285 al suroeste de Alfaro.

b) Áreas a desfragmentar situadas en zonas con índice de patrimonio natural muy fragmentado

Las cuadrículas prioritarias según el índice de patrimonio natural muy fragmentado (véase Figura 6.67) se concentran en el corredor de transporte A-12/N-120 entre Nájera y Santo Domingo de la Calzada; en la zona con alta densidad de vías de transporte del extremo noroeste de la C. A., en particular en los nudos viarios de Haro, Casala-

rreina, Tirgo y Ollauri, e implicando a la AP-68, N-126, N-232, LR-201, LR-202, LR-203, LR-312, otras carreteras y la vía de ferrocarril; corredor de transporte AP-68, N-232, cruces con otras carreteras y ferrocarril en Briones, La Estrella, Cenicero, Fuenmayor y entre Logroño y Agoncillo; AP-68 en la circunvalación de Logroño; AP-68 y N-232 entre Agoncillo y Venta Rufino, en Alcanadre y en Aldeanueva de Ebro; nudo viario de Calahorra (AP-68, N-232, LR-134 y ferrocarril); LR-253 entre Nieva de Cameros y el Puerto de La Rasa y LR-115 entre Arnedillo y Quel.

Otras cuadrículas prioritarias más dispersas o aisladas se encuentran en el cruce de las carreteras LR-200, LR-201 y LR-304 en Herramélluri; LR-210 entre Briones y San Vicente de la Sonsierra; cruce de carreteras en Rivas de Tereso; N-232 y ferrocarril en Torremontalbo; A-12 en Navarrete; LR-251 y ferrocarril en El Romeral; LR-441 y ferrocarril entre El Cortijo y Logroño; vías de circunvalación en Logroño (A-12, LO-20, LR-132, LR-132 y ferrocarril); N-211 y LR-254 en Lardero; LR-254, LR-256 y otras carreteras en Alberite; LR-113, LR-136 y otras carreteras en Tricio; cruce de la LR-113 y la LR-332; LR-113 en Canales de la Sierra; N-111 en Pradillo; LR-250 en Leza del Río Leza; y cruces de vías en el entorno de Alfaro (N-232 y LR-287; N-113, LR-288 y ferrocarril, y cruce de la N-113 con la N-232).

Otros índices complementarios para la identificación final

I. Conectividad forestal

La Rioja tiene el valor más bajo de todas las CC. AA. en el índice de intersección entre infraestructuras viarias y conectores forestales, similar al de Andalucía y Asturias (véase Tabla II.2 en anexo II). En La Rioja se encuentra parte del gran nodo forestal del Sistema Ibérico ocupando de forma continua buena parte del sur de la C. A., y dos nodos de pequeño tamaño en el Valle del Ebro y sierras occidentales (véase Figura I.5 en anexo I). La mitad septentrional de la C. A. en el Valle del Ebro está ocupada por hábitats de resistencia máxima a la dispersión de especies forestales (véase Figura I.6 en anexo I). En consecuencia, el modelo de conectividad forestal tan solo identifica conectores forestales de importancia alta en el sur de La Rioja entre las masas forestales de la Sierra de la Demanda y de la Sierra del Hayedo de Santiago (el mismo trazado para las distintas categorías de distancia de dispersión, véanse Figuras I.7-I.10 en anexo I) y un corto tramo de conec-

tor de importancia baja en el extremo noroeste de la C. A., lo que explica el bajo valor medio de este índice en La Rioja.

Todas las intersecciones entre estos conectores de importancia alta y las vías de transporte (véase Figura 6.69) se encuentran en el sur de la C. A., en particular en Tierra de Cameros, y todos son intersecciones con carreteras (la N-111 y varias carreteras autonómicas de primer y segundo orden), pero no hay ninguno con autovías o ferrocarril. Hay intersecciones entre un conector forestal de importancia baja y el corredor de transporte AP-68/N-232/ferrocarril en San Felices.

II. Densidad de accidentes con fauna silvestre

El promedio de densidad de accidentes en La Rioja es el segundo mayor de España, por detrás tan solo de Asturias, y más de tres veces superior a la media estatal (véase Tabla II.2 en anexo II). Las cuadrículas con accidentes son particularmente abundantes en el área con alta densidad de carreteras del noroeste de la Comunidad, en particular en el corredor de transporte del Valle del Ebro (AP-68 y N-232) (véase Figura 6.70). También destacan por la concentración de cuadrículas con alta densidad de accidentes la LR-111 entre Santo Domingo de la Calzada y Ezcaray, la N-111 entre Panzares y Lumbreras, y de nuevo la AP-68 y otras carreteras en el entorno de Venta Rufino.

III. Áreas en las que coinciden distintos criterios

En la Figura 6.71 se representan todas las cuadrículas en que se ha encontrado coincidencia de criterios en La Rioja (40 en total). Las cuadrículas con coincidencias se encuentran en la LR-301 en el límite con Burgos; AP-68, carreteras convencionales y ferrocarril en San Felices y Haro; N-126 y N-232 en Casalarreina; N-232 en Tirgo; N-232, LR-210 y ferrocarril en Briones; A-12 en Santo Domingo de la Calzada, Azofra y Nájera; AP-68, A-12 y N-232 en Navarrete; AP-68, LO-20, N-232 y ferrocarril entre Varea y Recajo; AP-68, LR-260 y LR-348 en Alcanadre; AP-68 y LR-285 en el límite con Navarra; LR-288 y ferrocarril en Alfaro; LR-111 en Valgañón; LR-113, LR-205 y LR-431 en Cárdenas; LR-113 en Anguiano y Tabladas; N-111 y cruces con otras carreteras entre Nestares y Pradillo, en Lumbrales y en la subida al Puerto de Piqueras; LR-253 en Nieva de Cameros; LR-115 en Las Ruedas de Enciso, en Peroblasco y entre Arnedillo y Herce; y LR-123 en Villarroya.

Directrices generales sobre acciones a desarrollar

Buena parte del área de distribución actual del visón europeo (*Mustela lutreola*) en España se encuentra en La Rioja, y esta es una especie muy amenazada y particularmente sensible al problema de atropellos en carreteras, por lo que las acciones encaminadas a reducir la elevada mortalidad por atropello que sufren sus poblaciones deben considerarse prioritarias. En La Rioja se ha desarrollado un detallado estudio de puntos negros de atropello de esta especie y una evaluación de las características estructurales de las carreteras implicadas y del hábitat del entorno de esos puntos negros para elaborar una propuesta de actuaciones que permita corregir el problema (véase Ficha 10 en el documento 5 de esta serie, MAGRAMA 2013). Se han identificado varias cuadrículas prioritarias según los índices de patrimonio natural o por coincidencia de criterios en las carreteras donde se han identificado puntos negros de atropello de visón europeo en La Rioja (N-232, LO-20, LR-111, LR-113, LR-134, LR-200, LR-256 y N-120), lo que puede servir de criterio adicional para priorizar actuaciones en estos sectores.

Como ocurría en Aragón y en la Comunidad Foral de Navarra, el índice de patrimonio natural muy fragmentado señala de nuevo al corredor de transporte del Ebro como área prioritaria a desfragmentar. La acumulación de vías de transporte paralelas al río Ebro sin duda puede constituir una barrera importante para la fauna, añadida a la barrera natural que puede constituir el propio río, y además los accidentes con fauna silvestre son abundantes en estas vías, en particular en la autopista AP-68. De hecho, las vías de transporte que componen este corredor contienen puntos negros de atropello de visón europeo, ya que las principales poblaciones de esta especie asociada a ríos y humedales se encuentran en el río Ebro y sus afluentes. La combinación de vallados perimetrales y pasos de fauna, la adaptación como pasos de fauna de las estructuras de drenaje, puentes o viaductos y la gestión del hábitat en el

entorno de estas estructuras ha demostrado ser una solución adecuada para reducir la siniestralidad vial y la frecuencia de atropellos de fauna en general, y del visón europeo en particular. La alta frecuencia de accidentes con fauna silvestre en autopistas o autovías resalta la importancia de que estas vías se doten de un adecuado cerramiento perimetral que cuente con un buen mantenimiento.

Como ocurre en todas las CC. AA., el índice de patrimonio natural muy fragmentado ha podido identificar como prioritarias cuadrículas en las vías de transporte del entorno de grandes ciudades, incluyendo autovías de circunvalación, en el caso de esta C. A. en especial Logroño, donde es posible que no sea ya recomendable actuar por tratarse de un medio muy urbanizado, o con desarrollo urbanístico previsible en un futuro próximo. Pero si hay prevista la conservación a largo plazo de espacios naturales periurbanos, estas cuadrículas pueden estar señalando puntos de actuación crítica para el mantenimiento de la funcionalidad ecológica de estas áreas.

Este índice también ha identificado como prioritarias cuadrículas en grandes nudos viarios donde posiblemente no sea recomendable actuar por razones parecidas, pero estas cuadrículas están indicando áreas donde la concentración de vías de transporte está causando un grado de fragmentación importante, que puntualmente podría requerir actuaciones de mitigación.

Como en otras CC. AA., tanto los índices de patrimonio natural como la combinación de criterios también han identificado como prioritarios varios tramos o cuadrículas aisladas en carreteras de gran capacidad y en vías convencionales de calzada única de las montañas del Sistema Ibérico en el sur y oeste de La Rioja. Estas áreas pueden servir de guía para la localización de posibles puntos negros de atropello y como listado de áreas particularmente sensibles al desarrollo de nuevas infraestructuras, en las que habría que prestar especial atención al problema de fragmentación en caso de ampliaciones o nuevas construcciones.

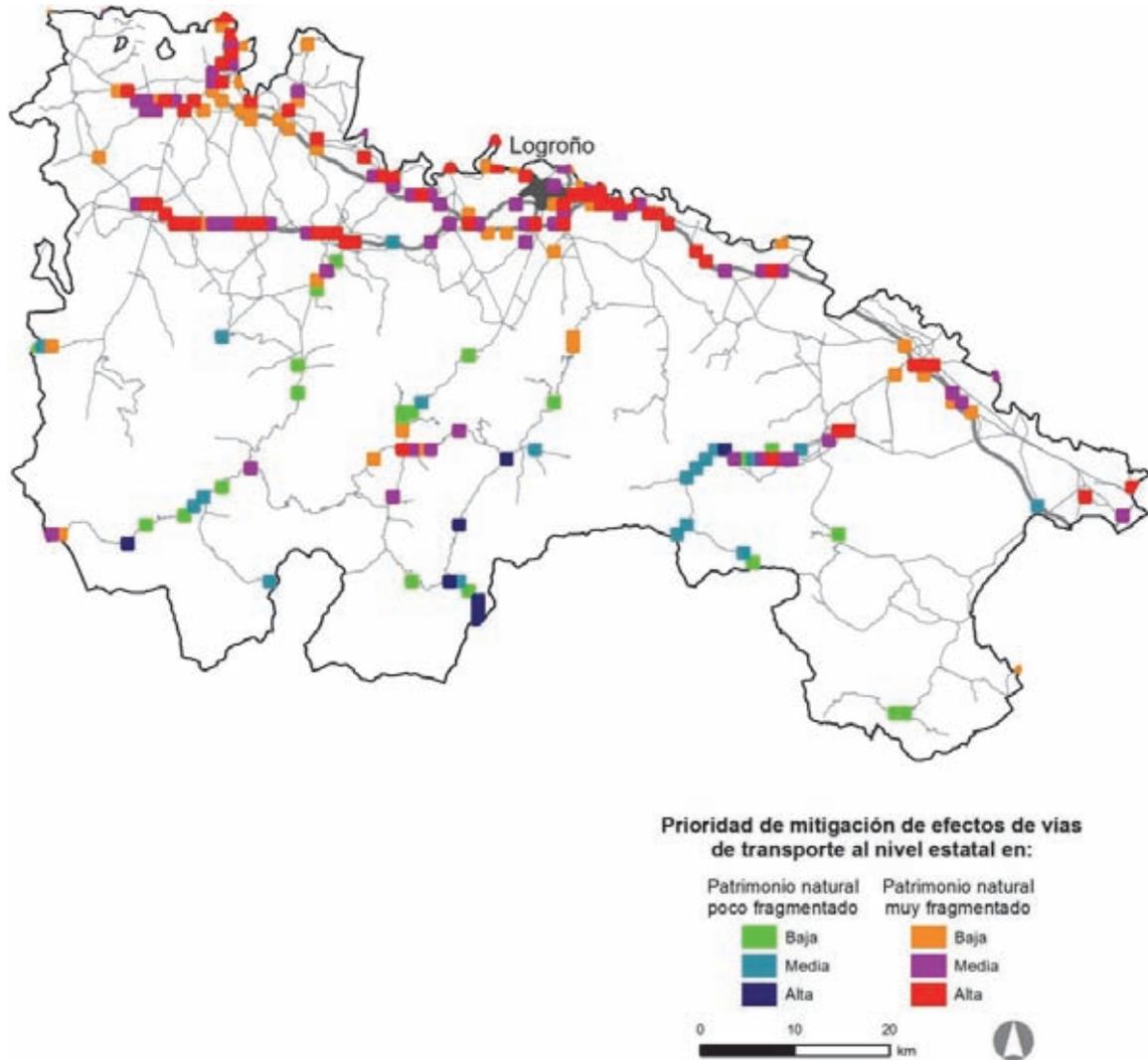


Figura 6.67. Áreas a desfragmentar. Selección a nivel estatal. Cuadrículas UTM de 1 km² correspondientes a La Rioja de la selección realizada para todo el Estado a partir del modelo de áreas prioritarias para aplicar medidas de desfragmentación: 5.000 cuadrículas con mayor valor de cada uno de los dos índices seleccionadas en todo el Estado. Véase capítulo 4 y anexo I para detalles sobre metodología.

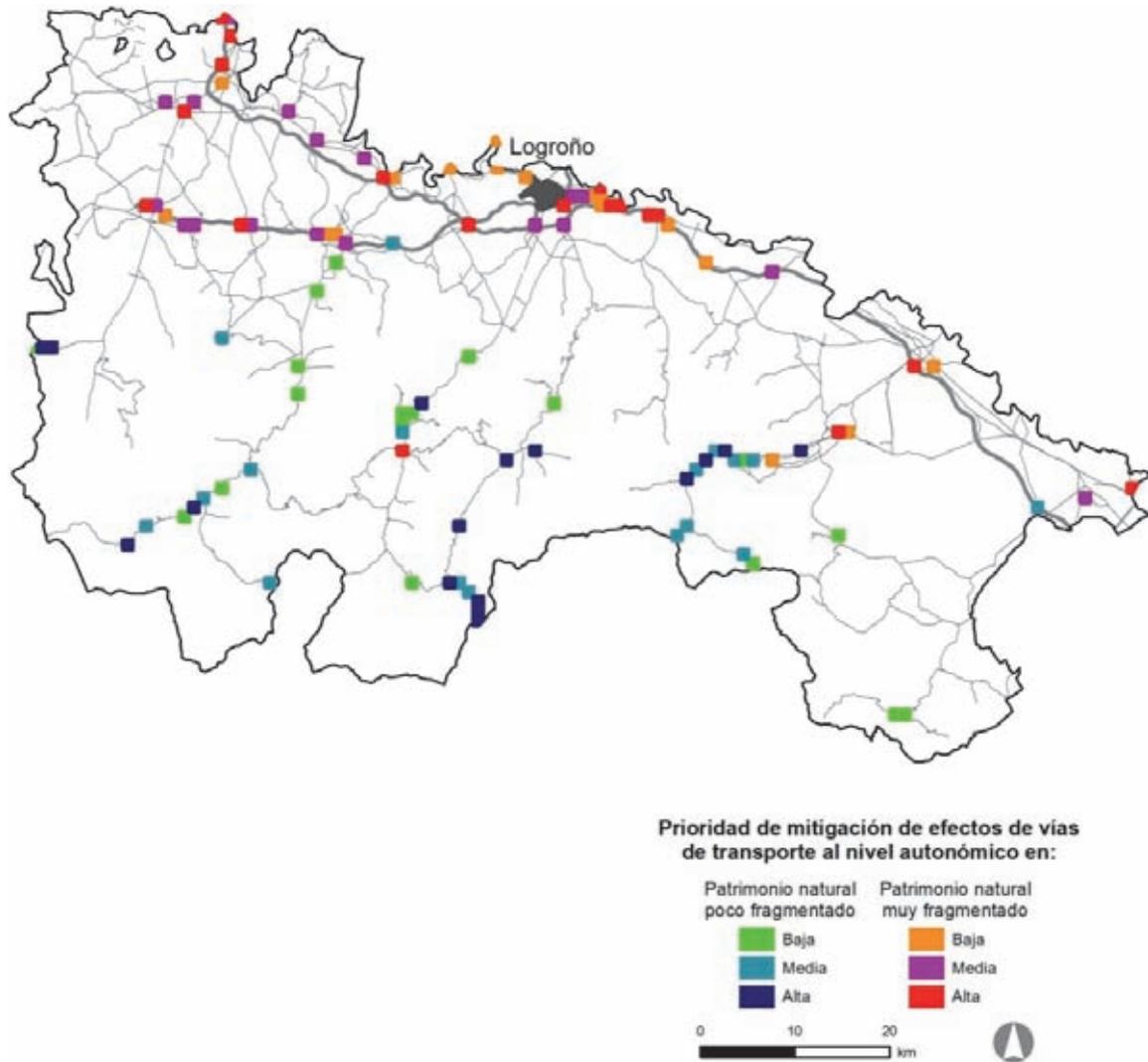


Figura 6.68. Áreas a desfragmentar. Selección a nivel autonómico. Se ha seleccionado en cada C. A. el 1% del total de cuadrículas UTM de 1 km² con mayor valor en cada uno de los dos índices de patrimonio natural (en total en ésta 108). Esta selección refleja por tanto las áreas más importantes en La Rioja independientemente del resto del Estado. Véase capítulo 4 y anexo I para detalles sobre metodología.

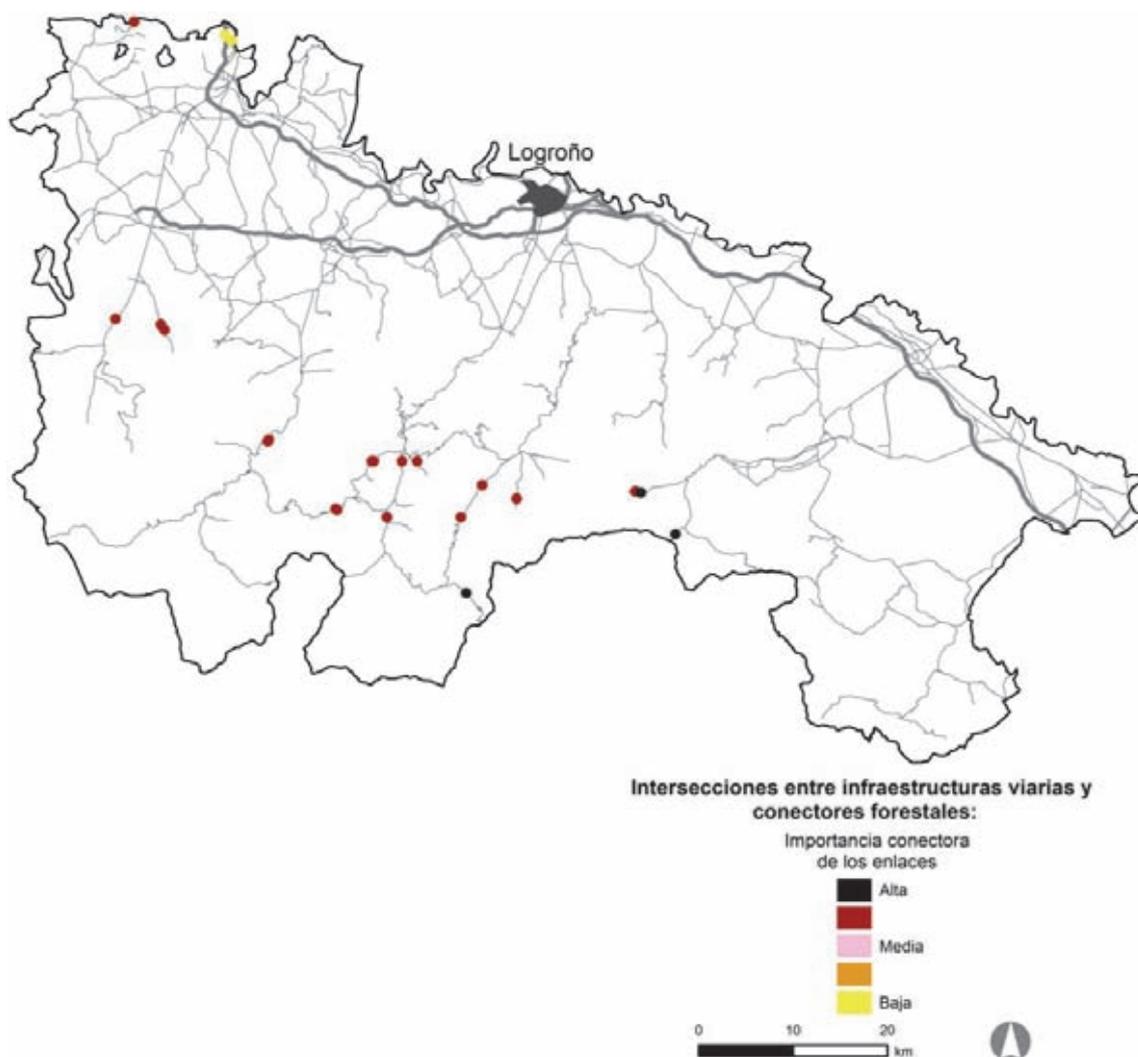


Figura 6.69. Áreas con intersecciones entre infraestructuras viarias y conectores forestales. Se indican los puntos de cruce entre vías de transporte y conectores forestales (enlaces entre nodos forestales identificados mediante la herramienta para el análisis de la conectividad ecológica CONEFOR, Saura y Torné 2009). Las intersecciones se han clasificado en cinco categorías de importancia, tres de ellas denominadas de importancia alta, media y baja, y las otras dos correspondientes a valores de importancia intermedios entre aquéllas. Véase capítulo 5 y anexo I.5 para detalles sobre metodología.

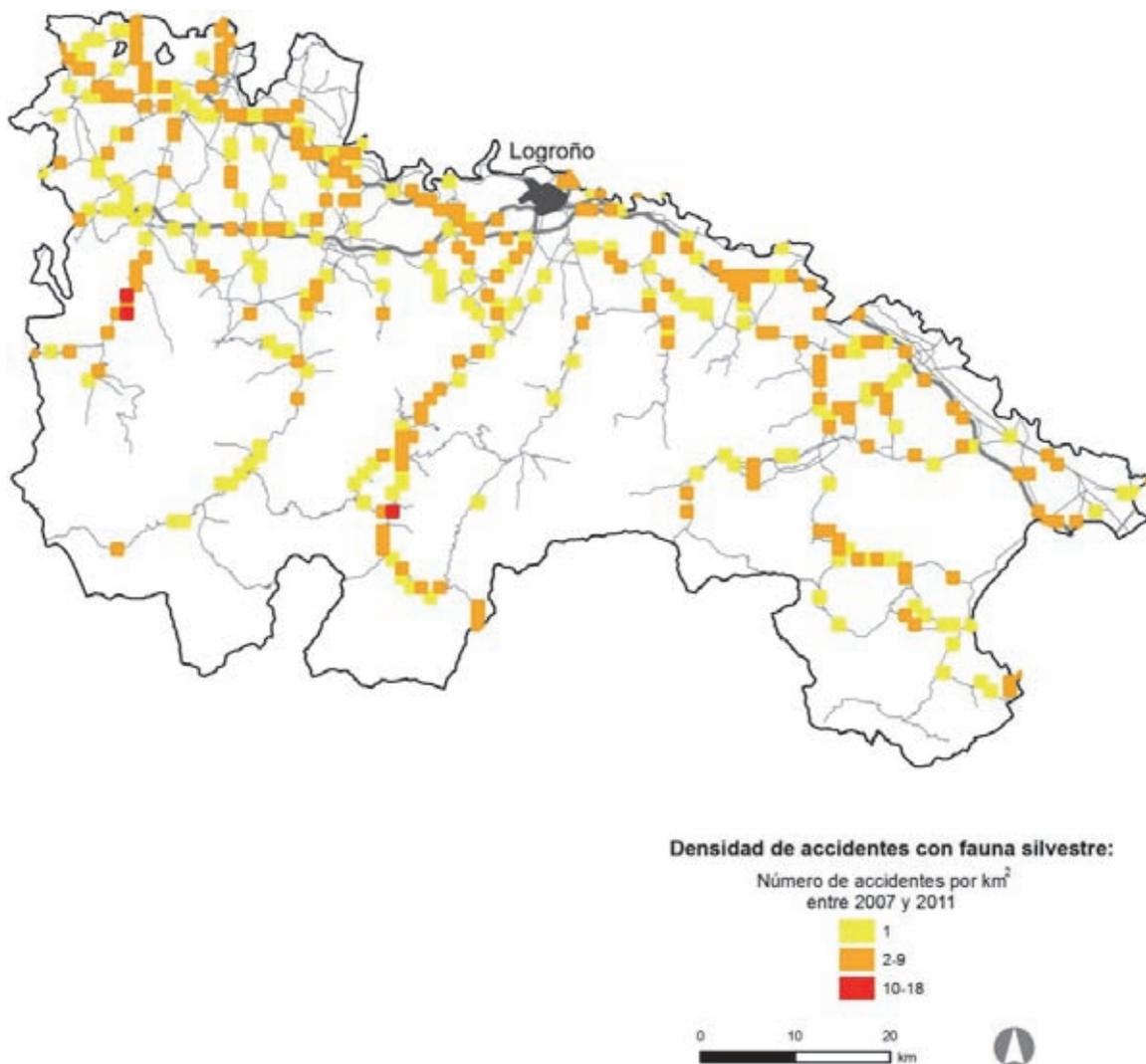


Figura 6.70. Densidad de accidentes con fauna silvestre. Se indican las cuadrículas UTM de 1 km² donde se ha registrado este tipo de siniestralidad (388 cuadrículas en total en La Rioja), clasificadas por el número de accidentes en cada cuadrícula. Los registros corresponden a los de la base de datos ARENA (DG de Tráfico); se han georreferenciado alrededor del 50% del total de registros, localizados mayoritariamente en carreteras de doble calzada, autovías y autopistas. Véase capítulo 5 y anexo I para detalles sobre metodología.

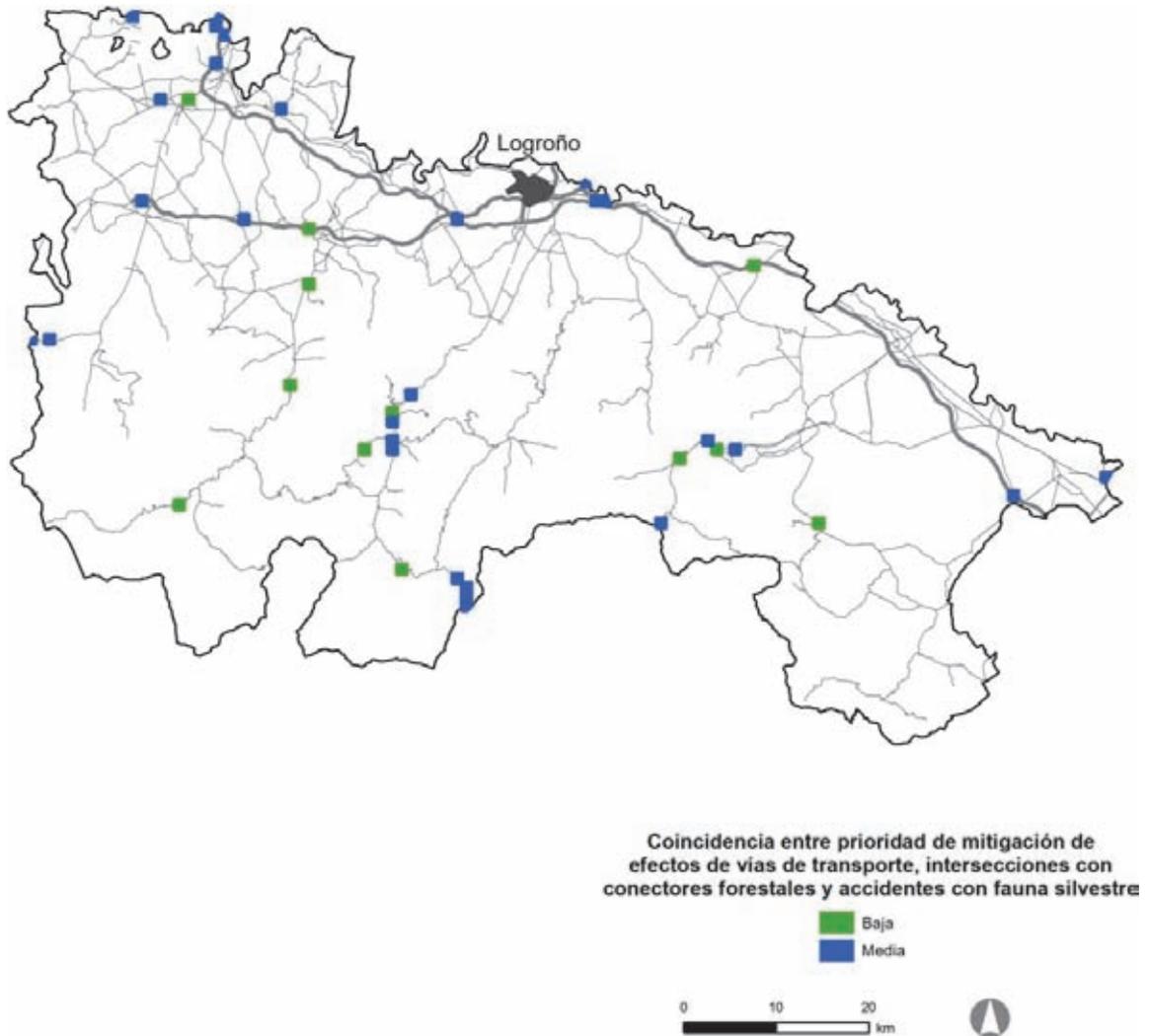


Figura 6.71. Áreas en las que coinciden distintos criterios. Se indican las cuadrículas UTM de 1 km² donde coinciden áreas a desfragmentar a nivel autonómico (Figura 6.68), intersecciones entre infraestructuras viarias y conectores forestales (Figura 6.69) y accidentes con fauna silvestre (Figura 6.70). Se han clasificado en tres categorías que reflejan número de coincidencias (2 o 3 criterios) y prioridad de cada uno de los índices (no existen cuadrículas con prioridad 'Alta' en esta C. A.). Dado el sesgo de la densidad de accidentes con fauna silvestre mostrada en la Figura 6.70, se puede estar subestimando la presencia de cuadrículas con coincidencias en carreteras convencionales, de calzada única. Véase capítulo 5 y anexo I para detalles sobre metodología.

Diagnóstico general

Vulnerabilidad biológica a las infraestructuras lineales de transporte, tamaño efectivo de malla y densidad de red de infraestructuras lineales de transporte

- El valor medio del índice de vulnerabilidad biológica a las infraestructuras lineales de transporte en el País Vasco es el tercero más alto de todas las CC. AA., superado tan solo por La Rioja y la Comunidad Foral de Navarra (véase Tabla II.1 en anexo II). Este índice alcanza valores en el rango de los máximos estatales en la mayor parte de la provincia de Álava y en las sierras del noreste de Guipúzcoa, aunque no de forma continua, sino de forma entremezclada con áreas de valores medios (véase Figura 3.2 en el apartado 3.2). En el resto de Vizcaya y Guipúzcoa hay pequeñas zonas con valores altos en una matriz con valores medio-altos y medios, destacando por su mayor tamaño el entorno de la Reserva de la Biosfera de Urdaibai. Este patrón sugiere, una vez más, una relación negativa entre el índice de vulnerabilidad biológica a las infraestructuras de transporte y el grado de fragmentación de hábitats. También tienen valores altos en este índice las riberas o valles de algunos de los principales ríos del País Vasco (Nervión, Oka, Urola, Oría, Urumea y Ebro).

- El País Vasco tiene un tamaño efectivo de malla medio muy inferior al promedio estatal, el tercero más bajo de todas las CC. AA. superando tan sólo a Galicia y la Comunidad de Madrid (véase Tabla II.1 en anexo II). En el País Vasco no hay áreas con tamaño efectivo de malla en el rango de los máximos estatales. Hay dos áreas con valores altos de tamaño efectivo de malla, en las sierras del noreste de Guipúzcoa (Parque Natural Aiako Arria y montes del entorno del pico Adarra), que continua en las montañas del noroeste de Navarra, y las sierras o macizos montañosos del Norte de Álava y sur de Vizcaya y Guipúzcoa (Salbada, Urkabuztitz, Altube, Gorbeia, Elgea, Aitzgorri, Urkila y Altzania). Con tamaño efectivo de malla medio se encuentra el extremo noroeste de Álava y suroeste de Vizcaya (valle del río Ibaia, entorno de Llodio, norte de Amurrio y valle del río Arnauri), la Sierra de Aralar (prolongada en Navarra) y el sur y sureste de Álava (Montes de Gasteizko e Iturrietako, Sierra Toloka y Parque Natural de Izkiko). El resto del País Vasco, englobando a la mayor parte de Vizcaya y Guipúzcoa y el entorno de Vitoria, tiene tamaño efectivo de ma-

lla bajo, en especial Vizcaya, donde los valores mínimos ocupan la mayor parte del territorio (véase Figura 3.8 en el apartado 3.3).

- El promedio de la densidad de red de infraestructuras lineales de transporte es el más alto del Estado junto con Galicia. La densidad de red de infraestructuras lineales de transporte es particularmente alta en la franja costera y prelitoral de Vizcaya y Guipúzcoa, constituyendo una de las áreas más amplias de todo el Estado con valores continuos de alta densidad, junto al entorno de las ciudades de Madrid, Barcelona y el eje Oviedo-Gijón (véase Figura 3.10 en el apartado 3.4). Esta densidad se mantiene alta en la mayor parte del resto del territorio, con la excepción de las áreas más montañosas y algunos valles fluviales con tamaño efectivo de malla alto o medio, mencionadas anteriormente.

Prioridad de mitigación de efectos de vías de transporte: áreas a desfragmentar

El País Vasco tiene el promedio más alto de todas las CC. AA. en el índice de patrimonio natural muy fragmentado, más del doble de la media estatal, mientras que el promedio en el índice de patrimonio natural poco fragmentado es similar al estatal (véase Tabla II.2 en anexo II). El número de cuadrículas prioritarias según el primero de estos índices es muy superior en la selección estatal, mientras que las cuadrículas prioritarias según el índice de patrimonio natural poco fragmentado son prácticamente las mismas en la selección estatal o en la autonómica (Figuras 6.72 y 6.73). Por tanto, se ha basado la descripción de áreas a desfragmentar en la selección estatal.

a) Áreas a desfragmentar situadas en zonas con índice de patrimonio natural poco fragmentado

Las cuadrículas prioritarias según el índice de patrimonio natural poco fragmentado (véase Figura 6.72) se concentran principalmente en el sur de Guipúzcoa (autovía A-1 entre Olaberria y el límite con Navarra; corredor de la AP-1, GI-627 y futura LAV entre Mondragón y Landa; GI-120 entre Ataun y el Puerto de Lizarrusti; GI-2637 en Segura y Goialdea; GI-2133 en Abaltzisketa; GI-2630 y ferrocarril entre Legazpi y el Puerto de Udana; y cruce de la GI-3591 y GI-3592 al sur de Uribarri).

Otras cuadrículas prioritarias según este índice se encuentran en el corredor BI-630 y ferrocarril en

Ambasaguas y al este de La Matanza; en la BI-636 y ferrocarril en el entorno de Balmaseda; en el corredor AP-8, N-634 y ferrocarril en Talaimendi; corredor AP-68 y BI-2522 en Ar baitza, Baranbio y Ziorraga y N-622 en Murgia (entorno del Parque Natural de Gorbeia); A-2625 en el Puerto de Urduñako Mendatea; corredor AP-68 y ferrocarril entre Etxebarri-Kuartango y Zuhatsu-Kuartango; corredor A-1 y ferrocarril en el límite con Navarra; y A-132 en el límite con Navarra.

b) Áreas a desfragmentar situadas en zonas con índice de patrimonio natural muy fragmentado

El índice de patrimonio natural muy fragmentado (véase Figura 6.72) destaca como prioritarios la mayor parte del trazado de los principales corredores de transporte del País Vasco: BI-636 y ferrocarril entre Sodupe y Balmaseda; AP-68, N-634 y tramos de la futura LAV y ferrocarril entre Bilbao e Irún; corredor A-1, ferrocarril y futura LAV entre Oria y Beasain y entre las fronteras con Navarra y Burgos (este último tramo, el más prioritario según la selección autonómica, véase Figura 6.73); AP-68, carreteras convencionales y ferrocarril entre Ziorraga y el límite con Burgos; y corredor GI-632 y futura LAV entre Zumarraga y Beasain.

Otras concentraciones de cuadrículas o cuadrículas aisladas se encuentran en el corredor A-8/N-634/ferrocarril en Muskiz, Ortuella y Trapagaran; BI-637 entre Portugalete y Sopelana; BI-636 entre La Quadra y el cruce con la A-8; N-637 entre Zangroiz y Aranoitza; AP-68, A-625 y ferrocarril entre Arrigorriaga e Ibaiondo y entre Ugao-Miraballes y Arrankudiaga; A-625 y ferrocarril entre Llodio y Luiaondo y en Amurrio; cruce de la BI-631, BI-2120 y BI-3174 en Mungia; BI-631 en Arranotegui; vías del entorno de la Reserva de la Biosfera de Urdaibai (BI-2235 y ferrocarril en Mundaka y Elexalde y cruce de la BI-2237 y BI-2238 al sur de Basetxeta-Atxoste); BI-635 en Gernika-Lumo y en Oka; BI-633 en Ondarroa; AP-1 y GI-627 en Soraluze, Bergara y Elorregi; GI-631, GI-3750 y ferrocarril en Azkoitia; N-240 entre Vitoria y Legutio; AP-1 y tramos de la futura LAV entre Landa y el cruce con la A-1; N-622 en Zaitegi; N-240 y A-3002 en las cercanías de la confluencia con la A-1; N-102 en Gometxa; N-104, A-132, carreteras convencionales y ferrocarril al este de Vitoria; A-2625 en Lazarrubi; A-132 entre Maeztu y el límite con Navarra; A-126 en Bernedo; A-124 en Leza, La Guardia y Asa; A-4204 en Mañueta; y cruce entre la A-3216 y la A-4208 en La Puebla de Labarca.

Otros índices complementarios para la identificación final

I. Conectividad forestal

El promedio en el País Vasco del índice de intersección entre infraestructuras viarias y conectores forestales es el más alto de todas las CC. AA., muy superior a la media estatal, similar al de Navarra, e inferior tan solo al de Islas Baleares (pero en las islas la metodología de cálculo es diferente, y por tanto no son promedios comparables) (véase Tabla II.2 en anexo II). Los nodos forestales de esta C. A. se encuentran en los extremos oriental y occidental de la provincia de Álava y extremo oriental de Guipúzcoa, y el resto del territorio tiene una baja resistencia a la dispersión de especies forestales. El modelo identifica varios conectores forestales de importancia variada en Álava que conectan los nodos forestales de esta provincia, recorriéndola de este a oeste, al norte y al sur de la ciudad de Vitoria, y comunicando las masas forestales de la Cordillera Cantábrica con las de las sierras de la Navarra media (véanse Figuras I.7-I.10 en anexo I). Este número de intersecciones con conectores forestales relativamente alto en una C. A. de superficie limitada explica el alto valor medio del índice calculado.

Todas las intersecciones entre conectores forestales y vías de transporte se encuentran por tanto en Álava (véase Figura 6.74), destacando las intersecciones con el corredor de transporte AP-68/A-624/ferrocarril al norte de Altube (Parque Natural de Gorbeia), en Andagoia y en Erriberagoitia y con la autovía N-622 en Zaitegi.

II. Densidad de accidentes con fauna silvestre

No se han conseguido datos sobre accidentes causados por fauna silvestre para el País Vasco.

III. Áreas en las que coinciden distintos criterios

Este análisis no se ha realizado dado que no se disponía de datos de accidentes.

Directrices generales sobre acciones a desarrollar

El País Vasco es una de las CC. AA. en las que la aplicación de medidas de desfragmentación

puede ser más prioritario, por su alta vulnerabilidad al problema, alto grado de fragmentación y alta densidad de vías de transporte.

La selección estatal de cuadrículas prioritarias según los índices de patrimonio natural poco y muy fragmentado señala como prioritarias la mayor parte de los corredores de transporte del País Vasco, y por tanto resulta de poca utilidad para priorizar actuaciones. En el extremo contrario, y debido a que no se ha dispuesto de información sobre accidentes con fauna silvestre, no se ha evaluado el número de cuadrículas con coincidencias de criterios y por tanto no se ha llegado al nivel de detalle de otras CC. AA. por lo que las conclusiones tienen por fuerza menor solidez. En conclusión, para el caso del País Vasco parece particularmente recomendable considerar la selección autonómica de cuadrículas prioritarias, que señala al corredor de transporte A-1 y ferrocarril en la provincia de Álava como particularmente prioritario.

En el País Vasco se ha elaborado una cartografía de corredores ecológicos para especies objetivo, se han determinado las intersecciones entre estos corredores y las principales vías de transporte, se han inventariado los posibles pasos de fauna en estos puntos, y con toda esta información se ha producido una propuesta de actuaciones de permeabilización (ver Ficha 1 en el quinto documento de esta serie; MAGRAMA 2013). La comparación de esta información con la propuesta de áreas prioritarias que aquí se presenta podría constituir un interesante ejercicio de validación de los modelos de priorización de áreas a desfragmentar, con vistas a posibles formas de mejorarlos en el futuro. En este sentido, ambos trabajos pueden constituir información complementaria de utilidad para identificar puntos concretos de actuación.

Como ocurre en todas las CC. AA., el índice de patrimonio natural muy fragmentado ha podido identificar como prioritarias cuadrículas en las vías de transporte del entorno de las capitales de provincia, incluyendo autovías de circunvalación, donde es posible que no sea ya recomendable actuar por tratarse de un medio muy urbanizado, o con desarrollo urbanístico previsible en un futuro próximo. En el caso del País Vasco, pueden corresponder a este tipo de casos los corredores de transporte en su circunvalación de las tres capitales de provincia, o las cuadrículas prioritarias en el entorno de la Ría de Bilbao. Pero si hay prevista la conservación a largo plazo de espacios naturales

periurbanos, estas cuadrículas pueden estar señalando puntos de actuación crítica para el mantenimiento de la funcionalidad ecológica de estas áreas. Un posible ejemplo podría ser el Parque Forestal de Zabalgana en Vitoria, rodeado por autovías donde se han identificado cuadrículas prioritarias. Este índice también ha identificado como prioritarias cuadrículas en grandes nudos viarios donde posiblemente no sea recomendable actuar por razones parecidas, pero estas cuadrículas están indicando áreas donde la concentración de vías de transporte está causando un grado de fragmentación importante, que puntualmente podría requerir actuaciones de mitigación.

El índice de patrimonio natural poco fragmentado ha identificado como prioritarios varios tramos de vías de transporte o cuadrículas aisladas en carreteras de gran capacidad y en vías convencionales de calzada única en áreas de montaña bien conservadas o en el Valle del Ebro, donde las carreteras pueden estar bien integradas en el paisaje y suelen tener poco tráfico, con lo que el efecto barrera que pueden causar sería despreciable. Pero estas carreteras sí pueden contener puntos negros de atropello de fauna, y las áreas prioritarias pueden servir de guía para la localización de estos puntos y como listado de áreas particularmente sensibles al desarrollo de nuevas infraestructuras, en las que habría que prestar especial atención al problema de fragmentación en caso de ampliación de vías existentes o de construcción de nuevas vías.

En el caso del País Vasco, dados el alto grado de fragmentación del territorio y la elevada densidad de infraestructuras lineales de transporte en un territorio de alta vulnerabilidad biológica a estas infraestructuras, es muy importante que la construcción de la LAV no añada más problemas de fragmentación, y que se asegure la permeabilidad de la vía, para lo que las cartografías aquí presentadas pueden servir de apoyo. Sin embargo, debido a la accidentada orografía del País Vasco y los estrictos requerimientos de trazado de estas infraestructuras, la mayor parte del trazado de la LAV, incluyendo tramos dentro de cuadrículas prioritarias, puede no requerir actuaciones adicionales por tratarse de tramos en túnel o sobre viaductos, que constituyen alrededor del 70% del trazado.

Por último, como en el caso de Burgos, La Rioja y Navarra, el País Vasco tiene una singular responsabilidad en la conservación del visón europeo (*Mustela lutreola*), especie altamente amenazada

y muy sensible al problema de atropello, que tiene en esta C. A. algunas de sus mejores poblaciones a nivel mundial. El índice de vulnerabilidad biológica a las infraestructuras lineales de transporte señala a las riberas de algunos de los ríos principales del País Vasco con presencia de esta

especie como áreas con máximo valor. El índice de abundancia de ríos y humedales (véase apartado 3.2) también podría utilizarse como herramienta adicional particularmente importante para seleccionar áreas a desfragmentar favorables para esta especie.

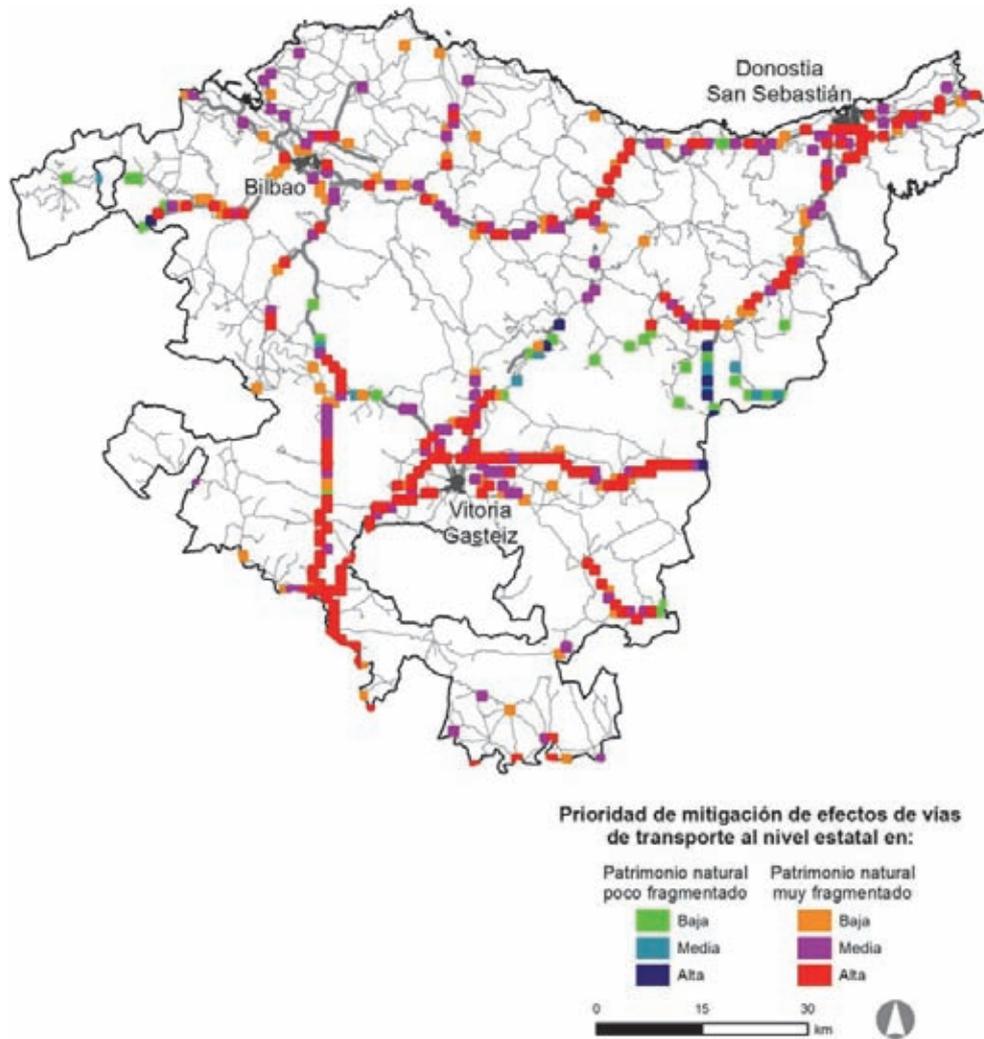


Figura 6.72. Áreas a desfragmentar. Selección a nivel estatal. Cuadrículas UTM de 1 km² correspondientes al País Vasco de la selección realizada para todo el Estado a partir del modelo de áreas prioritarias para aplicar medidas de desfragmentación: 5.000 cuadrículas con mayor valor de cada uno de los dos índices seleccionadas en todo el Estado. Véase capítulo 4 y anexo I para detalles sobre metodología.

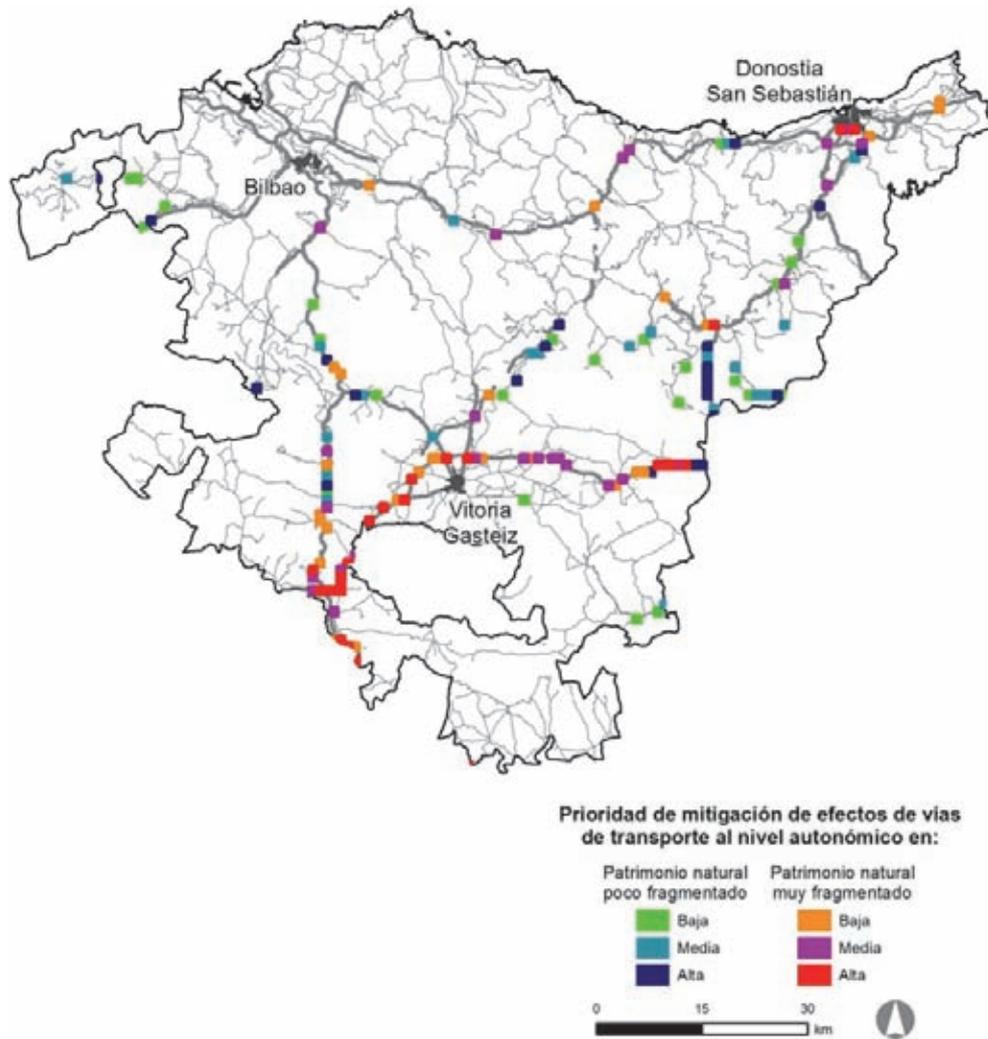


Figura 6.73. Áreas a desfragmentar. Selección a nivel autonómico. Se ha seleccionado en cada C. A. el 1% del total de cuadrículas UTM de 1 km² con mayor valor en cada uno de los dos índices de patrimonio natural (en total en ésta 154). Esta selección refleja por tanto las áreas más importantes en el País Vasco independientemente del resto del Estado. Véase capítulo 4 y anexo I para detalles sobre metodología.

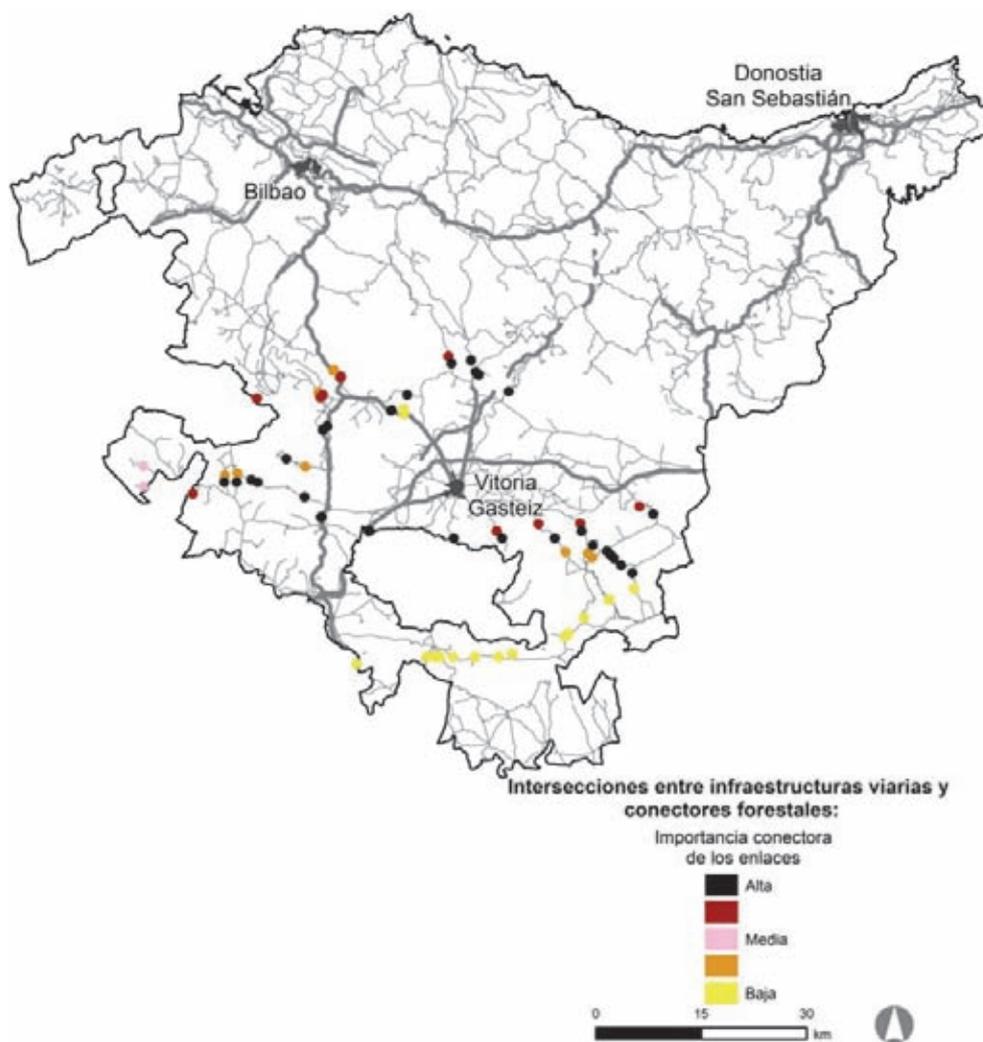


Figura 6.74. Áreas con intersecciones entre infraestructuras viarias y conectores forestales. Se indican los puntos de cruce entre vías de transporte y conectores forestales (enlaces entre nodos forestales identificados mediante la herramienta para el análisis de la conectividad ecológica CONEFOR, Saura y Torné 2009). Las intersecciones se han clasificado en cinco categorías de importancia, tres de ellas denominadas de importancia alta, media y baja, y las otras dos correspondientes a valores de importancia intermedios entre aquéllas. Véase capítulo 5 y anexo I.5 para detalles sobre metodología.

Diagnóstico general

Vulnerabilidad biológica a las infraestructuras lineales de transporte, tamaño efectivo de malla y densidad de red de infraestructuras lineales de transporte

- El Principado de Asturias tiene un promedio en el índice de vulnerabilidad biológica a las infraestructuras lineales de transporte similar a la media estatal (véase Tabla II.1 en anexo II), pero con un gran contraste territorial. Este índice alcanza valores máximos en toda la Cordillera Cantábrica, con la excepción de su sector central, siendo más amplias las áreas con valores máximos en el sector oriental (véase Figura 3.2 en el apartado 3.2). Valores medios-altos se encuentran en la franja costera oriental, sierras del entorno de Oviedo, Sierra del Pumar-Cuenca del Esva, Los Oscos, entorno de la Ría del Eo y costa occidental hasta Luarca. Por último, valores bajos y mínimos se encuentran en el resto de la costa, en la gran área de alta fragmentación del centro de la C. A. y en el Valle del Navia.

- El tamaño efectivo de malla medio en Asturias es similar al promedio estatal (véase Tabla II.1 en anexo II), pero como en el caso anterior, hay un notable contraste territorial en tamaño efectivo de malla. En la Cordillera Cantábrica se encuentran amplias áreas con tamaño efectivo de malla medio y alto, destacando con valores máximos la Sierra de Casomera y Parque Natural de Redes, que constituye parte de la amplia área de Porma-Riaño en León. Tan solo en el centro de la Cordillera se encuentran tamaños efectivos de malla medios-bajos y bajos, en el entorno de La Pola de Lena, Mieres y el gran corredor de transporte que comunica Asturias y León en Pajares. En la costa y sierras más próximas a ésta el tamaño efectivo de malla es medio-bajo y bajo de forma continua, destacando una amplia área con valores mínimos en el centro de la C. A., desde las localidades mencionadas anteriormente hasta la costa, incluyendo el entorno de Pravia, Gijón, Oviedo, La Pola de Siero y Villaviciosa (véase Figura 3.8 en el apartado 3.3).

- Por último, el promedio en Asturias de la densidad de red de infraestructuras lineales de transporte es superior a la media estatal (véase Tabla II.1 en anexo II). De nuevo se encuentra un patrón territorial similar a los casos anteriores: la densidad de red de infraestructuras lineales de transporte alcanza valores máximos, entre los mayo-

res de España, en el área de alta fragmentación del centro de la C. A. También hay densidades altas en la mayor parte de la franja costera con alta fragmentación, aunque disminuye en los extremos oriental (Sierra del Cuera), en la Sierra del Pumar y en el extremo occidental (Los Oscos). En cambio, la densidad de vías de transporte es muy baja en la mayor parte de la Cordillera Cantábrica, donde hay amplias áreas con muy pocas carreteras o vías de ferrocarril en Los Oscos y los espacios naturales protegidos de Muniellos, Fuentes del Narcea, Degaña e Ibias, Somiedo, Peña Ubiña-La Mesa, Redes y Picos de Europa (véase Figura 3.10 en el apartado 3.4).

Prioridad de mitigación de efectos de vías de transporte: áreas a desfragmentar

El Principado de Asturias tiene el tercer promedio más alto de España en el índice de patrimonio natural poco fragmentado, superado solo por Aragón y Cataluña, y el promedio del índice de patrimonio natural muy fragmentado también es superior a la media estatal (véase Tabla II.2 en anexo II). Por tanto, podría considerarse una de las CC. AA. donde, globalmente, las medidas de desfragmentación serían más necesarias, considerando el Estado en conjunto. En consecuencia, el número de cuadrículas de la selección estatal es muy superior al de la selección autonómica (Figuras 6.75 y 6.76). Por tanto, se ha basado la descripción de áreas a desfragmentar en la selección estatal.

a) Áreas a desfragmentar situadas en zonas con índice de patrimonio natural poco fragmentado

En la Cordillera Cantábrica (tanto en Asturias como en Castilla y León), en especial su sector oriental, se encuentra una de las mayores concentraciones de cuadrículas prioritarias según el índice de patrimonio natural poco fragmentado (véase Figura 6.75), junto con Pirineos y Prepirineo orientales y Andalucía oriental. La mayor concentración de cuadrículas prioritarias según este índice se encuentra en el gran corredor de vías de transporte del centro de la cordillera (AP-66, AS-242, N-630, ferrocarril y futura LAV), desde Vistalegre hasta el límite con León. Otras concentraciones importantes de cuadrículas prioritarias se encuentran en el corredor de transporte AS-112/AS-17 y ferrocarril (y cruces con otras carreteras), entre Caborana y Collanzo; AS-17 entre Pola de Laviana y el Puerto de Tarna (atravesando los Parques Naturales de Redes y Ponga); y el corredor N-634 y ferrocarril entre Caceda y Sebares.

Otras agrupaciones de cuadrículas menos numerosas o prioritarias, o cuadrículas aisladas, se encuentran en el Valle del Navia (AS-12 entre Boal y Doiras, en Illano, en Pelorde y entre Pesoz y Grandas); AS-14 entre Grandas y la AS-15; AS-15 entre Perandones y Castiechu; AS-219 en Riocastiello y el Alto de Forcayao; Muniellos (AS-210 y AS-212 entre el cruce con la AS-29 y el cruce con la AS-15); Sierra de Degaña (AS-15 entre Pueblo de Rengos y Puerto Cerredo); CN-7 al pie del Puerto de Leitariegos; N-634 en Alienes; corredor A-66 y N-634 cerca de Salas y de Grado; Somiedo (varias cuadrículas separadas en la AS-227 entre el Puerto de Somiedo y el cruce con la AS-265); cruce de la GR-5 y AS-311 cerca de Villabre; AS-229 entre El Valle y Bárzana; LE-8 en el Puerto de Cubilla; AS-253 entre Collanzo y el Puerto de San Isidro; AE-6 entre Collanzo y el Puerto de Vegarada; AS-252 entre Cabañaquinta y Pola de Laviana; SC-2 en Rioseco; AS-251 entre Martinporra y San Martín del Rey Aurelio; AS-254 entre Caso y La Marea; Parque Natural de Ponga (AS-261 y otras carreteras desde Sellaño hasta San Juan de Beleño); N-625 entre el límite con León y Caño; y Picos de Europa (AS-262 y CO-4 en Covadonga y Los Lagos, y AS-114 entre Narciandi e Intriago y entre La Molina y El Mazo).

b) Áreas a desfragmentar situadas en zonas con índice de patrimonio natural muy fragmentado

Las cuadrículas prioritarias según el índice de patrimonio natural muy fragmentado (véase Figura 6.75) se concentran en el corredor de transporte costero occidental (A-8, N-634, N-632a y ferrocarril), cubriendo prácticamente todo su trazado entre el cruce con la autovía A1-81 en Avilés y el límite con Galicia. Otras concentraciones de cuadrículas importantes se encuentran en este mismo corredor de transporte en la costa oriental, entre Villaviciosa y Colombres, en especial en el entorno de Llanes y Ribadesella; en el corredor A-64, N-634 y ferrocarril entre Fuentespino y El Quintanal y en Nava; en la AS-236 entre Candamo y la A-8; y en el corredor A-66, N-630 y ferrocarril entre Oviedo y Mieres. Otras concentraciones de menor importancia o cuadrículas aisladas se encuentran en Los Oscos (AS-27 en Santa Eulalia de Oscos), corredor A-63, N-634 y ferrocarril entre Oviedo y Grado y en Salas; A-66 en la circunvalación de Oviedo; nudo viario en Lugones (A-66, AS-17, AS-266, otras carreteras y ferrocarril); N-630 entre Ribera de Arriba y La Pereda; AS-17 en Langreo; N-632 y ferrocarril en Avilés; AS-17 y ferrocarril en Villallegre; AS-118, AS-239 y otras ca-

rrteras entre Gijón y Luanco; y N-634, PR-1 y ferrocarril en Trongu.

Otros índices complementarios para la identificación final

I. Conectividad forestal

El promedio en Asturias del índice de intersección entre infraestructuras viarias y conectores forestales es el menor de España, similar al de Andalucía y La Rioja (véase Tabla II.2 en anexo II). La mayor parte de los nodos forestales en Asturias se concentran en la Cordillera Cantábrica, de forma casi continua, y tan solo se han identificado otros dos nodos forestales costeros (véase Figura I.5 en anexo I). La resistencia a la dispersión de especies forestales es baja en toda la C. A. (véanse Figuras I.5 y I.6 en anexo I). En consecuencia, la longitud total ocupada por conectores forestales en esta C. A. es relativamente baja en relación a la superficie que ocupa la C. A., lo que explica el bajo valor medio de este índice.

En Asturias tan solo se ha identificado un tramo de conector forestal de importancia alta en el suroeste de la C. A., conectando las masas forestales del norte de León y el este de Lugo (véanse Figuras I.7-I.10 en anexo I), mientras que el gran conector de importancia alta que recorre toda la Cordillera Cantábrica se encuentra en la vertiente sur, y por tanto fuera del Principado. Cabe destacar también la presencia de un conector forestal de importancia media que comunica los nodos forestales a lo largo de la Cordillera Cantábrica, con intersecciones con el gran corredor de transporte A-66/N-630/ferrocarril entre Oviedo y León, a la altura de Santa Cristina de Lena (véase Figura 6.77). En el resto del Principado hay solo intersecciones con conectores forestales de importancia baja, que conectan las grandes masas forestales de la Cordillera Cantábrica con manchas forestales costeras (véase mapa de nodos forestales en la Figura I.5 del anexo I). Uno de estos conectores cruza el corredor A-63/N-634 a la altura de Verdugos.

II. Densidad de accidentes con fauna silvestre

El Principado de Asturias es la C. A. con mayor promedio de densidad de accidentes con fauna silvestre, más de tres veces superior a la media estatal (véase Tabla II.2 en anexo II). Hay que destacar que buena parte de estos accidentes se han registrado en las principales autovías (A-8, A-63,

A-64 y A-66; véase Figura 6.78). La densidad de población humana relativamente alta, en especial en la franja costera, y el poblamiento disperso (que implican un tránsito abundante de vehículos y numerosas salidas en autovías y autopistas), así como la alta abundancia de ungulados, cuyas poblaciones han aumentado notablemente en Asturias en las últimas décadas (por ejemplo, el ciervo *Cervus elaphus* ha colonizado amplias áreas asturianas donde no se localizaba antes) pueden contribuir a explicar esta alta siniestralidad.

Las cuadrículas con accidentes son particularmente abundantes en la mitad norte del Principado, en la franja costera, pero hay que tener en cuenta el sesgo de esta variable a carreteras de primer orden (no se han georreferenciado los accidentes ocurridos en otras carreteras), que son más escasas en la Cordillera Cantábrica, y que concentran alrededor del 50% de la siniestralidad (Figura 6.78). En cualquier caso, los accidentes con fauna silvestre en carreteras de primer orden se concentran sobre todo en el corredor de transporte costero, en especial en el entorno de Tapia de Casariego, El Franco, Luarca y el tramo entre Llanes y Colombres. También hay una concentración importante de cuadrículas con alta densidad de accidentes en el corredor A-64/N-634/ferrocarril entre El Quintanal y Piloña. La densidad de accidentes parece ser inferior en el extremo occidental de la C. A.

III. Áreas en las que coinciden distintos criterios

En la Figura 6.79 se representan todas las cuadrículas en que se ha encontrado coincidencia de criterios en el Principado de Asturias (103 en total). La mayor concentración de cuadrículas con coincidencia de criterios se encuentra en el corredor de transporte costero occidental, entre Avilés y el límite con Galicia y en la AS-15 entre Cangas de Narcea y la A-63. El resto de las cuadrículas con coincidencias se encuentran de forma más dispersa o aisladas en Los Oscos (AS-28 en Castro y San Julián y AS-14 en Berducedo); AS-14 y AS-219 en Pola de Allande; Degaña (AS-15); Somiedo (AS-227); Ubiña-La Mesa (AS-228); corredor de la A-63 en Verdugo; AS-235 y AS-237 en Candamo; A-66 en Oviedo; N-630 en Soto Ribera; corredor de la A-66 en La Pereda; AP-66 en Campomanes; N-630 en La Frecha, Buelles y Puerto de Pajares; AS-112/ferrocarril entre Moreda y Cabañaquinta; AS-253 en Collada Vega y Collanzo; AS-17 en Celleruelo; A-64/N-634/ferrocarril en Fuentespino;

N-634/ferrocarril en Nava; N-634 en el entorno de Piloña; AS-17 en La Foz; N-625 en Amieva; corredor costero oriental en Lué, El Visu y Llanes; y AS-114 en Corao, Cabrales y Panes.

Directrices generales sobre acciones a desarrollar

Tanto el índice de patrimonio natural muy fragmentado como la coincidencia de criterios señalan al corredor de transporte costero occidental, entre Avilés y Galicia, como tramo de actuación prioritario, en el que sería recomendable aplicar una combinación de medidas de vallados perimetrales (en el corredor se encuentra una de las autovías con mayor siniestralidad por esta causa en toda España) combinados con pasos de fauna, o con gestión de márgenes en vías convencionales. La combinación de estas medidas contribuiría tanto a reducir la alta siniestralidad, como a asegurar la permeabilidad para la fauna en este complejo corredor de transporte con tres vías paralelas.

El índice de patrimonio natural poco fragmentado identifica como tramo con más cuadrículas prioritarias al gran corredor de infraestructuras de transporte que comunica con Castilla y León a través de Pajares, en el que se combinan también tres vías diferentes, a las que se añade la LAV. La permeabilidad para la fauna de este corredor de transporte es de importancia crítica para la futura conservación de la población cantábrica de oso pardo (*Ursos arctos*), ya que se encuentra entre las poblaciones oriental y occidental de la especie, actualmente posiblemente con muy poca o nula conexión demográfica y genética, y cuya conexión futura se considera un objetivo de importancia estratégica para la conservación de la especie. Es posible que parte de estas carreteras y ferrocarriles de transporte de montaña no causen serio problema de fragmentación, por tener suficientes túneles y pasos superiores e inferiores que permeabilicen la vía, pero se debe evaluar cuidadosamente la situación y la necesidad de actuación y tener en cuenta este factor en el diseño y construcción de la LAV.

Como ocurre en todas las CC. AA., el índice de patrimonio natural muy fragmentado ha podido identificar como prioritarias cuadrículas en las vías de transporte del entorno de grandes ciudades, incluyendo autovías de circunvalación, en el caso de Asturias, en especial Oviedo y Avilés, donde es posible que no sea ya recomendable

actuar por tratarse de un medio muy urbanizado, o con desarrollo urbanístico previsible en un futuro próximo. Pero si hay prevista la conservación a largo plazo de espacios naturales periurbanos, estas cuadrículas pueden estar señalando puntos de actuación crítica para el mantenimiento de la funcionalidad ecológica de estas áreas. Este índice también ha identificado como prioritarias cuadrículas en grandes nudos viarios donde posiblemente no sea recomendable actuar por razones parecidas, pero estas cuadrículas están indicando áreas donde la concentración de vías de transporte está causando un grado de fragmentación importante, que puntualmente podría requerir actuaciones de mitigación.

Tanto los índices de patrimonio natural como la combinación de criterios también han identificado como prioritarios varios tramos de vías de transporte o cuadrículas aisladas en carreteras de gran capacidad y en vías convencionales de calzada única en áreas de montaña bien conservadas en la Cordillera Cantábrica, varias de ellas con presencia de especies emblemáticas que pueden estar afectadas por el problema de fragmentación de hábitats, como el oso pardo o el urogallo (*Tetrao urogallus*). Estas carreteras pueden estar bien integradas en el paisaje y suelen tener poco tráfico, con lo que el efecto barrera que pueden causar sería despre-

ciable. Pero estas carreteras sí pueden contener puntos negros de atropello de fauna, y las áreas prioritarias pueden servir de guía para la localización de estos puntos y como listado de áreas particularmente sensibles al desarrollo de nuevas infraestructuras, en las que habría que prestar especial atención al problema de fragmentación en caso de ampliaciones o nuevas construcciones.

Por último, es evidente que en el Principado de Asturias hay un problema de importancia creciente con la siniestralidad causada por animales. La alta frecuencia de accidentes con fauna silvestre en autopistas o autovías resalta la importancia de que estas infraestructuras cuenten con un adecuado cerramiento perimetral y un buen mantenimiento. Dada la alta densidad de ungulados de esta CC. AA. también hay que considerar la necesidad para mitigar este problema, aplicando una gestión cinegética que permita garantizar el control de la expansión de poblaciones de algunos cérvidos y de jabalí; esta medida no solo contribuiría a reducir la siniestralidad vial, sino que también podría ser favorable tanto para la conservación de la biodiversidad forestal asturiana en general, como para la gestión de especies altamente amenazadas para las que la alta densidad de ungulados puede constituir un serio problema de conservación, como el urogallo.

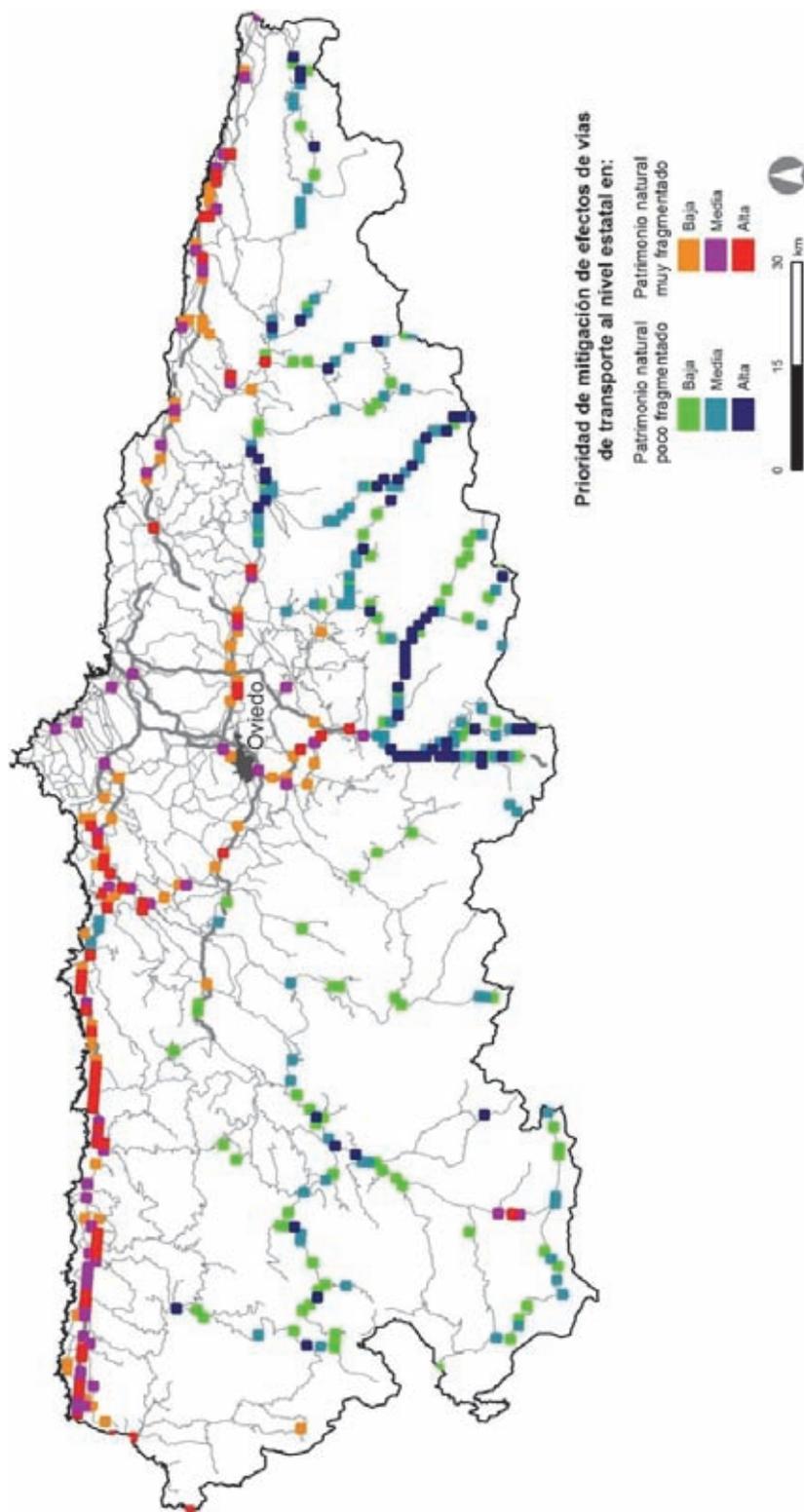


Figura 6.75. Áreas a desfragmentar. Selección a nivel estatal. Cuadrículas UTM de 1 km² correspondientes al Principado de Asturias de la selección realizada para todo el Estado a partir del modelo de áreas prioritarias para aplicar medidas de desfragmentación: 5.000 cuadrículas con mayor valor de cada uno de los dos índices seleccionadas en todo el Estado. Véase capítulo 4 y anexo I para detalles sobre metodología.

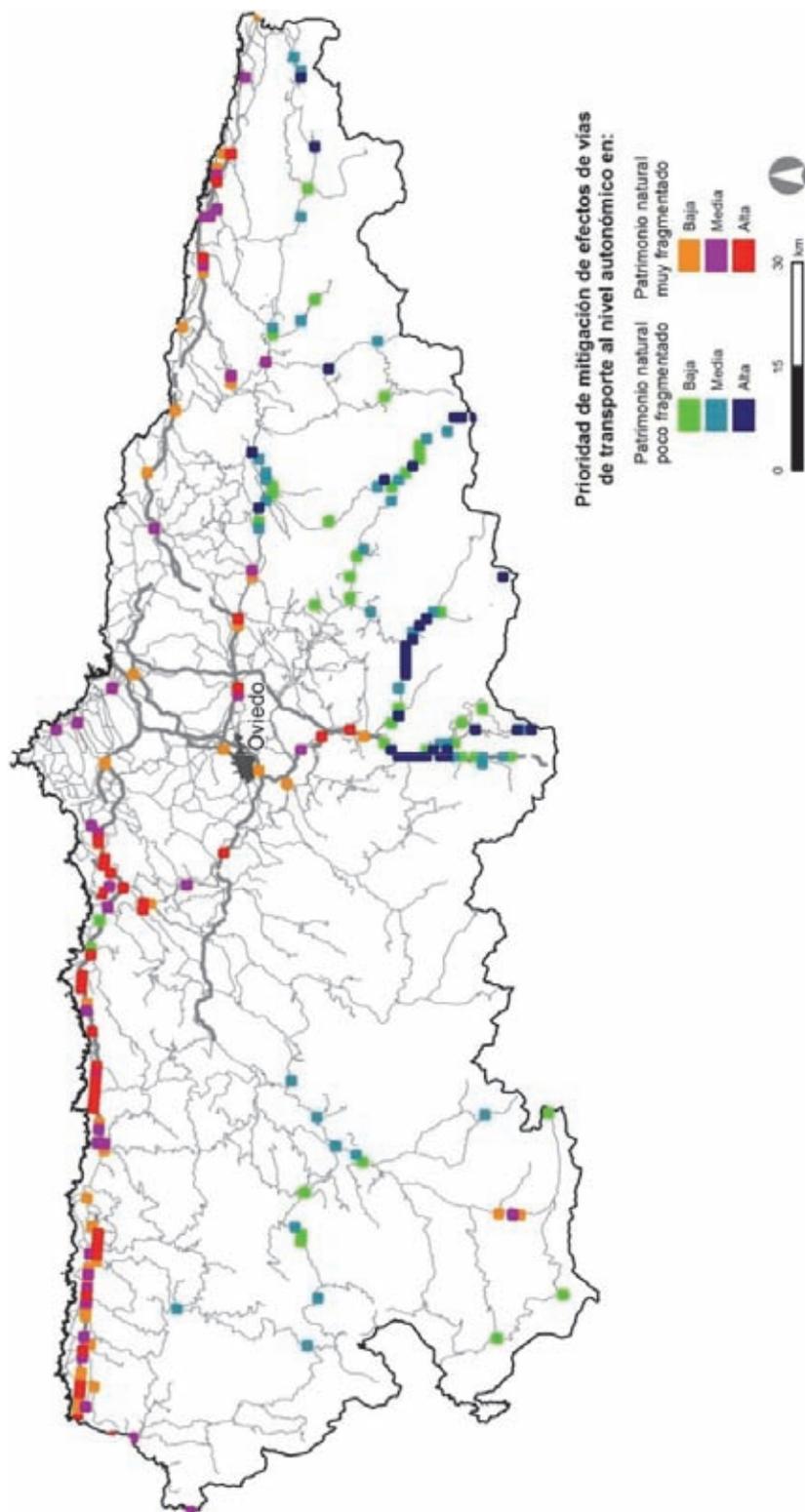


Figura 6.76. Áreas a desfragmentar. Selección a nivel autonómico. Se ha seleccionado en cada C. A. el 1% del total de cuadrículas UTM de 1 km² con mayor valor en cada uno de los dos índices de patrimonio natural (en total en ésta 220). Esta selección refleja por tanto las áreas más importantes en el Principado de Asturias independientemente del resto del Estado. Véase capítulo 4 y anexo I para detalles sobre metodología.

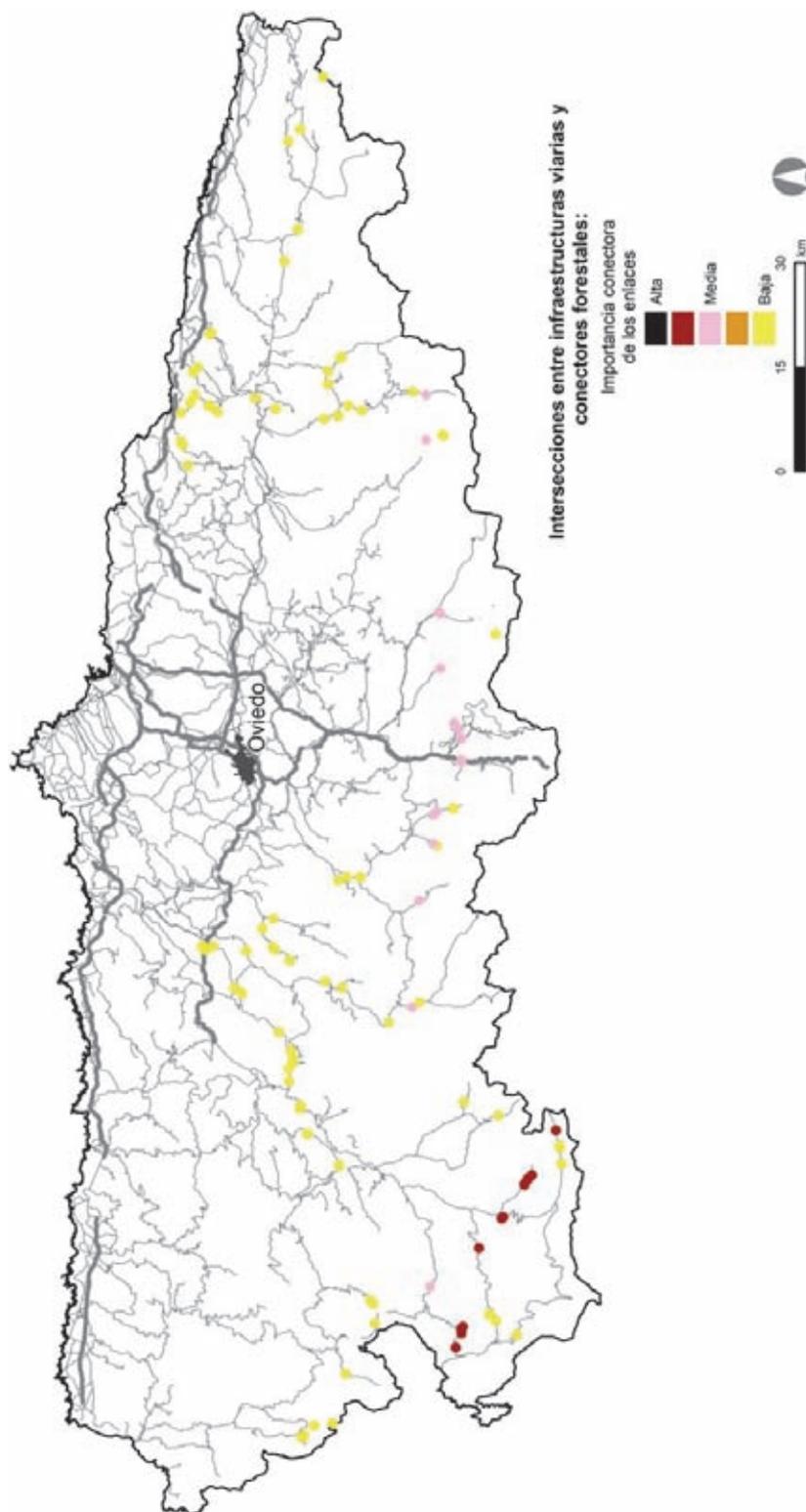


Figura 6.77. Áreas con intersecciones entre infraestructuras viarias y conectores forestales. Se indican los puntos de cruce entre vías de transporte y conectores forestales (enlaces entre nodos forestales identificados mediante la herramienta para el análisis de la conectividad ecológica CONEFOR, Saura y Torné 2009). Las intersecciones se han clasificado en cinco categorías de importancia, tres de ellas denominadas de importancia alta, media y baja, y las otras dos correspondientes a valores de importancia intermedios entre aquéllas. Véase capítulo 5 y anexo I.5 para detalles sobre metodología.

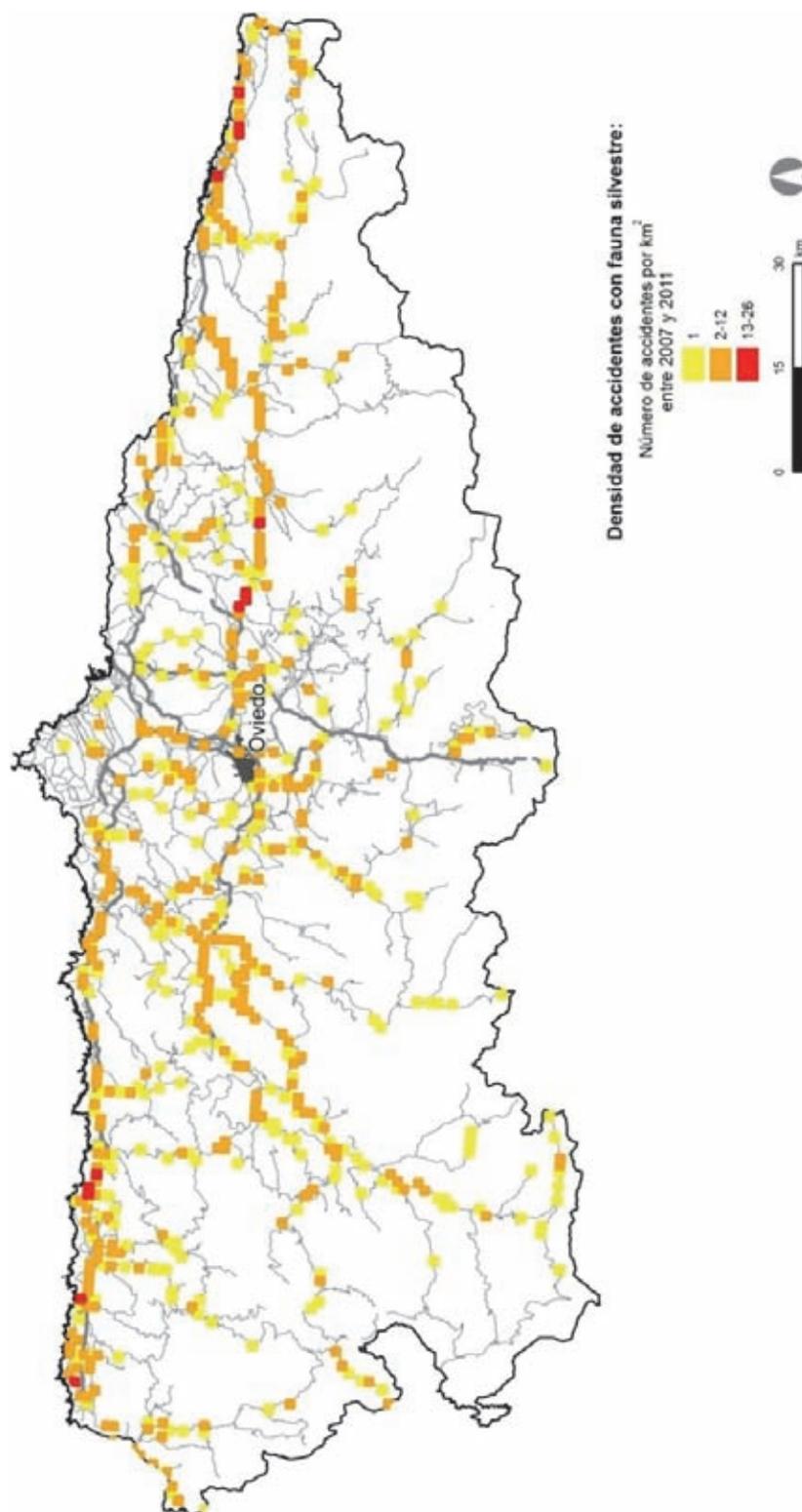


Figura 6.78. Densidad de accidentes con fauna silvestre. Se indican las cuadrículas UTM de 1 km² donde se ha registrado este tipo de siniestralidad (663 cuadrículas en total en Asturias), clasificadas por el número de accidentes en cada cuadrícula. Los registros corresponden a los de la base de datos ARENA (DG de Tráfico); se han georreferenciado alrededor del 50% del total de registros, localizados mayoritariamente en carreteras de doble calzada, autopistas y autopistas. Véase capítulo 5 y anexo I para detalles sobre metodología.

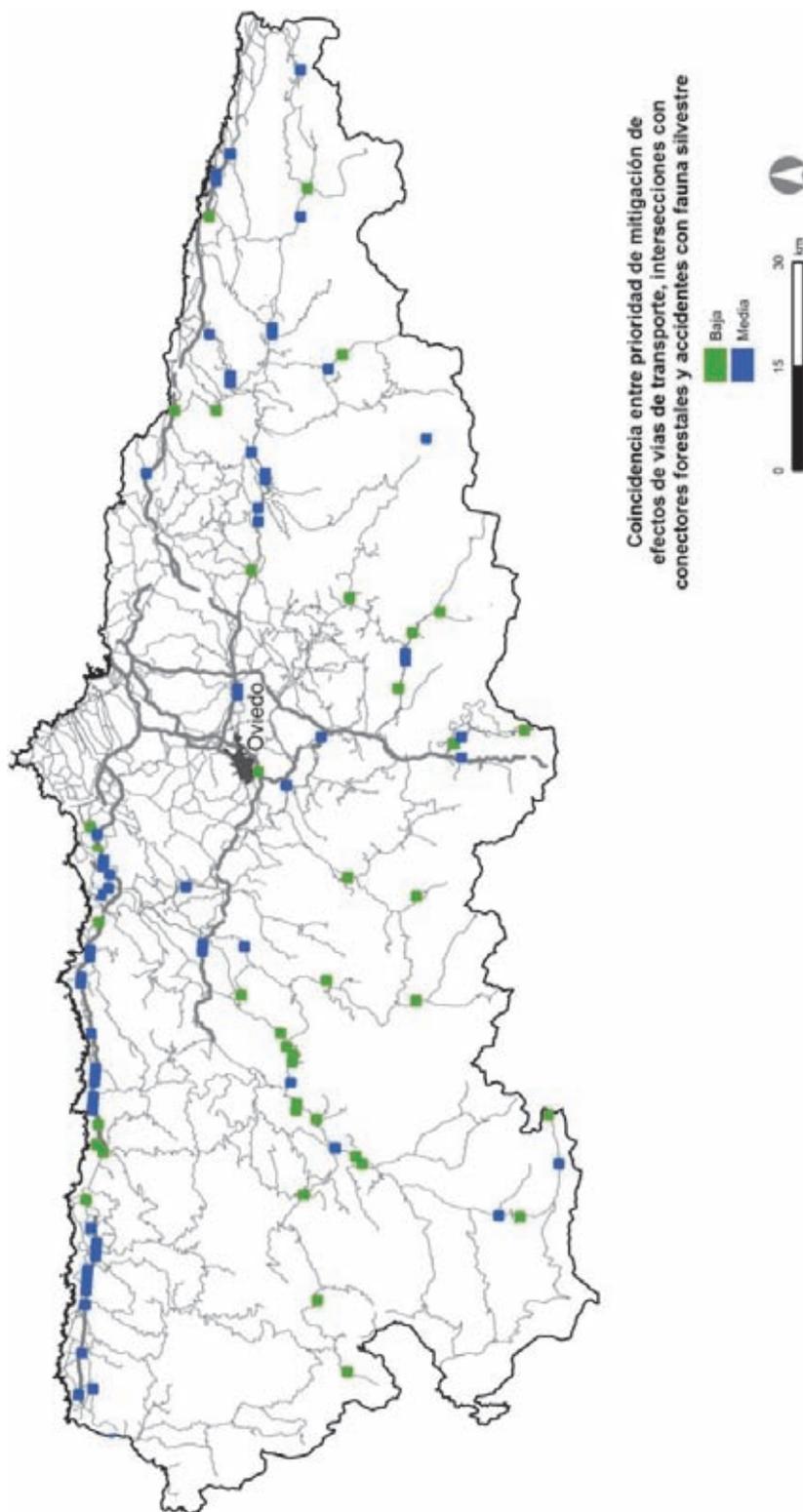


Figura 6.79. Áreas en las que coinciden distintos criterios. Se indican las cuadrículas UTM de 1 km² donde coinciden áreas a desfragmentar a nivel autonómico (Figura 6.76), intersecciones entre infraestructuras viarias y conectores forestales (Figura 6.77) y accidentes con fauna silvestre (Figura 6.78). Se han clasificado en tres categorías que reflejan número de coincidencias (2 o 3 criterios) y prioridad de cada uno de los índices (no existen cuadrículas con prioridad 'Alta' en esta C. A.). Dado el sesgo de la densidad de accidentes con fauna silvestre descrito en la Figura 6.78, se puede estar subestimando la presencia de cuadrículas con coincidencias en carreteras convencionales, de calzada única. Véase capítulo 5 y anexo I para detalles sobre metodología.

Diagnóstico general

Vulnerabilidad biológica a las infraestructuras lineales de transporte, tamaño efectivo de malla y densidad de red de infraestructuras lineales de transporte

- El valor medio del índice de vulnerabilidad biológica a las infraestructuras lineales de transporte en la Región de Murcia es uno de los menores de España (véase Tabla II.1 en anexo II). En la mayor parte de la Región de Murcia predominan los valores medios y bajos en este índice, que alcanza valores altos en áreas de tamaño más bien pequeño, o de forma dispersa, entremezclados con valores más bajos, en la costa del Cabo de Palos y Parque Regional de Calblanque, Cabo Tiñoso y Sierra de la Muela, Sierras del entorno de Mazarrón y Águilas, Parque Regional de Carrasco y El Valle, Sierra de Columbraes, Sierra de Espuña, Sierra de la Tercia, Sierra del Gigante, riberas de los ríos Guadalentín y Luchena, sierras del entorno de Cieza, Valle del Segura entre Cieza y Calasparra, sierras del noroeste y Sierra del Carche (véase Figura 3.2 en el apartado 3.2).

- La Región de Murcia tiene un territorio con tamaño efectivo de malla medio ligeramente inferior a la media estatal (véase Tabla II.1 en anexo II). En Murcia se encuentran áreas con máximo tamaño efectivo de malla en los extremos suroeste (Sierra del Gigante y valles de los ríos Luchena y Corneros) y noroeste de la C. A. (Sierra de Moratalla), que son una pequeña parte de la amplia área que engloba las sierras subbéticas en Andalucía y Albacete (véase Figura 3.8 en el apartado 3.3). Con tamaño efectivo de malla alto se encuentra el resto del noroeste de la C. A., hasta la altura aproximada de Calasparra y Caravaca de la Cruz. Áreas con tamaño efectivo de malla medio se encuentran en el resto del noroeste de la C. A., sierras del entorno de Lorca y Puerto Lumbreras, y zonas serranas entre Cieza y Jumilla. El resto de la Región de Murcia tiene tamaños efectivos de malla medio-bajos y bajos, destacando una amplia área continua con tamaño efectivo de malla mínimo que engloba la costa desde Cabo Tiñoso hasta San Pedro del Pinatar, el Campo de Cartagena, entorno de la ciudad de Murcia y vegas del Sangronera y Segura.

- El promedio de densidad de red de infraestructuras lineales de transporte en Murcia es muy similar al estatal (véase Tabla II.1 en anexo II). La densidad de red de infraestructuras lineales de

transporte es particularmente alta en el Campo de Cartagena, costa del Mar Menor y entorno de la capital, baja o muy baja en las sierras del suroeste y noroeste, e intermedia en el resto de la C. A. (véase Figura 3.10 en el apartado 3.4).

Prioridad de mitigación de efectos de vías de transporte: áreas a desfragmentar

La Región de Murcia tiene uno de los menores promedios en el índice de patrimonio natural poco fragmentado, alrededor de la mitad del promedio estatal, superando tan solo a Galicia, y similar a la Comunidad de Madrid y Castilla-La Mancha (véase Tabla II.2 en anexo II). Tiene también el cuarto menor promedio en el índice de patrimonio natural muy fragmentado, superando tan solo a Castilla-La Mancha, Aragón y Andalucía. Por tanto, podría considerarse una de las CC. AA. donde, globalmente, las medidas de desfragmentación serían menos necesarias, considerando el Estado en conjunto. En consecuencia, el número de cuadrículas de la selección autonómica es muy superior al de la selección estatal (Figuras 6.80 y 6.81). Por tanto, se ha basado la descripción de áreas a desfragmentar en la selección autonómica.

a) Áreas a desfragmentar situadas en zonas con índice de patrimonio natural poco fragmentado

Las cuadrículas prioritarias según el índice de patrimonio natural poco fragmentado (véase Figura 6.81) se concentran en la autovía A-91 entre Puerto Lumbreras y el límite con la provincia de Almería; RM-730 entre Barranda y el límite con Granada; RM-711 entre Lorca y el cruce con la RM-C14 y entre La Paca y Almudema; autovía RM-15 entre Caravaca de la Cruz y Bullas; corredor de transporte de la N-344 y la nueva autovía, entre el cruce con la A-30 cerca de Cieza y Jumilla; y la autovía A-30 y ferrocarril entre Cieza y el límite con la provincia de Albacete.

Otras cuadrículas prioritarias según este índice se encuentran en la RM-702 en Arroyo Tercero; carretera de Puerto Hondo en la Sierra de Moratalla; RM-715 cerca de Las Murtas; A-30 en el Puerto de la Cadena; A-7 en la circunvalación de Lorca y en el nudo viario de Totana (cruce con la autovía RM-3, la RM-315 y ferrocarril); RM-C15 y RM-701 en el valle del río Sangronera; carretera entre Zarcilla de Ramos y La Fuensanta cruzando la Sierra del Gigante; autovía RM-2 entre Alhama de Murcia y Los Maldonados; y AP-7/RM-332 entre Las Librillas y Mazarrón.

b) Áreas a desfragmentar situadas en zonas con índice de patrimonio natural muy fragmentado

Las cuadrículas prioritarias según el índice de patrimonio natural muy fragmentado (véase Figura 6.81) se concentran en la A-30 y tramos de ferrocarril entre Cancarix y el cruce con la carretera hacia Estación de Ulea; A-30 entre el cruce con la N-301 y el cruce con la A-7 y entre Murcia y el Puerto de la Cadena; RM-30 y LAV entre Murcia y Beniel; nudos viarios en Murcia y Alcantarilla (RM-30, A-7, A-30, N-340a, N-344, AP-7, otras carreteras y ferrocarril); AP-7, N-332 y carreteras convencionales entre San Javier y Cartagena; autovía RM-312 entre el cruce con la N-332 y Cabo de Palos; autovías en el entorno de Cartagena (A-30, AP-7, CT-32 y CT-34) y autovías y carreteras en el entorno de Águilas (AP-7, RM-11 y RM-333). Otras concentraciones de cuadrículas de menor importancia o cuadrículas dispersas se encuentran en el nudo viario de Abanilla (RM-412, RM-A7, RM-413 y otras carreteras); RM-514 y RM-B17 en Blanca; RM-523 en Ulea; A-7 en el cruce con la RM-1 y RM-414 y en el cruce con la RM-423; RM-15 entre Mula y Albudeite; A-7 y ferrocarril entre Alcantarilla y Librilla, en Alhama de Murcia y entre La Hoya y Lorca; cruce de la A-30 y la RM-19; RM-19 entre la A-30 y San Javier; RM-2 y cruces con otras carreteras en Totana y Fuente Álamo de Murcia; RM-11 cerca de Lorca y en Purias; y AP-7 cerca de Águilas, en Garrobbillo y en la Sierra de las Morenas.

Otros índices complementarios para la identificación final

I. Conectividad forestal

El promedio en la Región de Murcia del índice de intersección entre infraestructuras viarias y conectores forestales es el tercero más alto de España, similar al del País Vasco (véase Tabla II.2 en anexo II). Este alto valor medio refleja la presencia de un alto número de conectores forestales de importancia variada y gran longitud que conectan los múltiples nodos forestales de tamaño limitado presentes en varias sierras de la C. A. con el gran nodo forestal de las sierras subbéticas (véase Figura I.5 en anexo I), dentro de una matriz con fuerte resistencia a la dispersión de especies forestales (véase Figura I.6- en anexo I).

En consecuencia, las intersecciones entre conectores forestales y vías de transporte (véase Figura 6.82) están distribuidas por la mayor parte de la

C. A., con la excepción de la franja costera meridional. Destacan las intersecciones entre conectores forestales de importancia alta y la LAV en las inmediaciones del pico Cabeza de Asno, con la nueva autovía en Casas del Puerto, con la A-30 cerca de Venta Pañales, con la RM-15 en Mula y con la A-7 cerca de Librilla y La Hoya.

II. Densidad de accidentes con fauna silvestre

La densidad de accidentes en la Región de Murcia es la menor de toda España, cinco veces menor que la media estatal (véase Tabla II.2 en anexo II). Esta baja siniestralidad se explica por la ausencia de corzo (*Capreolus capreolus*), la presencia testimonial de ciervo (*Cervus elaphus*), y la densidad de jabalí (*Sus scrofa*) relativamente baja en los paisajes agrarios y esteparios con vegetación de baja altura que dominan buena parte del territorio de esta C. A. En Murcia tan solo se han registrado 161 accidentes (compárese con los 3.545 registrados en el mismo periodo en el Principado de Asturias, la C. A. con mayor densidad de accidentes y una superficie parecida). Además, el porcentaje de accidentes georreferenciado en Murcia es particularmente bajo; los pocos accidentes que se han georreferenciado se registraron en la mitad norte de la Comunidad (véase Figura 6.84).

III. Áreas en las que coinciden distintos criterios

En la Figura 6.84 se representan todas las cuadrículas en que se ha encontrado coincidencia de criterios en la Región de Murcia (19 en total). Las cuadrículas se encuentran en la RM-424 en Casa de Selva; corredor A-30, RM-532 y RM-B19 en las inmediaciones de Cieza; RM-715 en Las Murtas; carretera de Puerto Hondo en la Sierra de Moratalla; RM-15 en Mula; RM-711 en el cruce con la RM-C14; RM-701 en el valle del río Sangonera; y A-7 en La Hoya y la circunvalación de Lorca.

Directrices generales sobre acciones a desarrollar

El índice de patrimonio natural poco fragmentado y la coincidencia de criterios señalan al corredor de la N-344 y la nueva autovía como el tramo más prioritario. Los índices de patrimonio natural también identifican otros tramos de autovías como prioritarios. En estos casos puede ser con-

veniente aplicar medidas de permeabilización de las autovías o autopistas implicadas.

Como ocurre en todas las CC. AA., el índice de patrimonio natural muy fragmentado ha podido identificar como prioritarias cuadrículas en las vías de transporte del entorno de grandes ciudades, incluyendo autovías de circunvalación, en el caso de esta C. A. Murcia, Alcantarilla, Cartagena y Lorca, donde es posible que no sea ya recomendable actuar por tratarse de un medio muy urbanizado, o con desarrollo urbanístico previsible en un futuro próximo. Pero si hay prevista la conser-

vación a largo plazo de espacios naturales periurbanos, estas cuadrículas pueden estar señalando puntos de actuación crítica para el mantenimiento de la funcionalidad ecológica de estas áreas.

Este índice también ha identificado como prioritarias cuadrículas en grandes nudos viarios donde posiblemente no sea recomendable actuar por razones parecidas, pero estas cuadrículas están indicando áreas donde la concentración de vías de transporte está causando un grado de fragmentación importante, que puntualmente podría requerir actuaciones de mitigación.

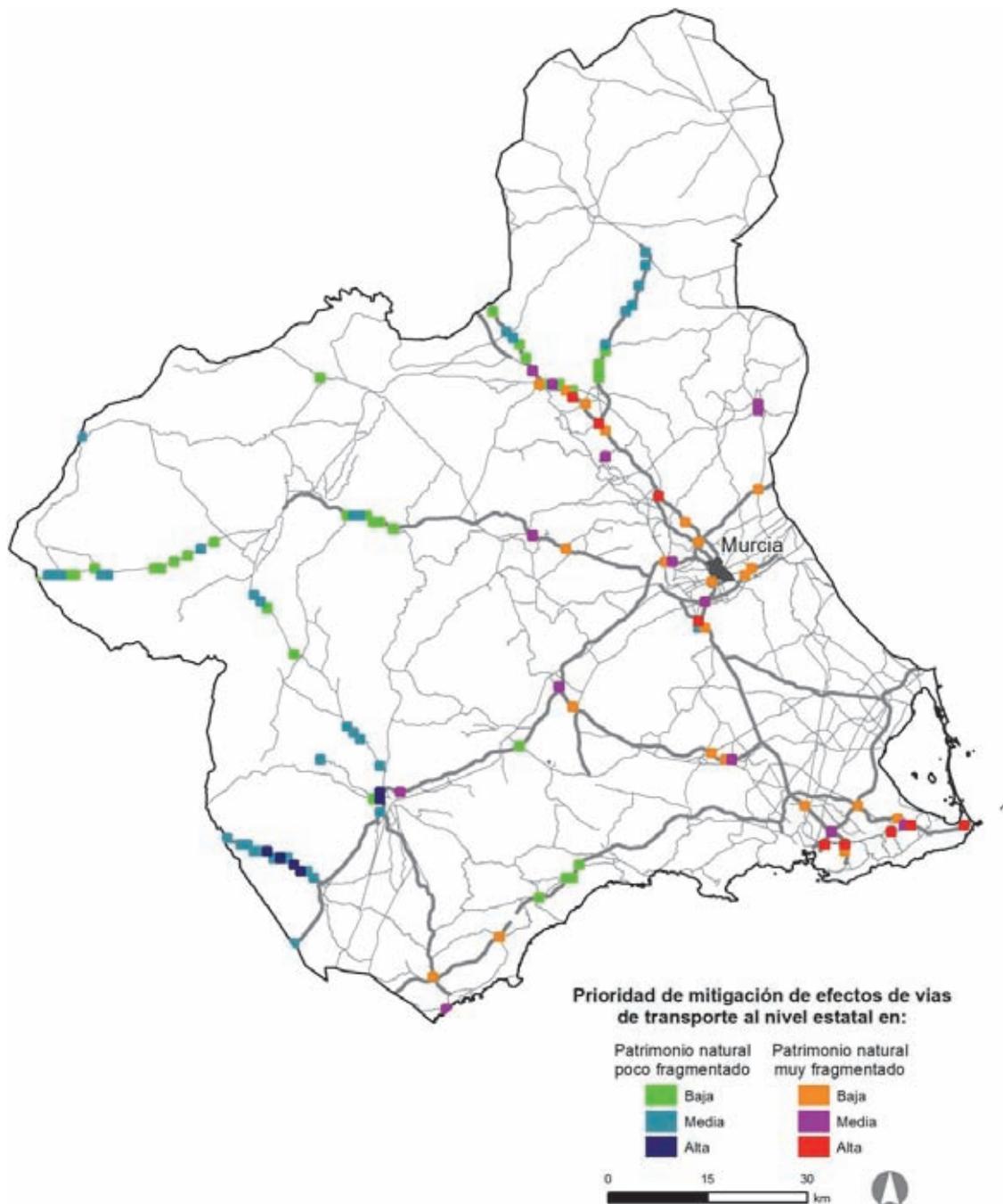


Figura 6.80. Áreas a desfragmentar. Selección a nivel estatal. Cuadrículas UTM de 1 km² correspondientes a la Región de Murcia de la selección realizada para todo el Estado a partir del modelo de áreas prioritarias para aplicar medidas de desfragmentación: 5.000 cuadrículas con mayor valor de cada uno de los dos índices seleccionadas en todo el Estado. Véase capítulo 4 y anexo I para detalles sobre metodología.

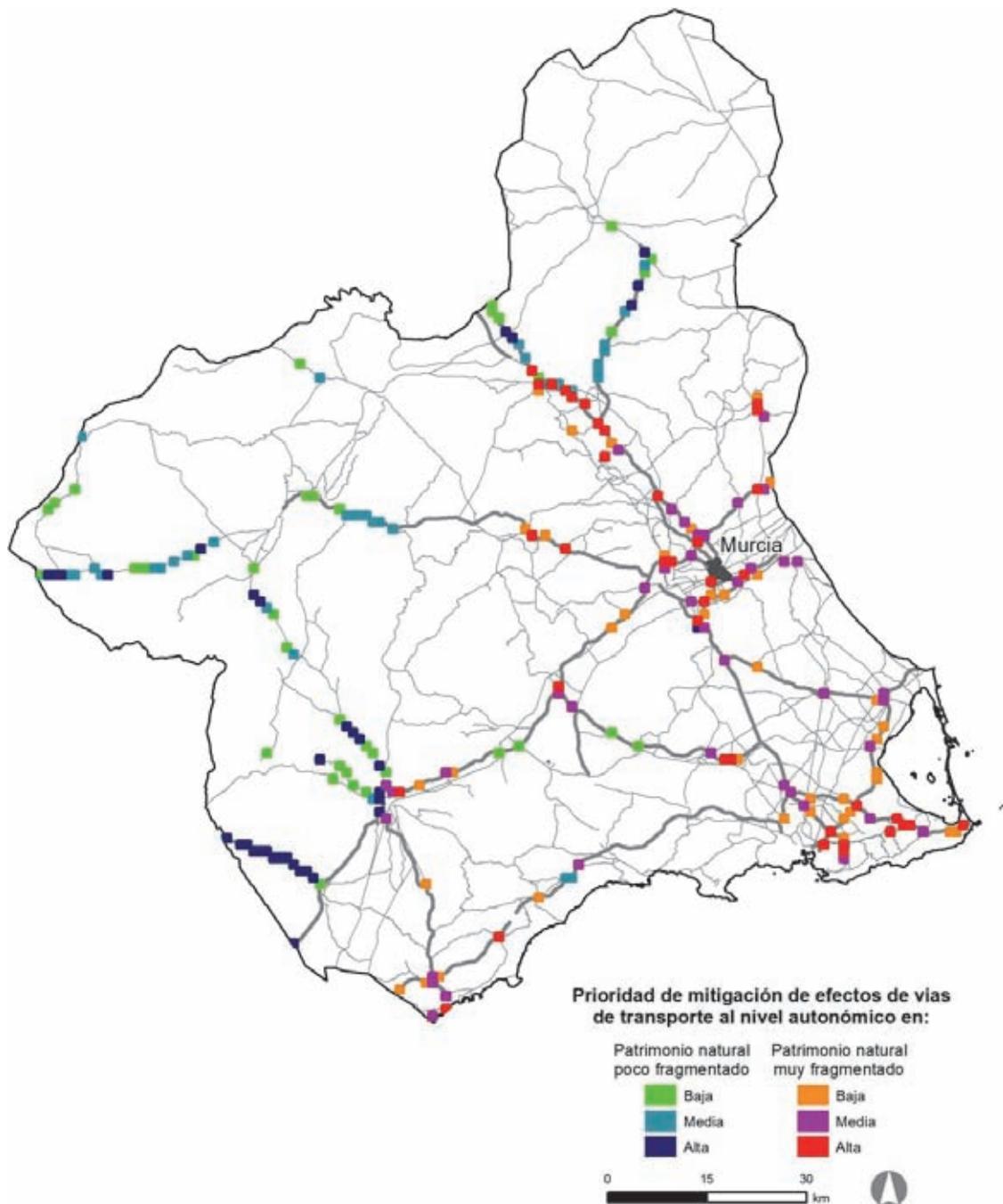


Figura 6.81. Áreas a desfragmentar. Selección a nivel autonómico. Se ha seleccionado en cada C. A. el 1% del total de cuadrículas UTM de 1 km² con mayor valor en cada uno de los dos índices de patrimonio natural (en total en ésta 234). Esta selección refleja por tanto las áreas más importantes en la Región de Murcia independientemente del resto del Estado. Véase capítulo 4 y anexo I para detalles sobre metodología.

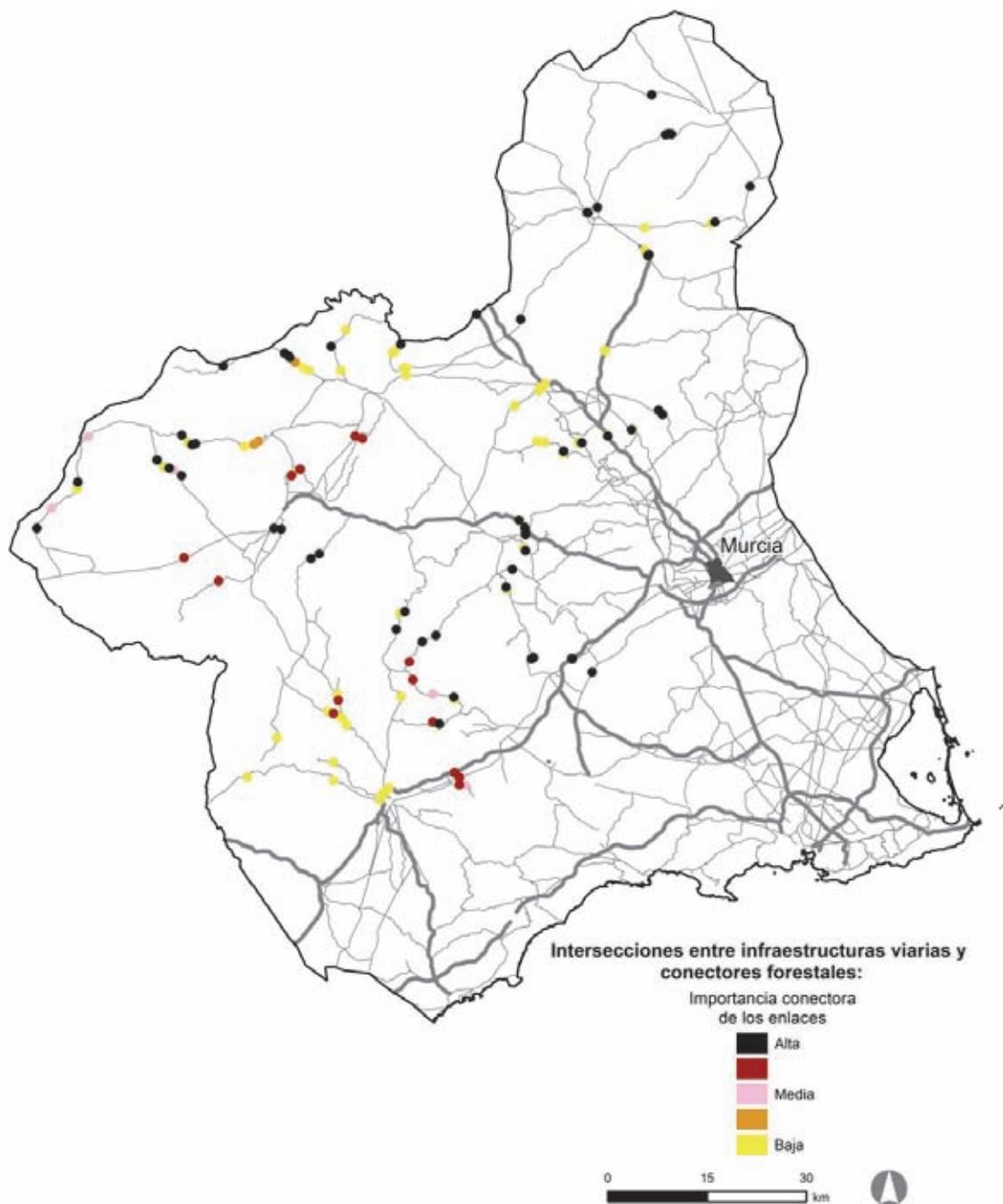


Figura 6.82. Áreas con intersecciones entre infraestructuras viarias y conectores forestales. Se indican los puntos de cruce entre vías de transporte y conectores forestales (enlaces entre nodos forestales identificados mediante la herramienta para el análisis de la conectividad ecológica CONEFOR, Saura y Torné 2009). Las intersecciones se han clasificado en cinco categorías de importancia, tres de ellas denominadas de importancia alta, media y baja, y las otras dos correspondientes a valores de importancia intermedios entre aquéllas. Véase capítulo 5 y anexo I.5 para detalles sobre metodología.

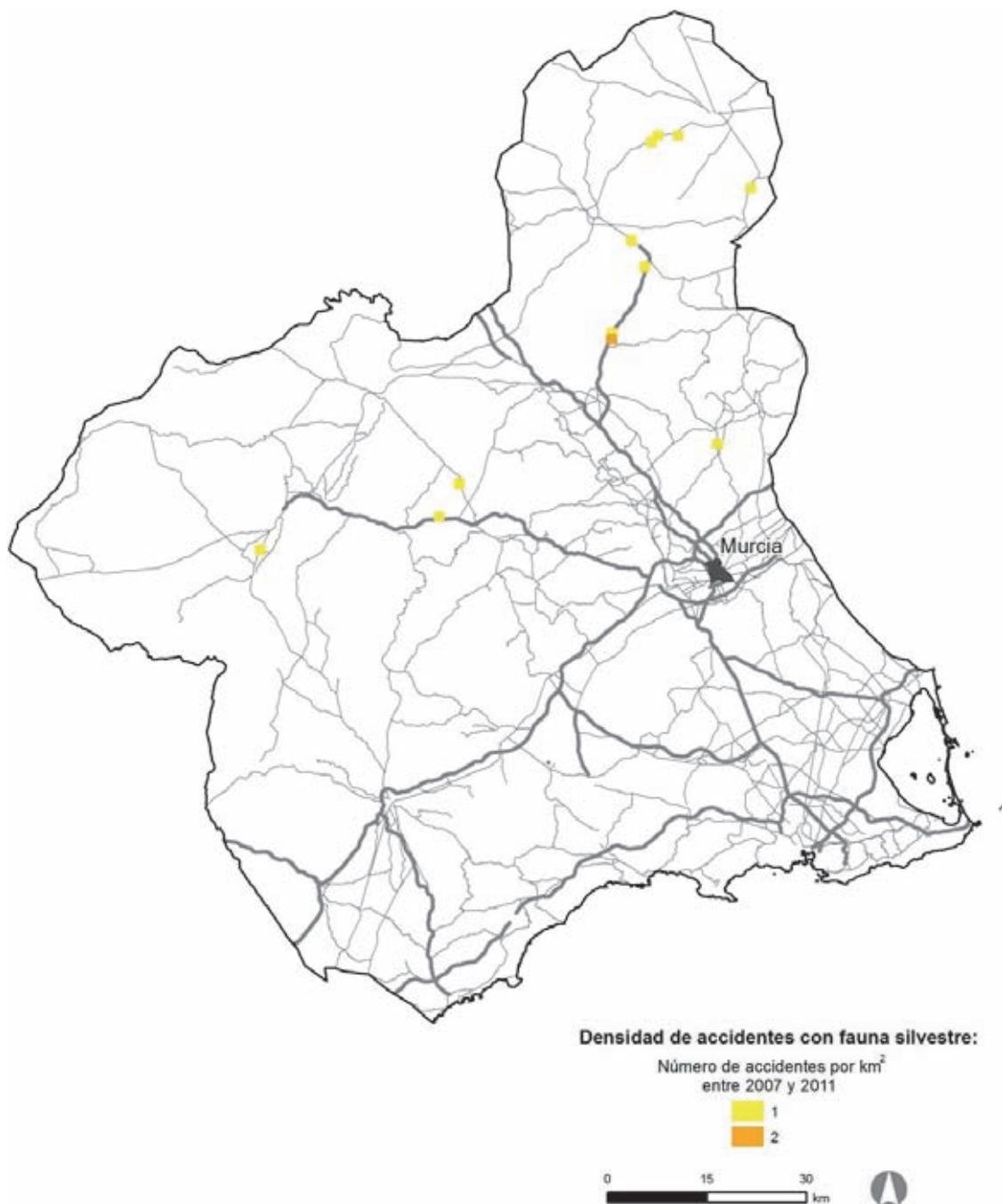


Figura 6.83. Densidad de accidentes con fauna silvestre. Se indican las cuadrículas UTM de 1 km² donde se ha registrado este tipo de siniestralidad (73 cuadrículas en total en la Región de Murcia), clasificadas por el número de accidentes en cada cuadrícula. Los registros corresponden a los de la base de datos ARENA (DG de Tráfico); se han georreferenciado alrededor del 50% del total de registros, localizados mayoritariamente en carreteras de doble calzada, autovías y autopistas. Véase capítulo 5 y anexo I para detalles sobre metodología.

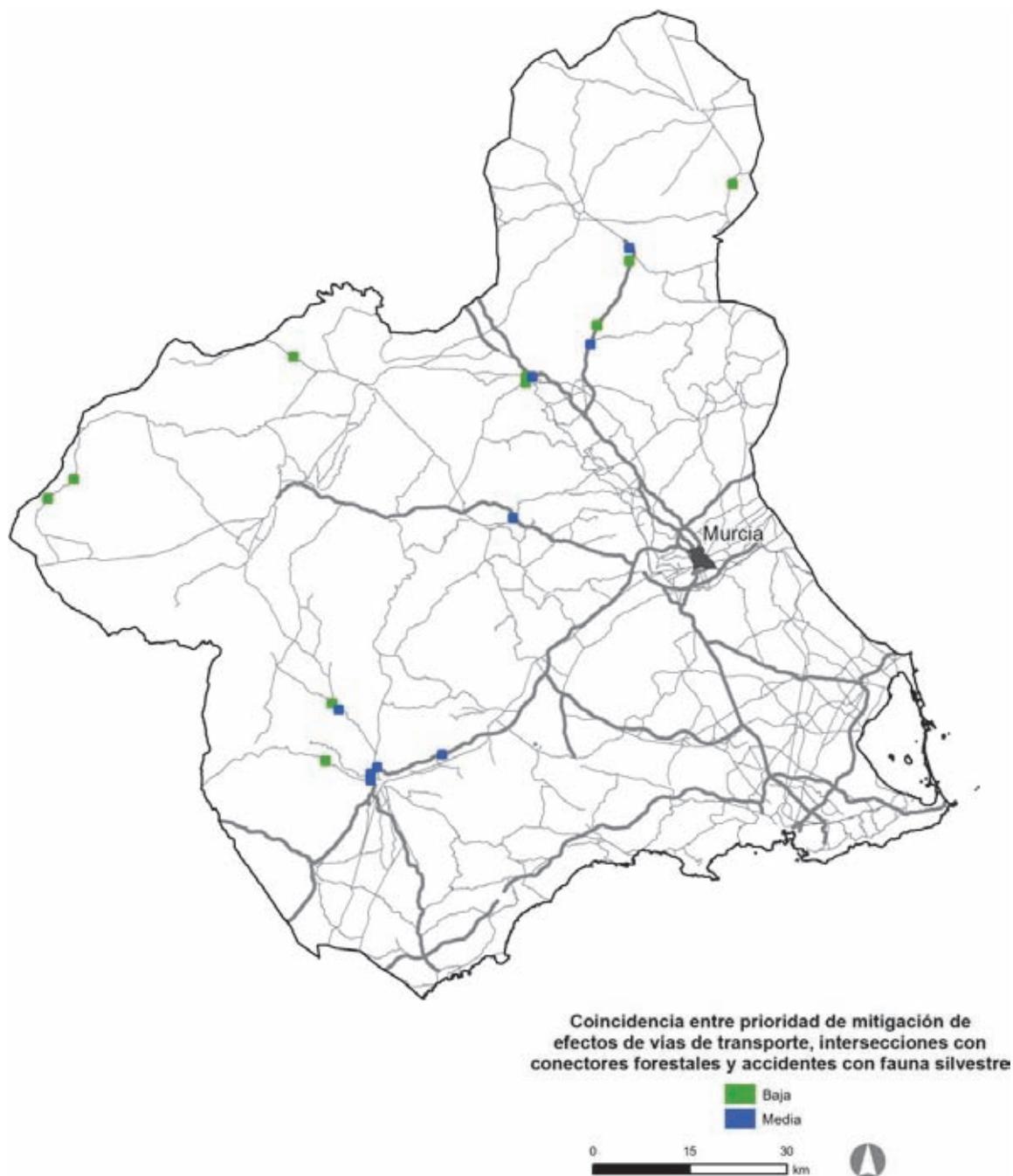


Figura 6.84. Áreas en las que coinciden distintos criterios. Se indican las cuadrículas UTM de 1 km² donde coinciden áreas a desfragmentar a nivel autonómico (Figura 6.81), intersecciones entre infraestructuras viarias y conectores forestales (Figura 6.82) y accidentes con fauna silvestre (Figura 6.83). Se han clasificado en tres categorías que reflejan número de coincidencias (2 o 3 criterios) y prioridad de cada uno de los índices (no existen cuadrículas con prioridad 'Alta' en esta C. A.). Dado el sesgo de la densidad de accidentes con fauna silvestre descrito en la Figura 6.83, se puede estar subestimando la presencia de cuadrículas con coincidencias en carreteras convencionales, de calzada única. Véase capítulo 5 y anexo I para detalles sobre metodología.



Presentación



Conceptos básicos



Metodología general para la identificación de áreas a desfragmentar. Resultados de los índices de base



Modelos de áreas prioritarias a desfragmentar



Criterios complementarios para priorizar las áreas a desfragmentar



Fichas descriptivas de las áreas prioritarias a desfragmentar por CC. AA.



Anexos

Anexo I. Metodología

En todos los análisis la escala de variación ha sido España peninsular, Baleares y Canarias y la escala de resolución ha sido la cuadrícula UTM de 1 km². Todos los cálculos se hicieron en el sistema de coordenadas European Datum 1950 –Zona UTM 30N, tanto los de formato ráster como los de vectorial. Posteriormente se representaron los valores para Canarias según el sistema de coordenadas WGS 1984– Zona UTM 28N. La cartografía se presenta en formato vectorial, salvo que se indique lo contrario. A continuación se explica de una forma más detallada cómo se procedió para obtener todos los índices presentados en el documento.

1.1. Índice de vulnerabilidad biológica a las infraestructuras de transporte

Para determinar cuáles son las zonas prioritarias a desfragmentar es necesario conocer qué valor de conservación presenta el territorio. Para ello se combinaron los siguientes subíndices indicadores del grado de conservación del territorio y su vulnerabilidad potencial a las infraestructuras lineales de transporte: áreas agrarias y forestales de alto valor natural (HNV, del término inglés usado en la UE, *High Natural Value areas*), índice de biodiversidad (IB), riqueza de especies objetivo respecto a las infraestructuras lineales de transporte (REO), índice de abundancia de ríos y humedales (RH) y presencia de áreas naturales protegidas (ANP). Estos indicadores se reescalaron entre 0 y 50 y se combinaron para obtener un único valor de vulnerabilidad biológica a las infraestructuras lineales de transporte (VB) según la fórmula siguiente:

$$VB = HNV + IB + REO + RH + ANP$$

El resultado de esta fórmula de nuevo se reescaló entre valores de 0 y 50 para la representación cartográfica. Hay que resaltar que esta fórmula podría ser fácilmente modificable, y por tanto el modelo alterado en el sentido que se desee (por ejemplo, si se quiere dar más peso a las especies objetivo o si se quiere dar más peso a una especie asociada a ríos y humedales, como puede ser el visón europeo, se podría añadir un coeficiente o

potencia para multiplicar el peso de estas variables en el modelo global).

A continuación se detalla cómo se ha calculado cada uno de los subíndices que forman parte del índice de vulnerabilidad a las infraestructuras lineales de transporte.

1.1.1. Áreas agrarias y forestales de Alto Valor Natural

Las áreas agrarias y forestales de alto valor natural que se consideran en este trabajo son las resultantes del trabajo *Modelización de las áreas agrarias y forestales de alto valor en España* (MARM 2011). En dicha obra se establecía el valor natural agrícola/ganadero y forestal para cada cuadrícula de 1 km x 1 km de España. Para el presente trabajo se han usado los mapas de alto valor natural agrario y de alto valor natural forestal que se encuentran reescalados entre 0 y 50, siendo 50 el valor más alto. Aunque en este trabajo solo se ha usado el resultado final, los autores del informe antes citado hicieron los cálculos diferenciando según cuatro regiones geográficas: región mediterránea (englobando los tres pisos bioclimáticos mediterráneos), norte (englobando a las regiones biogeográficas eurosiberiana y alpina), Baleares y Canarias.

1.1.2. Índice de biodiversidad

Para calcular el valor de biodiversidad del territorio se empleó un índice propuesto por Rey Benayas y De la Montaña (2003), que denominaron índice combinado de biodiversidad. Para el cálculo de este índice se consideró la distribución de todos los vertebrados terrestres autóctonos de España (anfibios, reptiles, aves y mamíferos) según los atlas de distribución publicados por el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (Martí y del Moral 2003, Pleguezuelos *et al.* 2004, Palomo *et al.* 2007) y que se encuentran a una resolución de 10 km x 10 km. El índice combinado de biodiversidad tiene la siguiente forma:

$$IB = \sum_{i=1}^n (1/C_i) V_{ij}$$

Donde n es el número total de especies consideradas, $1/C_i$ indica la rareza y V_{ij} la vulnerabilidad, es decir, que representa las cuadrículas de 10 km x 10 km que concentran un gran número de especies de distribución restringida y con alto grado de amenaza. La rareza para cada especie es la inversa del número de cuadrículas en que la especie está presente. C_i , por tanto, es el número de cuadrículas que ocupa la especie i , y este valor se aplica a las cuadrículas (j) con presencia de esa especie (Araújo 1999). V_{ij} es el valor de vulnerabilidad de cada especie i en cada cuadrícula j . La vulnerabilidad se calcula estableciendo un valor para cada especie en función del grado de amenaza que presenta según se detalla en los atlas y libros rojos a nivel nacional (Madroño *et al.* 2004, Pleguezuelos *et al.* 2004, Palomo *et al.* 2007). Los valores de vulnerabilidad considerados en el análisis y su correspondiente categoría de amenaza son:

- 5: En peligro crítico (CR)
- 4: En peligro (EN)
- 3: Vulnerable (VU)
- 2: Casi amenazada (NT)
- 1: Preocupación menor (LC), Datos insuficientes (DD) y No evaluada (NE).

Así, para el cálculo del índice, cada especie tendrá el valor de vulnerabilidad donde está presente.

Por tanto, para cada especie, el índice es la multiplicación de su rareza por su vulnerabilidad. El índice final será la suma del valor obtenido para todas las especies.

Al igual que para las áreas agrarias y forestales de alto valor natural, el índice de biodiversidad también se calculó de manera independiente para las cuatro regiones mencionadas anteriormente.

Una vez obtenido el índice de biodiversidad en cada una de las cuadrículas de 10 km x 10 km, se realizó una regresión lineal múltiple por pasos sucesivos del índice con una serie de variables ambientales (véase Tabla I.1). De esta manera se obtuvo un modelo de biodiversidad para cada una de las regiones. Las variables que fueron seleccionadas en los distintos modelos y sus coeficientes pueden consultarse en la Tabla I.2.

Cada uno de los modelos del índice de biodiversidad a 10 km x 10 km se extrapolaron a cuadrículas de 1 km x 1 km, ya que no se disponía de las

Tabla I.1 Variables ambientales usadas en las modelizaciones del índice de biodiversidad.

Factor	Variable	Código
Geográfico	Latitud	Lati
	Longitud	Long
Topográfico	Altitud media ⁽¹⁾	Alti
	Pendiente ⁽¹⁾	Pend
Climático	Evapotranspiración potencial ⁽²⁾	ETP
	Evapotranspiración real ⁽²⁾	ETR
	Radiación solar ⁽³⁾	RadS
	Temperatura media de las mínimas de enero ⁽⁴⁾	Tene
	Temperatura media de las máximas de julio ⁽⁴⁾	Tjul
	Temperatura media anual ⁽⁴⁾	Tmed
	Precipitación media anual ⁽⁴⁾	Prec
	Precipitación media de primavera ⁽⁴⁾	Ppri
	Precipitación media de verano ⁽⁴⁾	Pver
	Precipitación media de otoño ⁽⁴⁾	Poto
	Precipitación media de invierno ⁽⁴⁾	Pinv
Uso del suelo	Porcentaje de superficie forestal ⁽⁵⁾	SFor
	Porcentaje de superficie agrícola ⁽⁶⁾	SAgro
Humano	Porcentaje de superficie urbanizada ⁽⁶⁾	Urban
	Densidad de población ⁽⁷⁾	Pobl

Fuente de las variables: (1): US Geological Survey (1996); (2): Mu *et al.* (2007); (3): Kumar *et al.* (1997) y Greif y Scharmer (2000); (4): Atlas Climático Digital de la Península Ibérica (Ninyerola *et al.* 2005) y WorldClim (Hijmans *et al.* 2005) para la España insular; (5): MFE (2007); (6): SIGPAC (2007); (7): LandScan 2000 Global Population Database (Dobson *et al.* 2000).

Tabla I.2 Modelos del índice de biodiversidad en las distintas regiones consideradas. Abreviaturas de las variables como en la Tabla I.1.

Región	Modelo
Mediterránea	$2,71 - (0,00265 * S_{Agro} - 0,00023) * (RadS - 0,00165 * ETR) + (0,00161 * P_{ver} - (0,00617 * P_{end}) - (0,00277 * Urban) - (0,00055 * S_{For}) + (0,00091 * Prec) - (21,97 * Long) - (28,4 * Lati) - (0,0256 * T_{Jul}) + (0,00152 * ETP)$
Norte	$1,36 + (90,2 * Long) - (0,00499 * S_{For}) - (0,00219 * S_{Agro}) - (0,00423 * P_{ver}) - (0,0565 * T_{Jul}) + (0,00117 * P_{pri})$
Baleares	$-6,37 + (0,0186 * ETR)$
Canarias	$23,3 - (1,38 * T_{Jul} + 0,762) * T_{med}$

Nota: Para el caso de Baleares, la única variable que fue seleccionada en el modelo fue la latitud, debido a que las zonas con mayores valores del índice se encuentran en las islas más orientales, que a la vez son las de mayor latitud. Para evitar ese efecto espúreo de la latitud y para poder aportar al modelo un mayor poder explicativo, se eliminó la latitud de las variables de partida consideradas y se repitió el modelo. Finalmente, el modelo obtenido es el que se muestra en la tabla.

variables a esa escala de resolución. Se procedió a la eliminación de los valores atípicos o muy extremos (*outliers*), mediante el establecimiento del límite siguiente calculado sobre los valores esperados del modelo a 100 km²:

$$\text{Media} \pm 3,5 \times \text{desviación estándar}$$

Este límite se aplicó a los valores del modelo proyectado a 1 km². Una vez obtenido el resultado del modelo a 1 km x 1 km, se reescaló linealmente entre 0 y 50.

1.1.3. Índice de riqueza de especies objetivo respecto a las infraestructuras lineales de transporte

En el cálculo del índice de biodiversidad se consideraba a todos los vertebrados. En este otro índice se quiere destacar el fuerte impacto negativo que puede tener para determinadas especies la fragmentación por infraestructuras de transporte, las que denominamos especies "objetivo" (definidas también como especies "focales", véase documento 4 de esta serie, MARM 2010). Las especies objetivo son las especies de referencia de interés para la evaluación y priorización de áreas afectadas por la fragmentación de hábitats causada por las infraestructuras de transporte y, en particular, para la elección de los puntos que requieren actuaciones de desfragmentación. Se trata de especies especialmente sensibles a la fragmentación o que son causantes de accidentes. En concreto los criterios para la elección de las especies objetivo han sido, especies que:

- a) Requieren extensas áreas de campeo.
- b) Se ven afectadas por el efecto barrera de las vías de transporte.

c) Sus áreas de distribución solapan con la red viaria de gran capacidad.

d) Amenazadas y altamente vulnerables a la mortalidad por atropello.

e) Causantes de accidentes en carreteras. Riesgo para la seguridad vial.

El total de especies consideradas como objetivo ha sido de 33 y están enumeradas en la Tabla I.3. Los anfibios y los quirópteros finalmente no se incluyeron porque los primeros quedan reflejados en el índice de abundancia de ríos y humedales y los segundos tienen buena parte de sus áreas de distribución recogidas en los LIC (ambos aspectos se consideran en otros índices, véase apartados I.1.4 y I.1.5).

Para el cálculo del indicador de las especies objetivo se obtuvo el grado de amenaza de cada una de ellas y se calculó la vulnerabilidad de la siguiente forma:

$$EO = \sum_{i=1}^n V_{ij}$$

Donde EO es el indicador de vulnerabilidad de especies objetivo, n es el número total de especies consideradas y V_{ij} es el valor de vulnerabilidad de cada especie i en cada cuadrícula j. El valor de vulnerabilidad se establece según la categoría de amenaza y toma los mismos valores que en el apartado I.1.2. Cada especie tendrá el valor de vulnerabilidad en las cuadrículas donde está presente.

Una vez obtenido el índice de vulnerabilidad de especies objetivo a 10 km x 10 km, se hizo un modelo en cada una de las regiones geográficas consideradas mediante una regresión lineal múltiple por pasos sucesivos, que posteriormente se extrapoló a 1 km x 1 km de forma análoga a lo explicado en el apartado I.1.2. El tratamiento de los *outliers* y el reescalado a 0-50 también se rea-

Tabla I.3 Especies consideradas en el indicador de especies objetivo.

Clase	Nombre común	Nombre científico
Reptiles	Camaleón	<i>Chamaeleo chamaeleon</i>
	Culebra de herradura	<i>Hemorrhois hippocrepis</i>
	Culebra verdiamarilla	<i>Hierophis viridiflavus</i>
	Culebra lisa europea	<i>Coronella austriaca</i>
	Culebra lisa meridional	<i>Coronella girondica</i>
	Culebra de Esculapio	<i>Zamenis longissimus</i>
	Culebra de escalera	<i>Rhinechis scalaris</i>
	Culebra bastarda	<i>Malpolon monspessulanus</i>
	Culebra de cogulla	<i>Macroprotodon brevis</i>
	Culebra viperina	<i>Natrix maura</i>
	Culebra de collar	<i>Natrix natrix</i>
	Víbora aspid	<i>Vipera aspis</i>
	Víbora hocicuda	<i>Vipera latastei</i>
	Víbora de Seoane	<i>Vipera seoanei</i>
Aves	Avutarda	<i>Otis tarda</i>
	Ratonero	<i>Buteo buteo</i>
	Cernícalo vulgar	<i>Falco tinnunculus</i>
	Lechuza	<i>Tyto alba</i>
	Mochuelo	<i>Athene noctua</i>
Mamíferos	Erizo europeo	<i>Erinaceus europaeus</i>
	Erizo moruno	<i>Atelerix algirus</i>
	Lobo	<i>Canis lupus</i>
	Visón europeo	<i>Mustela lutreola</i>
	Turón	<i>Mustela putorius</i>
	Tejón	<i>Meles meles</i>
	Nutria	<i>Lutra lutra</i>
	Oso pardo	<i>Ursus arctos</i>
	Lince ibérico	<i>Lynx pardinus</i>
	Jabalí	<i>Sus scrofa</i>
	Ciervo	<i>Cervus elaphus</i>
	Gamo	<i>Dama dama</i>
	Corzo	<i>Capreolus capreolus</i>
	Topillo de Cabrera	<i>Microtus cabrerae</i>

lizó de la misma forma descrita anteriormente. Las variables que formaron parte de los modelos se indican en la Tabla I.4.

1.1.4. Índice de abundancia de ríos y humedales

Este indicador se calculó mediante la superficie ocupada por humedales y ríos en España en cada cuadrícula de 1 km x 1 km. Para ello se ha usado una capa de usos del suelo y dos capas de ríos. La capa de usos del suelo empleada ha sido la capa SIOSE (Sistema de Información de Ocupación del Suelo en España) disponible en la web del Instituto Geográfico Nacional ([\[centrodedescargas.cnig.es/CentroDescargas/cambiarMenu.do;jsessionid=F22DDA3917465B8CDA09E0EF00E5859D?destino=catalogo\]\(http://centrodedescargas.cnig.es/CentroDescargas/cambiarMenu.do;jsessionid=F22DDA3917465B8CDA09E0EF00E5859D?destino=catalogo\)\), descargada en abril de 2012. Los usos elegidos como cobertura de agua fueron: lagos y lagunas, lagunas costeras, estuarios, marismas, zonas pantanosas y turberas. La capa de los seis ríos principales de España, es decir, Ebro, Duero, Miño, Tajo, Guadiana y Guadalquivir se tomó del Sistema integrado de información del agua \(<http://servicios2.marm.es/sia/visualizacion/descargas/mapas.jsp>\) dependiente del MAGRAMA, y se descargó en junio de 2012. El resto de los ríos se tomó de la Base Cartográfica Nacional](http://</p>
</div>
<div data-bbox=)

Tabla I.4 Modelos del indicador de las especies objetivo en las distintas regiones consideradas. Abreviaturas de las variables como en la Tabla I.1.

Región	Modelo
Mediterránea	$-24,1-(0,0417*SAgro)+(905,9*Lati)+(0,0208*Pinv)-(0,0316*Poto)-(0,176*Tjul)+(0,0129*ETR)-(0,0928*Urban)+(1,13*Pobl)+(0,137*Pend)+(0,0104*SFor)$
Norte	$-335,2+(0,0506*Urban)+(0,0924*ETP)-(2,45*Tmed)+(0,0433*Ppri)-(0,0062*Prec)+(0,0187*RadS)+(6136,1*Lati)+(0,828*Tene)-(0,0444*ETR)+(0,0382*SFor)-(0,00393*Alti)$
Baleares	$-8,47+(454,6*Long)+(0,432*Pobl)-(0,0251*Urban)$
Canarias	$41,5-(0,0449*ETP)+(0,0135*SAgro)+(1,33*Tmed)-(854,8*Lati)-(0,0466*Pend)$

a escala 1:200.000 (BCN200) que se descargó del Instituto Geográfico Nacional en marzo de 2012, ya que tenía una mayor cobertura de ríos en España continental, Baleares y Canarias.

A la capa de cobertura de agua se le aplicó un área de influencia (*buffer*) de 5 m, a la capa de los ríos principales un *buffer* de 2 x 50 m y al resto de ríos un *buffer* de 2 x 10 m. Se unieron las tres capas y se calculó el porcentaje de superficie de agua en cada cuadrícula de 1 km x 1 km.

1.1.5. Índice de presencia de áreas naturales protegidas

Para el presente trabajo se consideró la distribución de las siguientes categorías de áreas naturales protegidas:

- Parques Nacionales (PN).
- Zonas de Especial Conservación (ZEC) según la Red Natura 2000, los antiguos Lugares de Interés Comunitario (LIC) ya nombrados oficialmente.
- Zonas de Especial Protección para las Aves (ZEPA) según la Red Natura 2000.
- Espacios Naturales Protegidos (ENP).
- Humedales incluidos en el Convenio Ramsar.
- Reservas de la Biosfera.

Toda esta información se obtuvo de la página web del MAGRAMA (http://www.magrama.gob.es/es/biodiversidad/servicios/banco-datos-naturaleza/informacion-disponible/cartografia_informacion_disp.aspx) en febrero de 2012. La información se encontraba como capas vectoriales en formato shape.

Las capas vectoriales se rasterizaron y se obtuvo la presencia o no de cada una de las figuras en cada píxel de 1 km². Posteriormente se sumaron y se obtuvo un valor de 0 a 6 en cada una de las cuadrículas de 1 km x 1 km, que finalmente se reescaló entre 0 y 50.

1.2 Cálculo del tamaño efectivo de malla

El tamaño efectivo de malla (TEM; del inglés *Effective Mesh Size-EMS*) es la superficie que tendrían dos polígonos delimitados por la red de infraestructuras si todos tuviesen el mismo tamaño y la probabilidad de que dos puntos escogidos al azar quedasen dentro de un mismo polígono fuese la misma que en el territorio real. Parte de considerar cuál es la probabilidad de que dos puntos de un territorio escogidos al azar no queden separados entre sí por ninguna infraestructura de transporte. Aplicada a la fauna, esta probabilidad es la de que dos individuos situados al azar pudiesen encontrarse sin necesidad de atravesar ninguna infraestructura. Se pasa de dicha probabilidad a área multiplicando por la superficie total del territorio considerado. El resultado es el tamaño efectivo de malla, expresado en unidades de área. El indicador varía inversamente con la fragmentación: mayor tamaño efectivo de malla corresponde a menor fragmentación y viceversa.

Los datos necesarios para calcular el TEM son un mapa de coberturas de usos del suelo, un mapa con el trazado de las infraestructuras y un mapa del territorio considerado dividido en las unidades de estudio. Se ha considerado todo el territorio estatal (con la excepción de las ciudades autónomas de Ceuta y Melilla; véase apartado 3.1) y la unidad de estudio es la cuadrícula de UTM de 1 km². Para el caso del uso del suelo, lo único que interesa para este cálculo es distinguir entre hábitat disponible y hábitat no disponible. El hábitat no disponible para la fauna es lo que se ha definido por Jaeger (2000) como elementos fragmentantes (del inglés *fragmenting elements*). Para generar un mapa de hábitat disponible para la fauna, es decir, de todo lo que no sean elementos fragmentantes, se usó la capa de uso del suelo del *CORINE Land Cover* de 2006 disponible en la web del Instituto Geográfico Nacional (<http://centrodedescargas.cnig.es/CentroDescargas/cambiarMenu.do;jsessionid=F22DDA3917465B8CDA09E0EF00E5859D?destino=catalogo>), descargada en abril de 2012.

Para el trazado de las infraestructuras se usó la Base Cartográfica Nacional a escala 1:200.000 (BCN200) del Instituto Geográfico Nacional. Concretamente, los tipos de hábitats considerados como elementos fragmentantes del paisaje de origen antrópico y las infraestructuras consideradas, así como el área de influencia (*buffer*) aplicada a las mismas, se especifica en la Tabla I.5.

Tan solo se han considerado como elementos fragmentantes los tramos de carretera y vías de ferrocarril superficiales y elevados. Los tramos que discurren por túnel no se han considerado porque se asume que no fragmentan los hábitats, ya que los atraviesan bajo tierra.

La fórmula para calcular el TEM es:

$$m_{eff} = \frac{1}{A_{total}} \sum_{i=1}^n A_i^2$$

Siendo m_{eff} el tamaño efectivo de malla, n el número de teselas de hábitat, A_i el área de la tesela i y A_{total} es el área total del territorio considerado. La fórmula se aplica solo a los hábitats naturales o seminaturales (incluyendo los agrícolas), es decir, se excluyen las áreas urbanas y las teselas constituidas por las propias infraestructuras (Tabla I.5).

Si las teselas que quedan cortadas por las fronteras de la unidad (por ejemplo, por las cuadrículas de 1 km x 1 km) se utilizan tal como quedan tras dicho corte, el tamaño real de la tesela queda subestimado y se disminuye de forma errónea el tamaño efectivo de malla. Para evitar este problema, se ha aplicado el método descrito por Moser *et al.* (2007) denominado de conexiones transfronterizas (*cross-boundary connections*), que elimina el sesgo debido a las fronteras. Este procedimiento considera todas las teselas que se encuentran total o parcialmente dentro de la uni-

dad de estudio, y se basa en la probabilidad de que cuando se escoge un punto al azar dentro de la unidad considerada (cuadrícula de 1 km x 1 km, por ejemplo), un segundo punto al azar esté situado dentro de la misma tesela total (aunque el segundo punto quede fuera de la unidad) y sea por lo tanto alcanzable desde la primera sin franquear ninguna infraestructura. La fórmula resultante es:

$$m_{eff}^{CBC}(j) = \frac{1}{A_j} \sum_{i=1}^n A_{ij} \cdot A_{ij}^{compl}$$

Donde m_{eff}^{CBC} es el TEM teniendo en cuenta la conexiones transfronterizas, n es el número total de teselas que intersectan la unidad j , A_j es el área total de la unidad j , A_{ij} es el área de la tesela i dentro de la unidad j , y A_{ij}^{compl} es el área completa de la tesela i incluyendo el área que pudiera quedar más allá de la frontera de la unidad j .

Para el presente trabajo se ha calculado el TEM según esta última fórmula. Se calculó mediante la herramienta *Effective Mesh Size* de ArcGIS, disponible en la web de Evan H. Girvetz (http://faculty.washington.edu/girvetz/drupal/effective_mesh_size), uno de los colaboradores de Jochen A. G. Jaeger, y fue descargada en abril de 2012.

Una vez obtenido el valor de m_{eff}^{CBC} , este se reescaló para obtener los valores entre 0 y 50.

En la Tabla I.6 se detallan los valores medios de tamaño efectivo de malla y densidad efectiva de malla (número de mallas por 1.000 km²) en cada provincia española obtenidos con esta metodología, comparados con los valores que se habían presentado previamente en Jaeger *et al.* (2011). Puede apreciarse que los valores no coinciden por las diferencias metodológicas entre ambos trabajos, ya que Jaeger *et al.* (2011) consideraron a las montañas como elementos fragmentantes,

Tabla I.5 Usos del suelo considerados como fragmentadores del paisaje y tipos de vías de transporte, junto con las áreas de influencia (*buffer*) aplicadas a las mismas (una banda a cada lado de la vía), para calcular el tamaño efectivo de malla. La clasificación de carreteras en primer, segundo y tercer orden es la proporcionada por la capa BCN200.

CORINE Land Cover (2006)	Clasificación vías en BCN200 (2005-2007)
Elementos fragmentantes (<i>Fragmenting elements</i>):	Autopistas y autovías: 2 x 15 m
111: <i>Continuous urban fabric</i>	
112: <i>Discontinuous urban fabric</i>	Carreteras nacionales y autonómicas de primer orden: 2 x 10 m
121: <i>Industrial and commercial units</i>	
122: <i>Road and rail networks and associated land</i>	Carreteras autonómicas de segundo orden: 2 x 7,5 m
123: <i>Port areas</i>	
124: <i>Airports</i>	Carreteras autonómicas de tercer orden: 2 x 5 m
131: <i>Mineral extraction sites</i>	
132: <i>Dump sites</i>	Líneas de ferrocarril de alta velocidad: 2 x 10 m
133: <i>Construction sites</i>	
141: <i>Green urban areas</i>	Líneas de ferrocarril convencional: 2 x 7,5 m
142: <i>Sport and leisure facilities</i>	
422: <i>Salines</i>	
512: <i>Water bodies</i>	

pero no así en el presente trabajo. Como consecuencia, el tamaño efectivo de malla proporcionado en Jaeger *et al.* es inferior al que se ha calculado aquí en la mayor parte de las provincias, ya que las montañas suelen ser elementos del paisaje expuestos a una fragmentación relativamente baja (poca población, baja o nula industrialización y baja densidad de infraestructuras de transporte) y su exclusión como elemento fragmentante incrementa el tamaño de malla medio. En este sentido, las provincias que tienen mayor porcentaje de su superficie ocupada por altas

montañas tienen un tamaño efectivo de malla particularmente más alto que el calculado por Jaeger *et al.* (2011) (por ejemplo, Albacete, Ávila, Barcelona, Granada, Huesca o Islas Baleares). Las excepciones son precisamente las provincias con amplias superficies de llanura, o montañas de altura limitada o en las que el medio montano tiene un grado de ocupación humana relativamente alto, y por tanto los elementos antrópicos fragmentantes son más frecuentes que en otras áreas montañosas (por ejemplo, Álava, Asturias, Castellón, Ciudad Real, Córdoba o Salamanca).

Tabla I.6. Valores del tamaño efectivo de malla (m_{eff}^{CBC}) y densidad efectiva de malla ($seff$) para cada provincia de España según Jaeger *et al.* (2011) y los obtenidos en este trabajo.

Provincia	m_{eff}^{CBC} (km ²)		$seff$ (número de mallas por 1.000 km ²)	
	Jaeger <i>et al.</i> 2011	Este trabajo	Jaeger <i>et al.</i> 2011	Este trabajo
A Coruña	23,31	39,82	42,9	25,11
Álava	114,1	112,47	8,76	8,89
Albacete	137,52	294,13	7,27	3,40
Alicante	60,4	74,79	16,56	13,37
Almería	227,9	346,04	4,39	2,89
Asturias	374,49	355,41	2,67	2,81
Ávila	135,89	256,04	7,36	3,91
Badajoz	149,21	191,30	6,7	5,23
Barcelona	77,31	164,96	12,93	6,06
Burgos	94,13	112,45	10,62	8,89
Cáceres	180,88	207,65	5,53	4,82
Cádiz	257,93	355,32	3,88	2,81
Cantabria	230,17	265,08	4,34	3,77
Castellón	191,3	149,16	5,23	6,70
Ciudad Real	342,54	323,32	2,92	3,09
Córdoba	247,77	221,29	4,04	4,52
Cuenca	140,36	216,82	7,12	4,61
Girona	194,38	351,04	5,14	2,85
Granada	229,16	549,03	4,36	1,82
Guadalajara	116,59	171,16	8,58	5,84
Guipúzcoa	154,6	162,07	6,47	6,17
Huelva	221,63	384,61	4,51	2,60
Huesca	236,07	746,99	4,24	1,34
Illes Balears	50,91	269,94	19,64	3,70
Jaén	738,2	608,56	1,35	1,64
La Rioja	253,01	276,85	3,95	3,61
Las Palmas	122,18	112,42	8,18	8,90
León	215,54	286,65	4,64	3,49
Lleida	283,06	1147,38	3,53	0,87
Lugo	74,11	72,48	13,49	13,78
Madrid	53,75	77,24	18,6	12,95
Málaga	164,42	194,60	6,08	5,14

Tabla I.6. (cont.) Valores del tamaño efectivo de malla (m_{eff}^{CBC}) y densidad efectiva de malla (seff) para cada provincia de España según Jaeger *et al.* 2011 y los obtenidos en este trabajo.

Provincia	m_{eff}^{CBC} (km ²)		seff (número de mallas por 1.000 km ²)	
	Jaeger <i>et al.</i> 2011	Este trabajo	Jaeger <i>et al.</i> 2011	Este trabajo
Murcia	133,94	253,59	7,47	3,94
Navarra	197,16	218,60	5,07	4,57
Ourense	187,12	149,09	5,34	6,71
Palencia	83,81	136,13	11,93	7,35
Pontevedra	32,83	34,85	30,46	28,69
Salamanca	104,27	84,77	9,59	11,80
Santa Cruz de Tenerife	75,16	135,23	13,3	7,39
Segovia	67,58	104,70	14,8	9,55
Sevilla	168,25	432,90	5,94	2,31
Soria	121,44	126,33	8,23	7,92
Tarragona	154,53	129,26	6,47	7,74
Teruel	177,15	221,12	5,64	4,52
Toledo	144,21	150,09	6,93	6,66
Valencia	133,93	229,30	7,47	4,36
Valladolid	55,48	65,83	18,02	15,19
Vizcaya	68,72	71,52	14,55	13,98
Zamora	83,46	123,40	11,98	8,10
Zaragoza	203,57	253,26	4,91	3,95

I.3 Índice de densidad de infraestructuras lineales de transporte

Para estimar el grado de ocupación de cada cuadrícula UTM de 1 km² se ha usado el indicador denominado "Superficie ocupada por las infraestructuras de transporte", que se describe en el documento *Indicadores de fragmentación de hábitats causada por infraestructuras lineales de transporte* (MARM 2010), número 4 de esta serie. Este indicador muestra la superficie que ocupan las infraestructuras dentro de la unidad territorial considerada, expresada como porcentaje de la superficie total de la unidad (cuadrícula 1 km x 1 km en nuestro caso).

Los datos necesarios para calcular la superficie ocupada por las infraestructuras en el presente trabajo fueron las cuadrículas de 1 km x 1 km de todo el territorio y el trazado de las infraestructuras con sus correspondientes áreas de influencia (*buffers*), tal y como se indica en la Tabla I.5 y utilizando la misma base de datos cartográfica (BCN200).

Una vez calculado el porcentaje de superficie de las infraestructuras en cada cuadrícula de 1 km x 1 km, se reescaló entre 0 y 50.

I.4 Integración de los índices de vulnerabilidad biológica a las infraestructuras lineales de transporte, tamaño efectivo de malla y densidad de la red de infraestructuras lineales de transporte

De la inspección de los histogramas de frecuencias de los tres índices a incorporar en un único modelo, se pueden extraer las siguientes conclusiones:

- Más del 50% de las cuadrículas UTM de 1 km² del Estado se encuentran en áreas con mínimo tamaño efectivo de malla, mientras que tan solo hay un grupo relativamente reducido de cuadrículas con valores máximos, es decir con mínimo grado de fragmentación (Figura I.1). Debe considerarse prioritario por tanto actuar en ese reducido número de áreas con alto tamaño efectivo de malla en aquellas cuadrículas con índice de red de transporte mayor que 0.
- El 35% de las cuadrículas tienen densidad de red de transporte superior a 0, es decir, contienen al menos algún tramo de carretera o vía de ferrocarril. Es importante precisar que no se han considerado las carreteras locales (no incluidas en la base de datos disponible, véase apartado ante-

rior), por lo que este valor es sin duda algo superior. Eliminando el 65% de cuadrículas con valor 0, la distribución tiene un aspecto gaussiano muy sesgado a la izquierda, es decir hay un número relativamente elevado de cuadrículas con baja densidad de red de transporte y pocas con densidad máxima o alta. Estas últimas deberían por tanto considerarse prioritarias, en particular cuando coincidan con zonas de baja fragmentación y alta vulnerabilidad biológica a las infraestructuras de transporte.

- En cuanto a la vulnerabilidad biológica a las infraestructuras de transporte, también tiene un aspecto de distribución normal con un número relativamente alto de ceros (cuadrículas de mínima vulnerabilidad) y sesgo a la izquierda, con una "cola" prolongada con número bajo de cuadrículas (Figura I.2). Es decir, el índice parece haber tenido éxito identificando un número relativamente bajo de cuadrículas con los valores más altos de vulnerabilidad, en los que sería prioritario actuar.

El índice de vulnerabilidad está positivamente correlacionado con el tamaño efectivo de malla, si bien el coeficiente de correlación fue muy bajo para ser una muestra tan amplia (Tabla I.7). Es decir, la vulnerabilidad del territorio tiende a ser mayor en áreas poco fragmentadas. Pero de la inspección de la nube de puntos de ambas variables (Figura I.3) puede concluirse que hay cuadrículas con valores altos de vulnerabilidad (>35) en todo el rango de tamaño efectivo de malla. De hecho, la mayor parte de las cuadrículas de mayor valor (>40) se encuentran en áreas muy fragmentadas o muy poco fragmentadas. Esta situación por tanto sería altamente prioritaria para acometer acciones de desfragmentación en cuadrículas con índice de densidad de vías de transporte superior a 0.

El índice de vulnerabilidad se correlaciona negativamente con la densidad de la red de transporte (Tabla I.7), es decir, las cuadrículas de alta vulnerabilidad tienden a tener bajos valores de

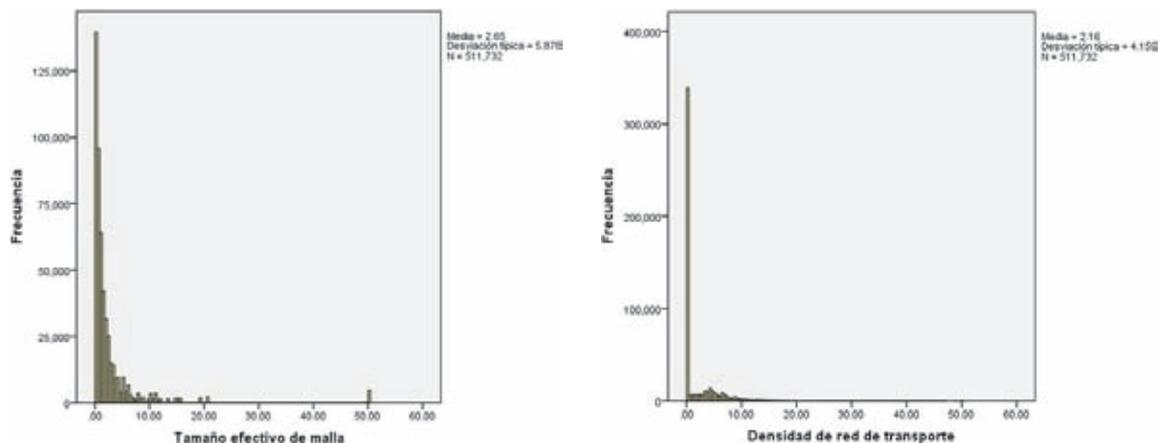


Figura I.1. Distribuciones de frecuencias del tamaño efectivo de malla (0 = mínimo tamaño detectado a nivel estatal, 50 = máximo; panel izquierdo) y de la densidad de red de infraestructuras lineales de transporte (0 = no hay carreteras o vías dentro de la cuadrícula, 50 = valor máximo de densidad a nivel estatal; panel derecho).

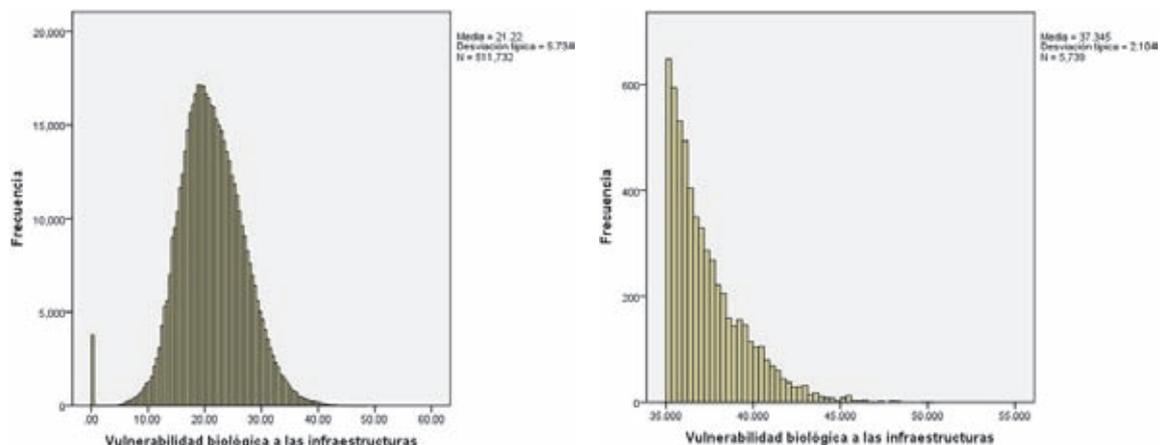


Figura I.2. Distribución de frecuencias del Índice de vulnerabilidad biológica a las infraestructuras de transporte (0 = mínimo valor detectado; 50 máximo valor detectado; panel izquierdo). En el panel derecho se muestran las cuadrículas con valor en este índice superior a 35.

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).

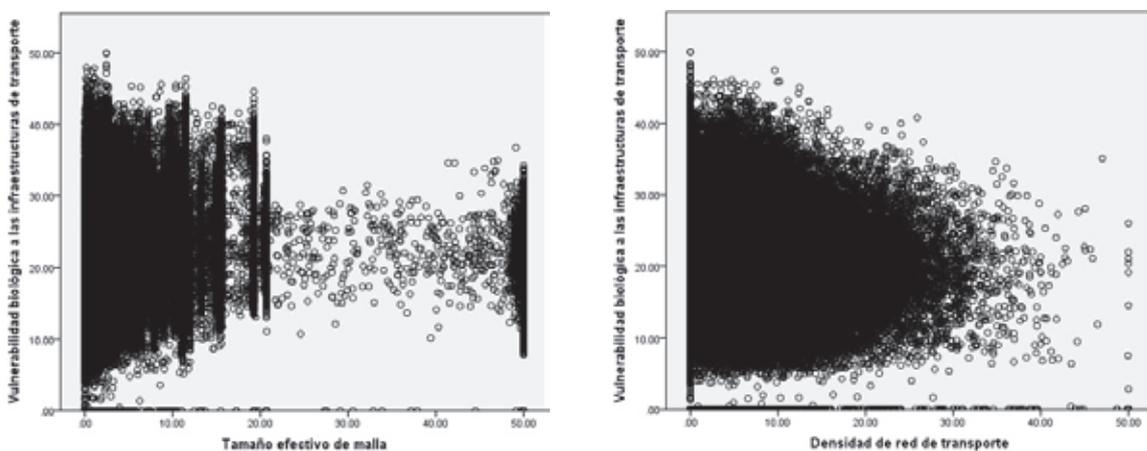


Figura I.3. Relación entre los valores del índice de vulnerabilidad biológica a las infraestructuras de transporte (eje vertical), del tamaño efectivo de malla (eje horizontal, panel izquierdo) y del índice de densidad de red de transporte (eje horizontal, panel derecho).

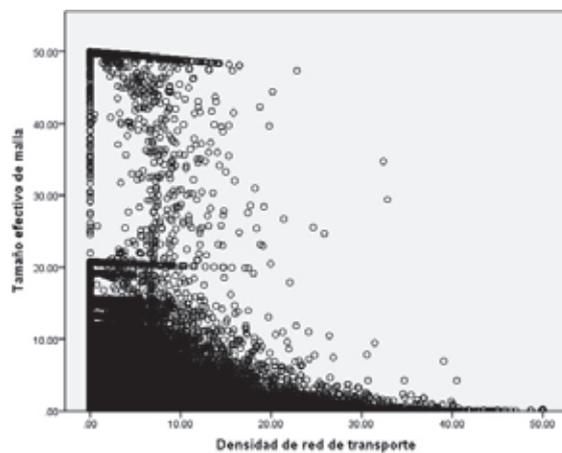


Figura I.4. Relación entre los valores de tamaño efectivo de malla (eje vertical) y el Índice de densidad de red de transporte (eje horizontal).

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

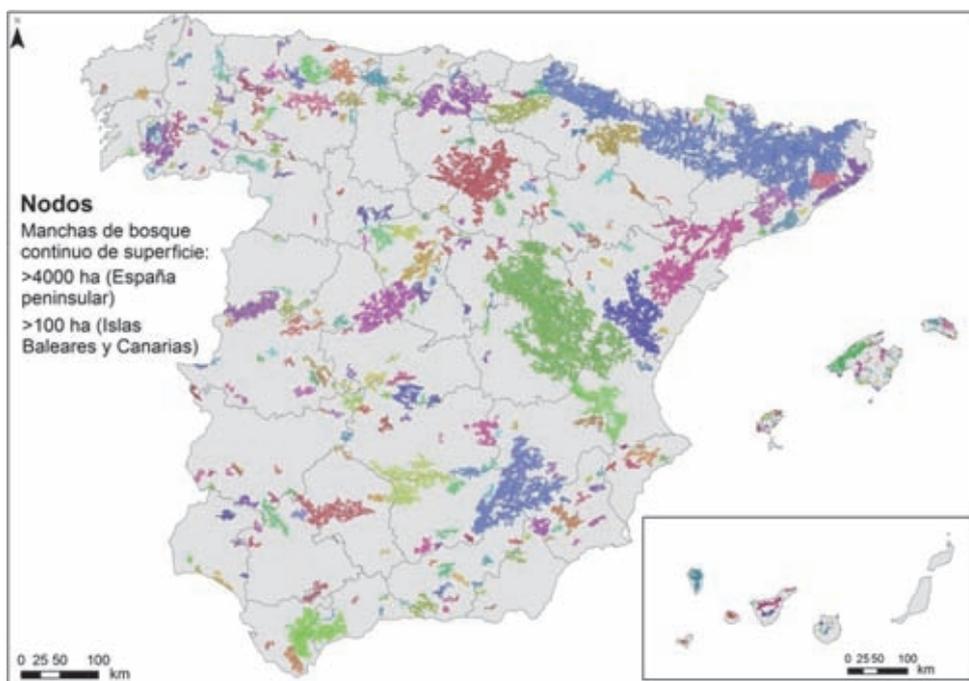


Figura I.5. Áreas fuente o nodos entre los que se analiza la conectividad forestal. Los distintos colores se usan para diferenciar con claridad los límites entre distintos nodos forestales; no identifican distintos tipos de bosque.

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-

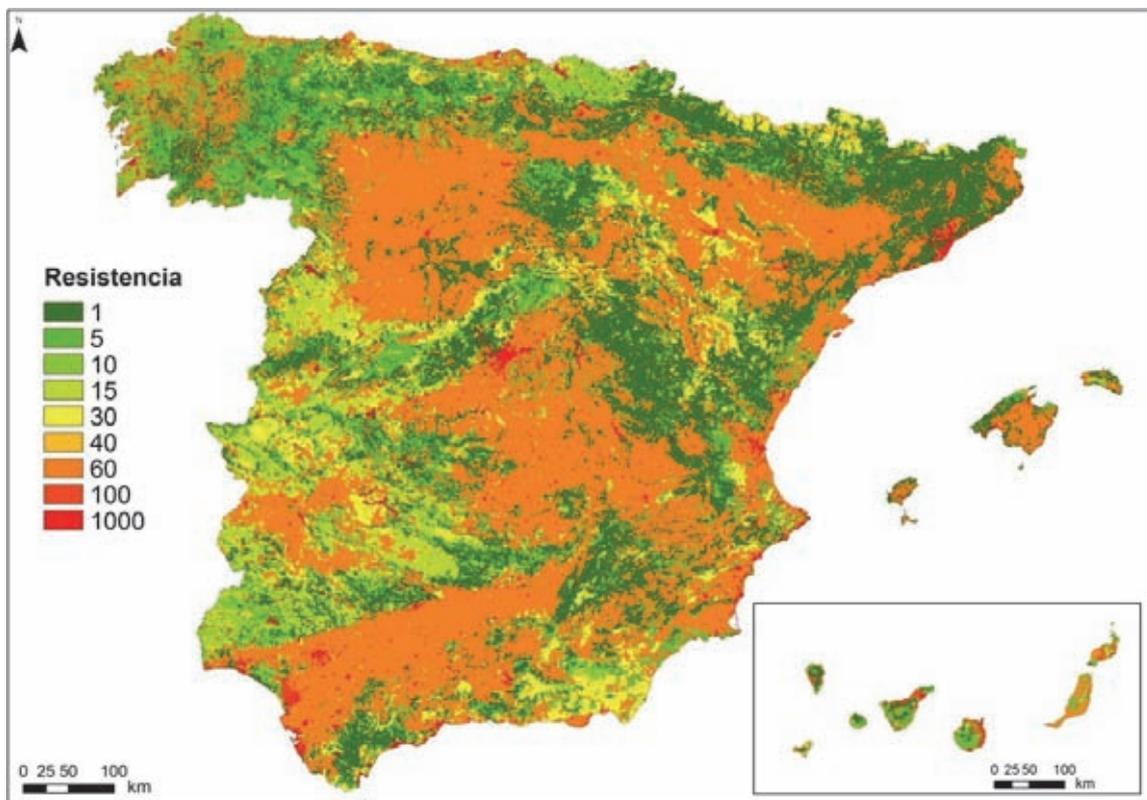


Figura I.6. Mapa de resistencias de las cubiertas del suelo.

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

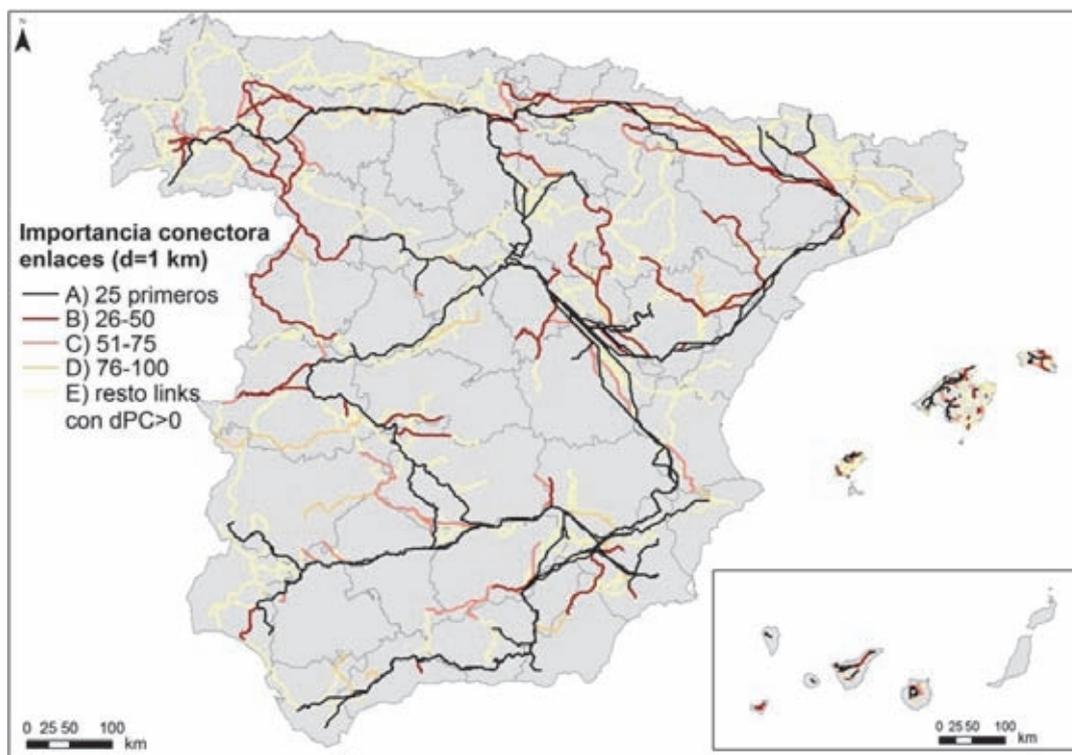


Figura I.7. Clasificación de la importancia conectora de los enlaces para una distancia dispersiva de 1 km.

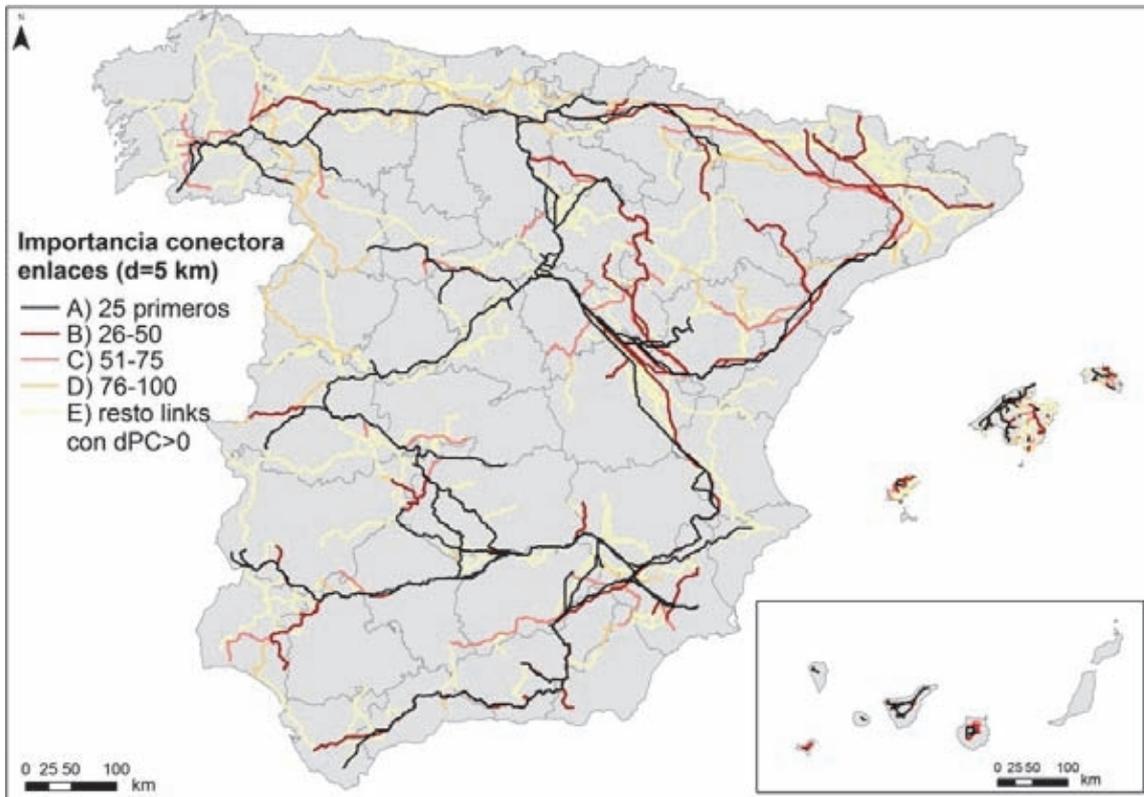


Figura I.8. Clasificación de la importancia conectora de los enlaces para una distancia dispersiva de 5 km.

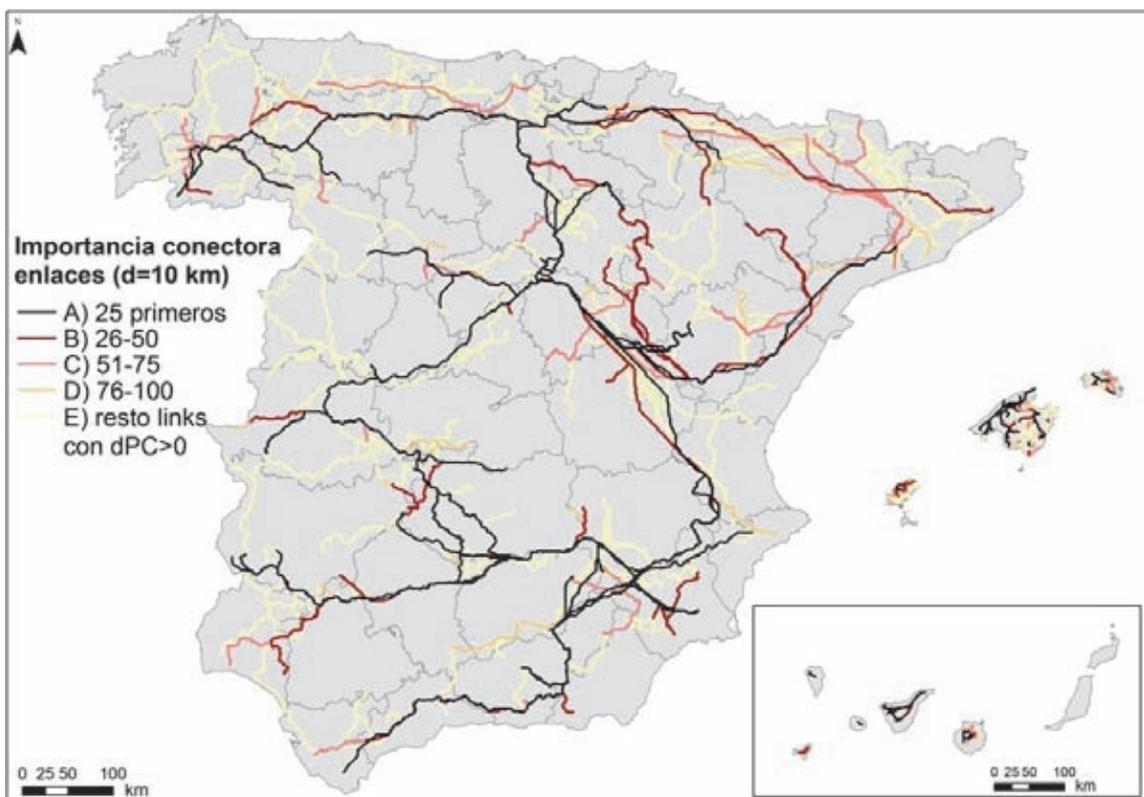


Figura I.9. Clasificación de la importancia conectora de los enlaces para una distancia dispersiva de 10 km.

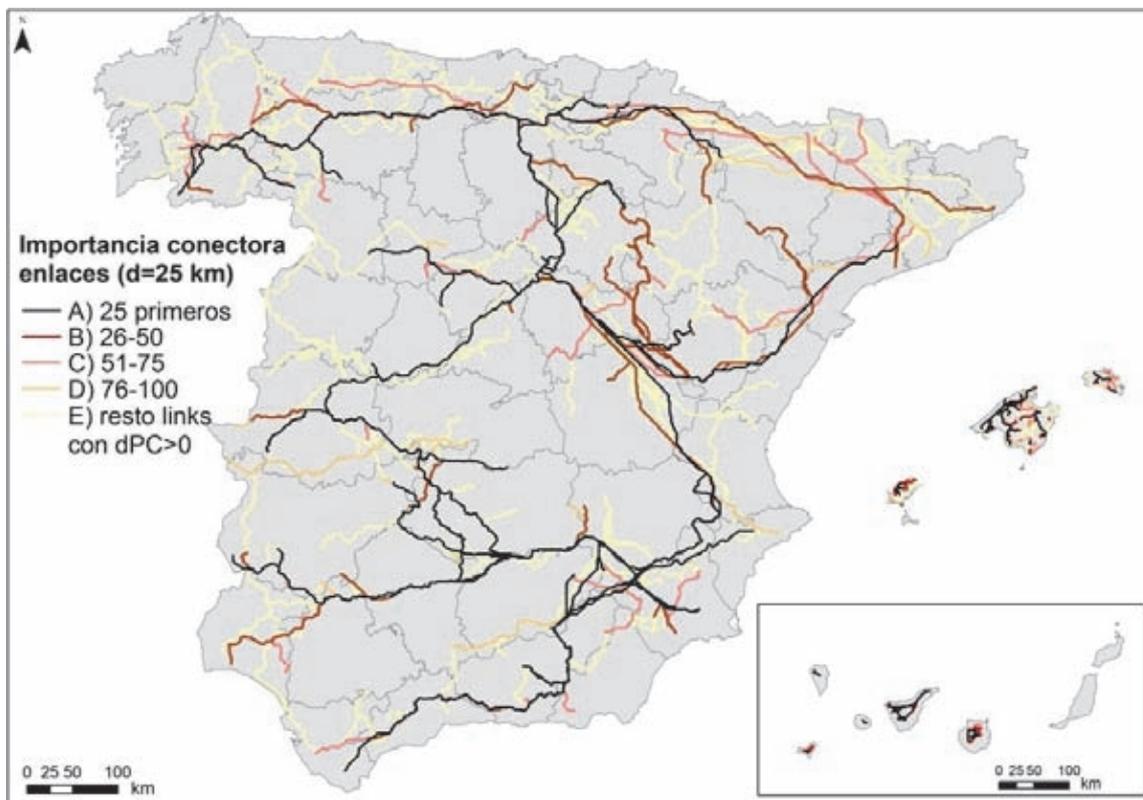


Figura I.10. Clasificación de la importancia conectora de los enlaces para una distancia dispersiva de 25 km.

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-

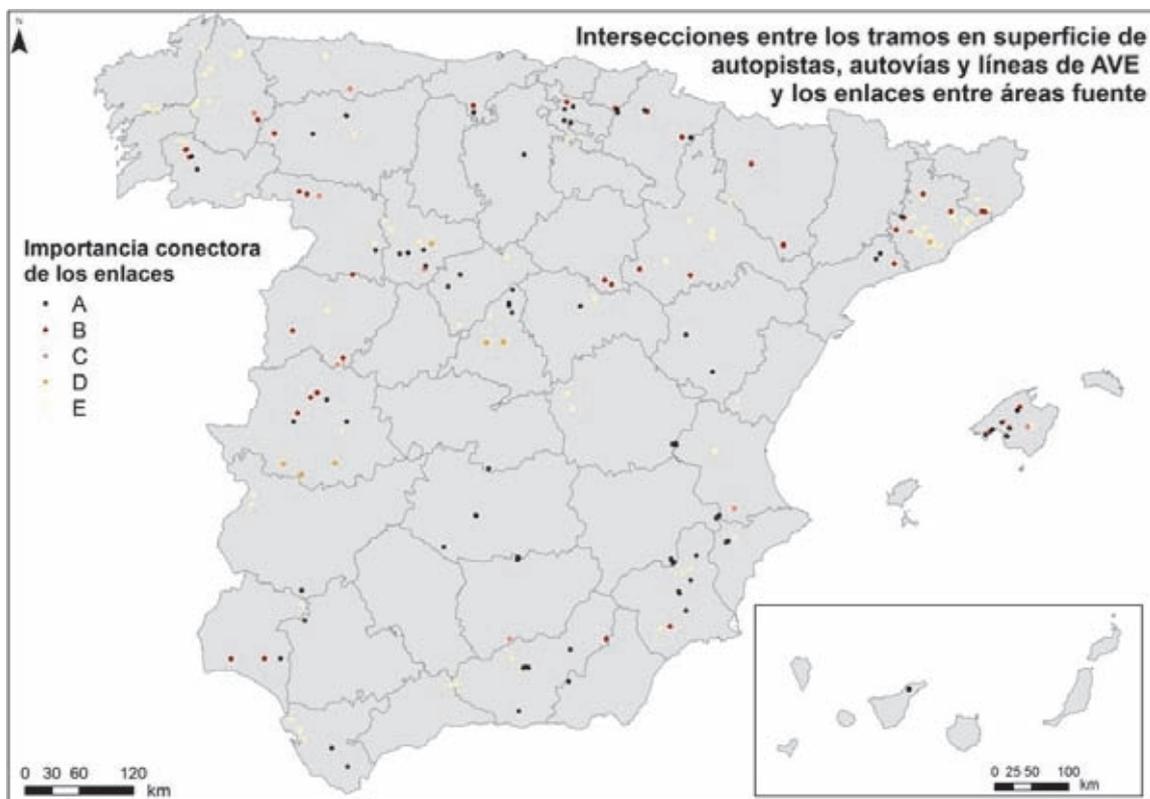


Figura I.11. Puntos de intersección entre los tramos en superficie de autovías, autopistas y LAV y los enlaces, en función de la importancia conectora de los enlaces.

métricos a través de un campo que es la unión entre el nombre de la vía y el punto kilométrico.

El mapa obtenido no recoge toda la información disponible en las bases de datos de la DGT porque en "Cartociudad" no aparecen todas las carreteras de España. En particular, falta información sobre localización de los puntos kilométricos en carreteras secundarias. A pesar de este inconveniente, los puntos kilométricos recogidos en "Cartociudad" constituyen la información más detallada de la que se dispone actualmente a nivel estatal. Existe también una capa con los puntos kilométricos de la red de carreteras del Estado, pero es menos completa que la de "Cartociudad".

En el caso de Cataluña, se utilizó una capa georeferenciada con información sobre accidentes con ungulados entre los años 2000 y 2006 en toda la red viaria interurbana (incluye tanto vías de gran capacidad como convencionales) elaborada por el Departament de Medi Ambient i Habitatge y Departament de Política Territorial i Obres Públiques. A los datos disponibles para Galicia en la base de datos de ARENA, se han añadido otros 524 ocurridos en dicha C. A. entre 2003 y 2006, datos proporcionados por la Xunta de Galicia y que no estaban incluidos en la base de datos ARENA. Para el caso del País Vasco, no se dispone de información sobre accidentes con fauna salvaje en esa C. A.

1.7 Integración de índices de patrimonio natural, intersección entre infraestructuras de transporte y conectores forestales, y densidad de accidentes con fauna silvestre. Agregación de los puntos de intersección entre conectores forestales y vías de transporte en cuadrículas UTM de 1 km²

Como se ha explicado anteriormente, las intersecciones de la red viaria con los conectores forestales están categorizadas en función de la importancia conectora de los enlaces, de mayor a menor importancia (de A a E). Para realizar el cruce con los datos del modelo de identificación de áreas a desfragmentar y la densidad de accidentes en cuadrículas UTM de 1 km² se necesitaba agregar los puntos de intersección entre conectores forestales y red viaria a esa escala de trabajo.

Con este fin, se han contabilizado las intersecciones de los enlaces con i) tramos en superficie de autovías, autopistas y LAV, por un lado, y ii) con el resto de tipos de vías (carretera nacional, carretera autonómica y ferrocarril convencional), por otro.

i) Si en una cuadrícula se localizan uno o varios puntos de intersección con tramos en superficie de autovías, autopistas y LAV, se asigna a la cuadrícula la categoría de la intersección de mayor importancia, la cual se contabiliza de la siguiente manera:

$$A = 5; B = 4; C = 3; D = 2; E = 1$$

ii) Si en la cuadrícula existen uno o varios puntos de intersección con el resto de tipos de vías (carretera nacional, carretera autonómica y ferrocarril convencional), se asigna a la cuadrícula la categoría de la intersección de mayor importancia, la cual se contabiliza de la siguiente manera:

$$A = 0,5; B = 0,4; C = 0,3; D = 0,2; E = 0,1$$

De esta forma, se evita contabilizar varias veces un punto en el que coinciden dos o más intersecciones de distinta categoría (dado que en ocasiones enlaces de distinta categoría se superponen en el paisaje).

En caso de confluir intersecciones del tipo i) y ii) en la misma cuadrícula, se suman ambos valores. Así, por ejemplo, las cuadrículas que obtienen una mayor valoración presentan un valor de 5,5 unidades. En las cuadrículas sin ninguna intersección el valor es cero.

En la gran mayoría de las cuadrículas del Estado, esta variable tenía valor 0 (es decir, ausencia de conectores forestales en la cuadrícula; 507.400 cuadrículas de un total de 511732). En la Figura 1.12 se presenta la distribución de frecuencias de las cuadrículas con valores superiores a 0. La gran mayoría de las cuadrículas tienen valores mínimos (0,1; 1.630 cuadrículas de 4.332 con valor mayor que 0) y bajos (2.453 cuadrículas). Hay un pequeño grupo de cuadrículas (249) con valores superiores a 0,5, que engloba a todas las intersecciones con autovías, autopistas y LAV. Dada esta distribución de frecuencias, para realizar el cruce con las variables del modelo de identificación de áreas a desfragmentar y la densidad de accidentes, se han considerado las siguientes categorías con respecto a conectividad forestal:

- 1 (prioridad baja), cuadrículas con valor igual a 0,1.
- 2 (prioridad media), cuadrículas con valor entre 0,1 y 0,5.
- 3 (prioridad alta), cuadrículas con valor superior a 0,5.

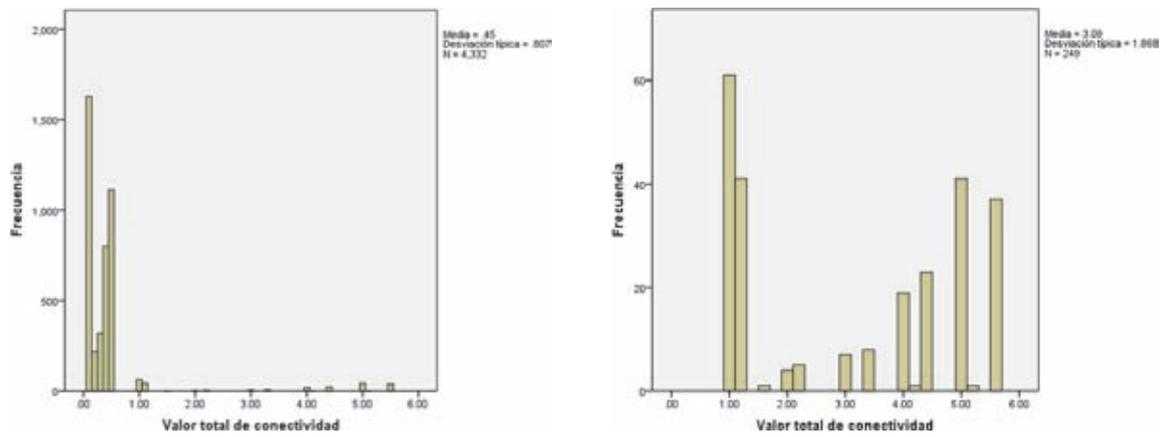


Figura I.12. Histogramas de frecuencias de la variable de conectividad forestal a escala de cuadrícula UTM de 1 km². Cuadrículas con valor superior a 0,1 (panel superior) o superior a 0,5 (panel inferior).

Anexo II. Valores de los índices básicos usados para construir los modelos y de los índices para la identificación de áreas a desfragmentar

Tabla II.1. Valores medios y desviación estándar de los índices básicos usados para construir los modelos de prioridad de mitigación de efectos de vías de transporte (todos ellos están reescalados a valores entre 0 y 50).

Comunidad Autónoma	Vulnerabilidad biológica a las infraestructuras de transporte	Grado de fragmentación de hábitats: tamaño efectivo de malla	Densidad de red de infraestructuras lineales de transporte
Andalucía	21,53 ± 6,29	3,73 ± 4,66	1,69 ± 3,60
Aragón	21,07 ± 4,43	5,54 ± 12,00	1,62 ± 3,50
Canarias	21,51 ± 8,07	1,08 ± 1,06	3,42 ± 5,85
Cantabria	21,52 ± 6,26	1,96 ± 2,01	3,32 ± 5,70
Castilla-La Mancha	19,39 ± 5,22	2,09 ± 2,64	1,66 ± 3,52
Castilla y León	22,50 ± 5,39	1,30 ± 1,76	2,20 ± 3,94
Cataluña	23,22 ± 5,24	6,98 ± 13,40	2,64 ± 4,99
Comunidad de Madrid	20,97 ± 6,74	0,70 ± 0,85	3,52 ± 5,77
Comunidad Foral de Navarra	24,63 ± 5,14	1,69 ± 1,62	2,30 ± 4,28
Comunitat Valenciana	21,18 ± 5,95	1,56 ± 2,07	2,75 ± 4,85
Extremadura	17,02 ± 5,14	1,73 ± 1,71	1,50 ± 3,29
Galicia	18,57 ± 3,43	0,60 ± 1,05	3,68 ± 4,81
Illes Balears	19,11 ± 6,54	2,36 ± 3,11	2,35 ± 3,88
La Rioja	26,38 ± 6,11	1,63 ± 1,33	2,49 ± 4,64
País Vasco	24,23 ± 5,61	1,05 ± 1,18	3,67 ± 5,94
Principado de Asturias	21,58 ± 5,64	2,75 ± 2,74	3,00 ± 5,37
Región de Murcia	17,98 ± 5,19	2,22 ± 3,13	2,15 ± 4,15
España	21,25 ± 5,73	2,65 ± 5,88	2,16 ± 4,16

Tabla II.2. Valores medios y desviación estándar de los índices de prioridad de mitigación de vías de transporte (reescalados a valores entre 0 y 50), índice de intersección entre infraestructuras viarias y conectores forestales (variable que combina número e importancia de las intersecciones entre conectores forestales y vías de transporte en cada cuadrícula; véase apartado 5.1; rango 0-5,5) e índice de densidad de accidentes con fauna silvestre (número de accidentes por cuadrícula registrados entre 2007 y 2011 en las vías principales; véase apartado 5.2).

Comunidad Autónoma	Prioridad de mitigación de efectos de vías de transporte		Intersección entre infraestructuras viarias y conectores forestales	Densidad de accidentes con fauna silvestre
	En áreas con patrimonio natural poco fragmentado	En áreas con patrimonio natural muy fragmentado		
Andalucía	0,027 ± 0,169	0,349 ± 1,020	0,002 ± 0,074	0,005 ± 0,099
Aragón	0,049 ± 0,387	0,327 ± 0,927	0,003 ± 0,064	0,041 ± 0,432
Canarias	0,024 ± 0,104	0,935 ± 1,900	0,006 ± 0,073	0,007 ± 0,102
Cantabria	0,038 ± 0,161	0,772 ± 1,630	0,005 ± 0,100	0,029 ± 0,317
Castilla-La Mancha	0,015 ± 0,084	0,278 ± 0,727	0,003 ± 0,080	0,015 ± 0,178
Castilla y León	0,017 ± 0,086	0,665 ± 1,480	0,004 ± 0,082	0,100 ± 0,795
Cataluña	0,073 ± 0,626	0,762 ± 1,890	0,005 ± 0,095	0,070 ± 0,363
Comunidad de Madrid	0,015 ± 0,085	0,872 ± 1,790	0,006 ± 0,124	0,068 ± 0,479
Comunidad Foral de Navarra	0,027 ± 0,120	0,758 ± 1,740	0,007 ± 0,139	0,139 ± 0,644
Comunitat Valenciana	0,018 ± 0,082	0,649 ± 1,430	0,003 ± 0,091	0,022 ± 0,173
Extremadura	0,014 ± 0,065	0,690 ± 2,050	0,002 ± 0,071	0,016 ± 0,171
Galicia	0,009 ± 0,041	0,888 ± 1,330	0,007 ± 0,086	0,128 ± 0,842
Illes Balears	0,022 ± 0,108	0,488 ± 1,030	0,027 ± 0,230	0,001 ± 0,038
La Rioja	0,024 ± 0,094	0,927 ± 2,120	0,002 ± 0,028	0,159 ± 0,760
País Vasco	0,025 ± 0,095	1,340 ± 2,660	0,007 ± 0,142	–
Principado de Asturias	0,043 ± 0,182	0,664 ± 1,500	0,002 ± 0,038	0,175 ± 1,040
Región de Murcia	0,015 ± 0,076	0,387 ± 0,963	0,007 ± 0,136	0,001 ± 0,036
España	0,025 ± 0,220	0,527 ± 1,320	0,004 ± 0,085	0,050 ± 0,491

Anexo III. Cartografía de los índices de base

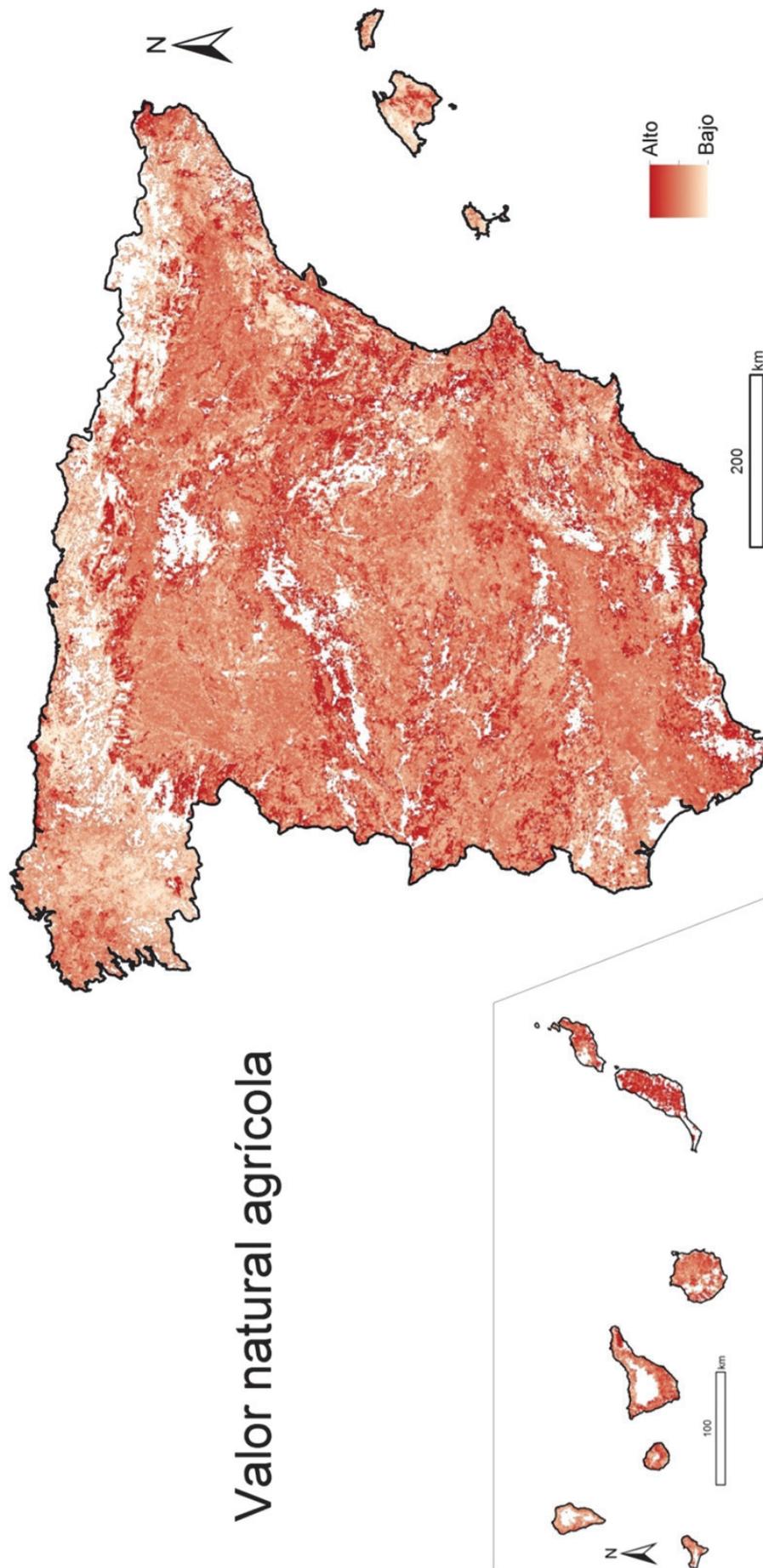


Figura III.1. Áreas agrarias de alto valor natural (HNV; apartado 3.2.2.a).

Valor natural forestal

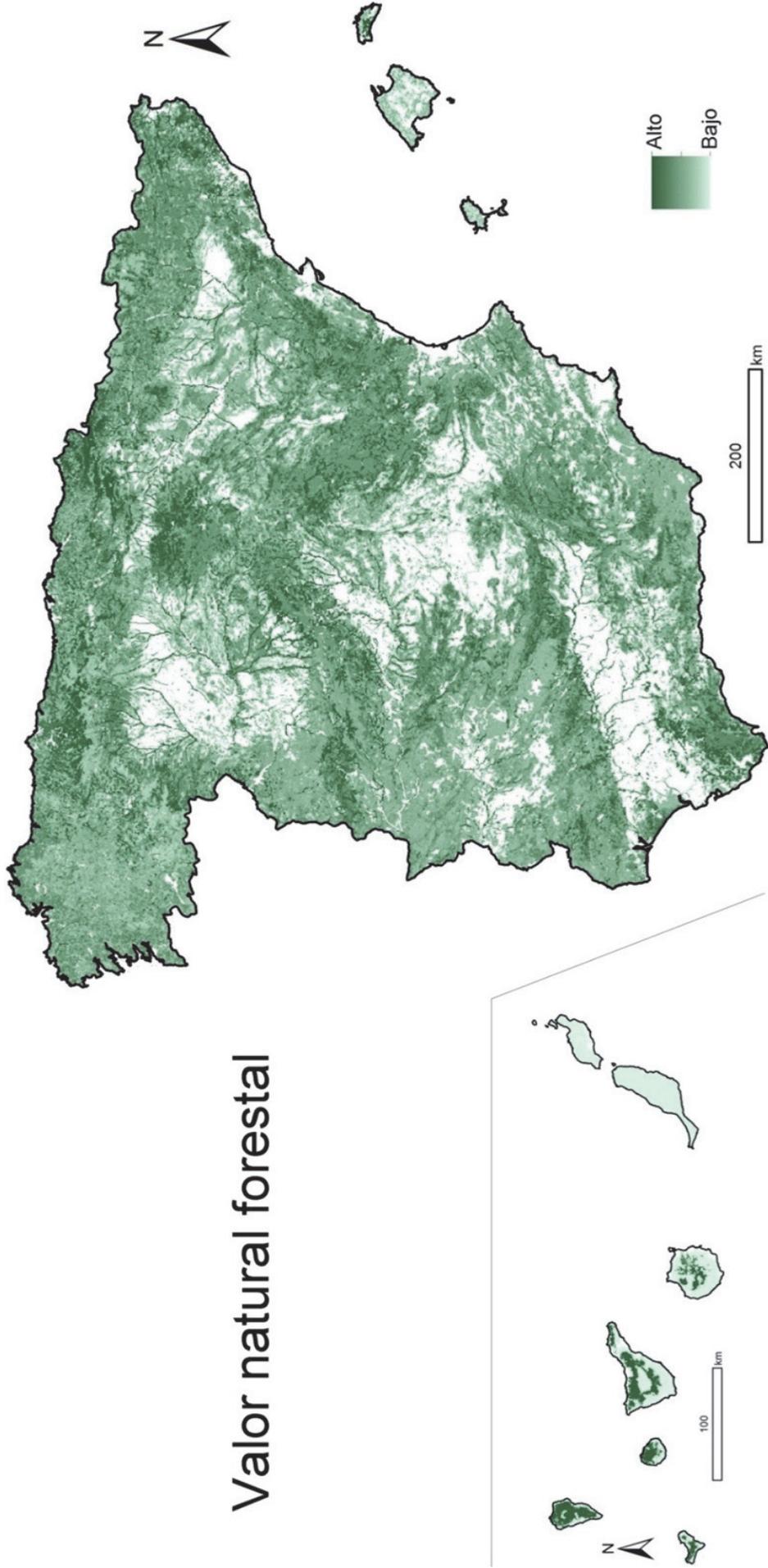


Figura III.2. Áreas forestales de alto valor natural (HNV; apartado 3.2.2.a).

Índice de biodiversidad

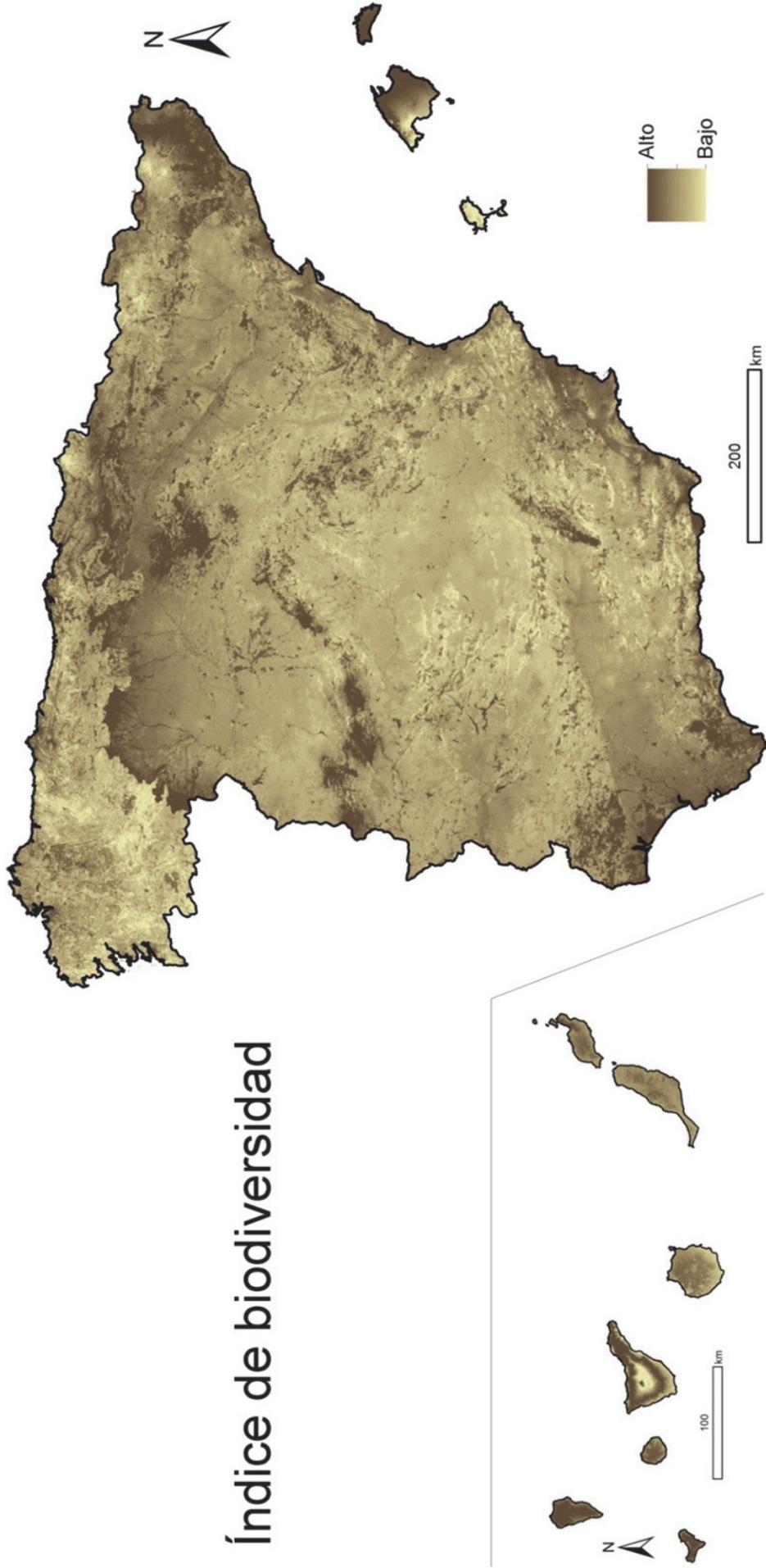


Figura III.3. Índice de biodiversidad (apartado 3.2.2.b).

Riqueza de especies objetivo

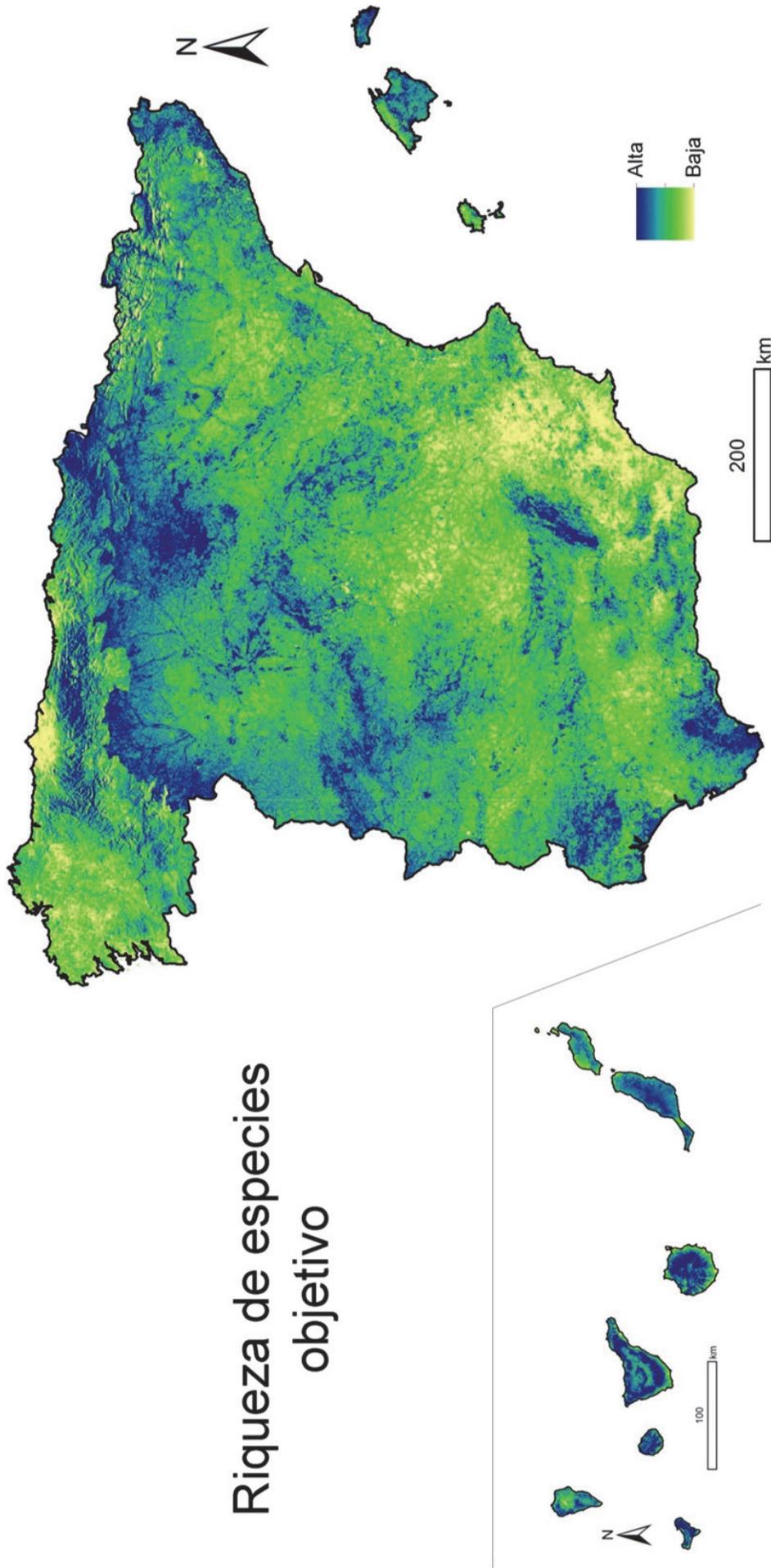


Figura III.4. Riqueza de especies objetivo respecto a las infraestructuras de transporte (apartado 3.2.2.c).

Abundancia de ríos y humedales

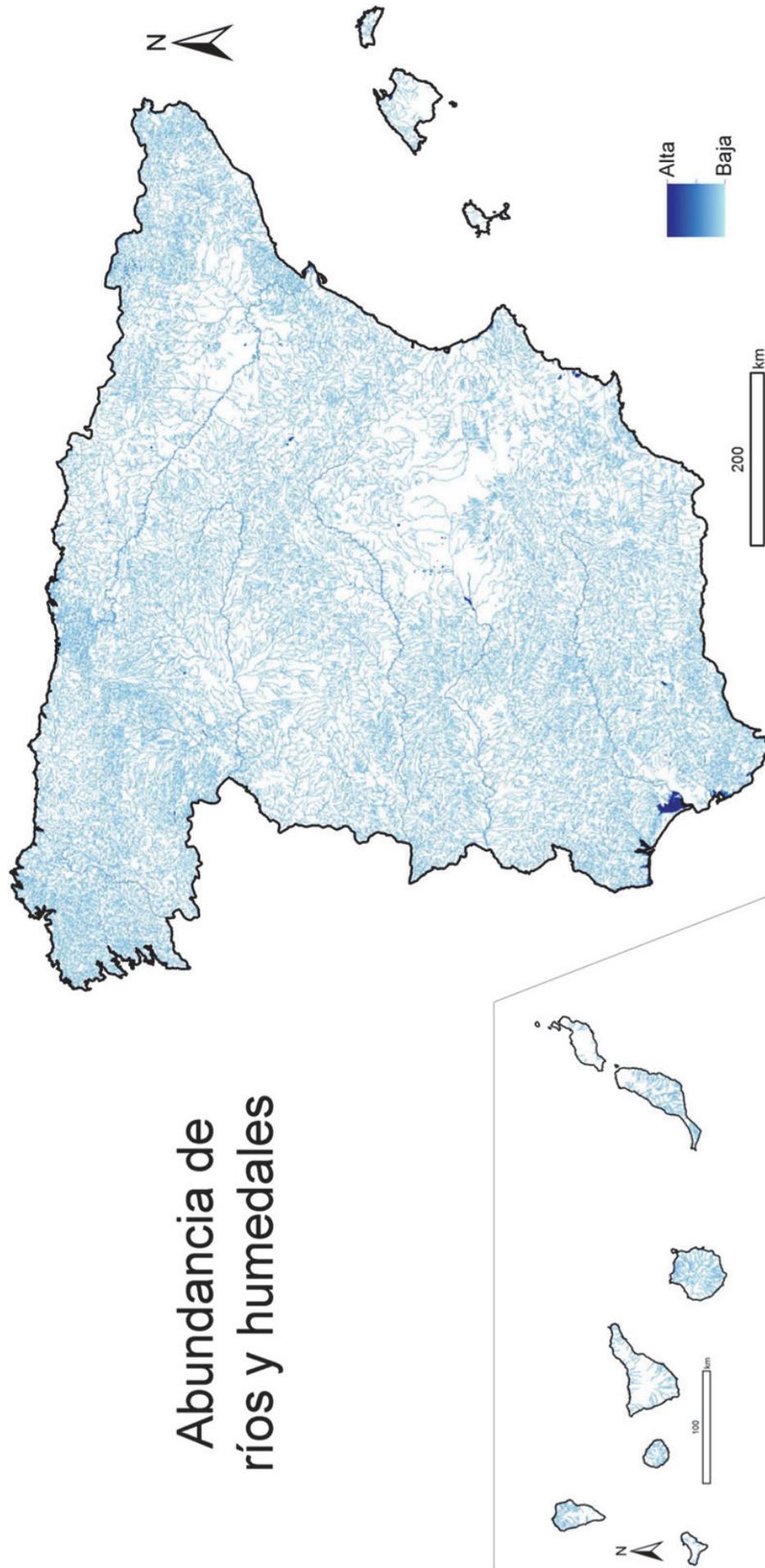


Figura III.5. Índice de abundancia de ríos y humedales (apartado 3.2.2.d).

Índice de presencia de áreas naturales protegidas

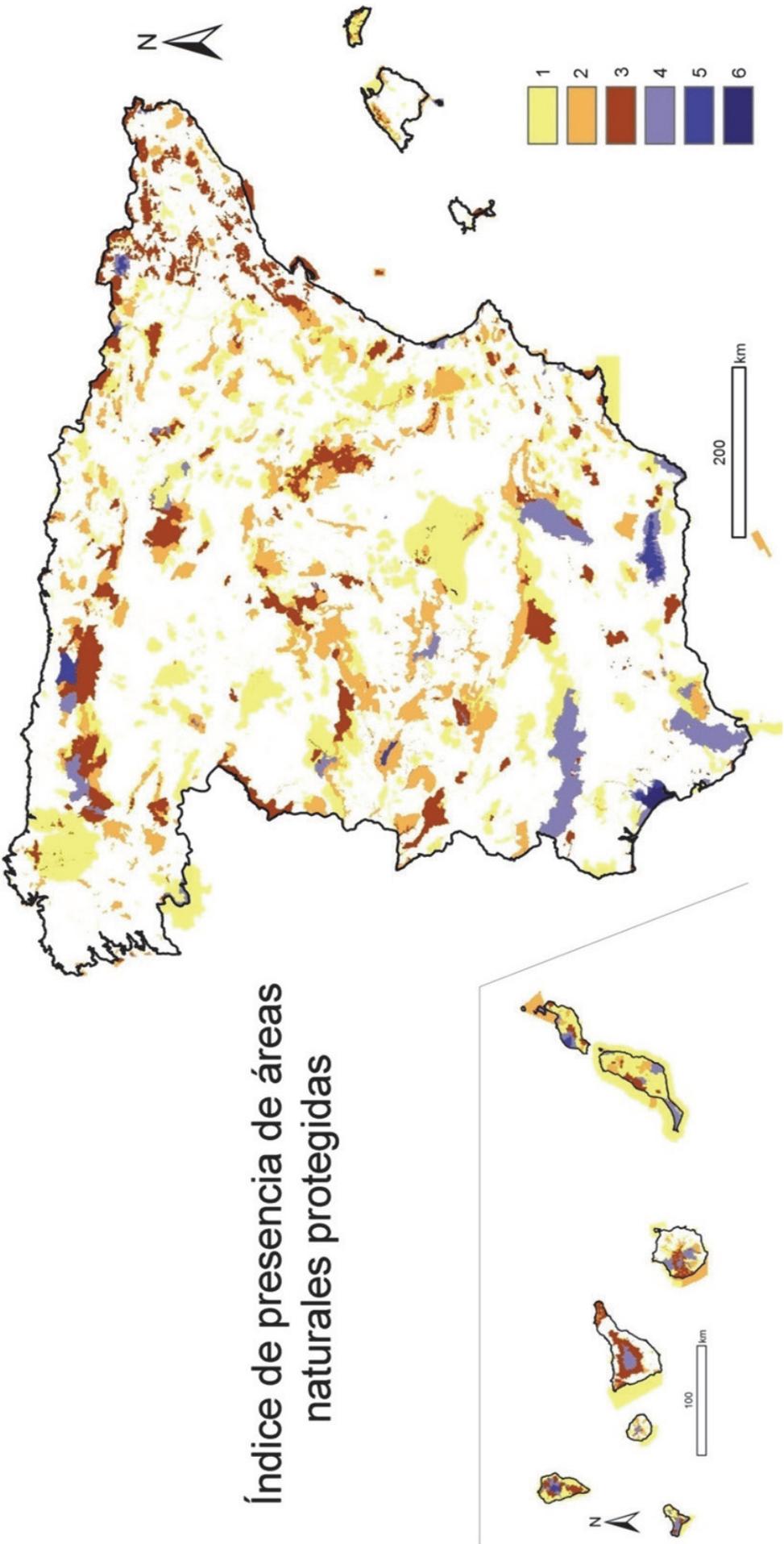


Figura III.6. Índice de presencia de áreas naturales protegidas (apartado 3.2.2.e).

Índice de vulnerabilidad biológica a las infraestructuras lineales de transporte

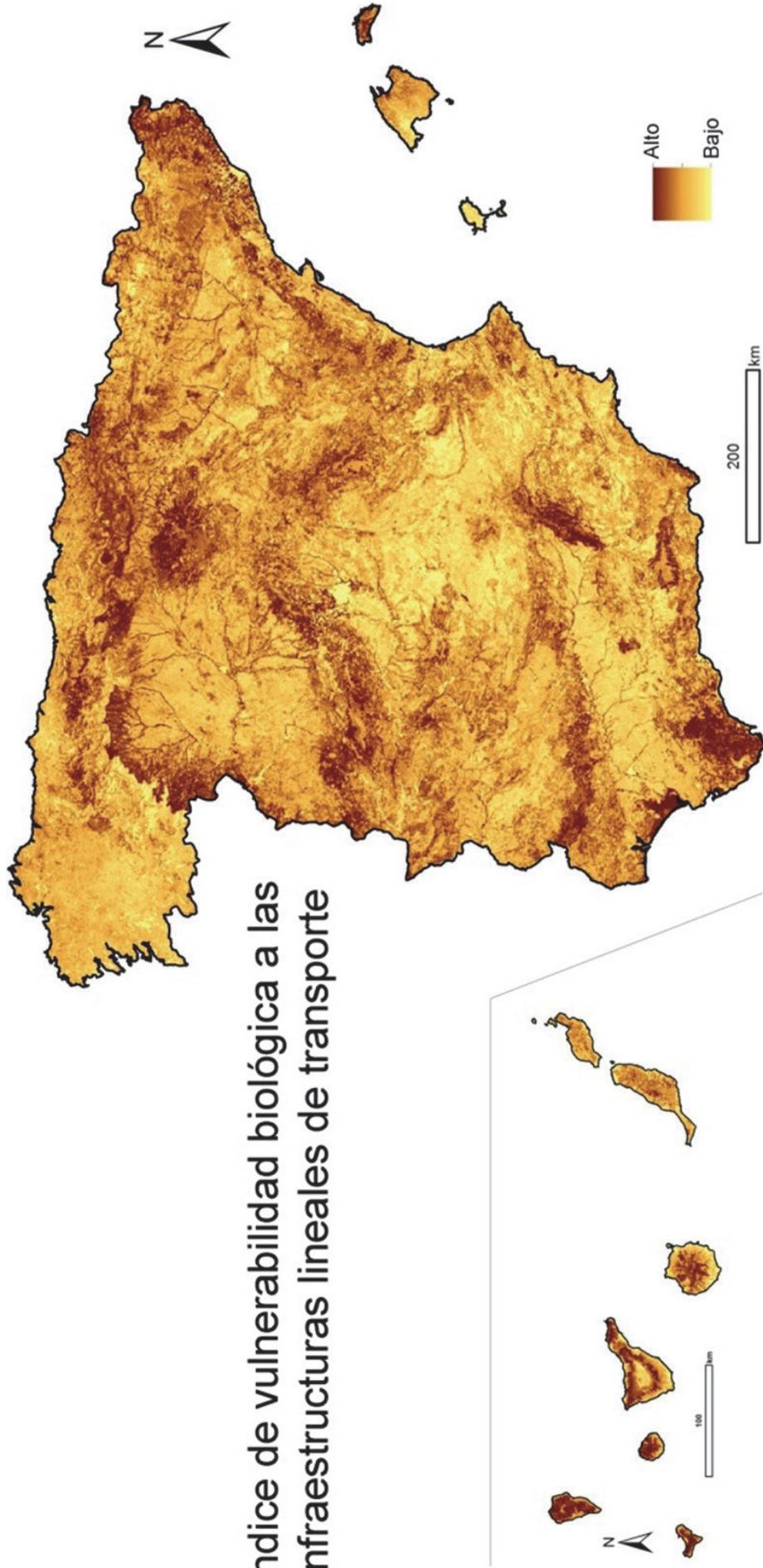


Figura III.7. Índice de vulnerabilidad biológica a las infraestructuras lineales de transporte (combinación de los índices presentados en las Figuras III.1-III.6).

Tamaño efectivo de malla

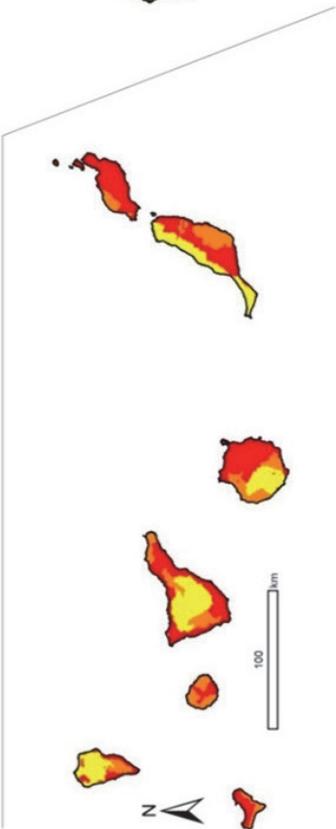
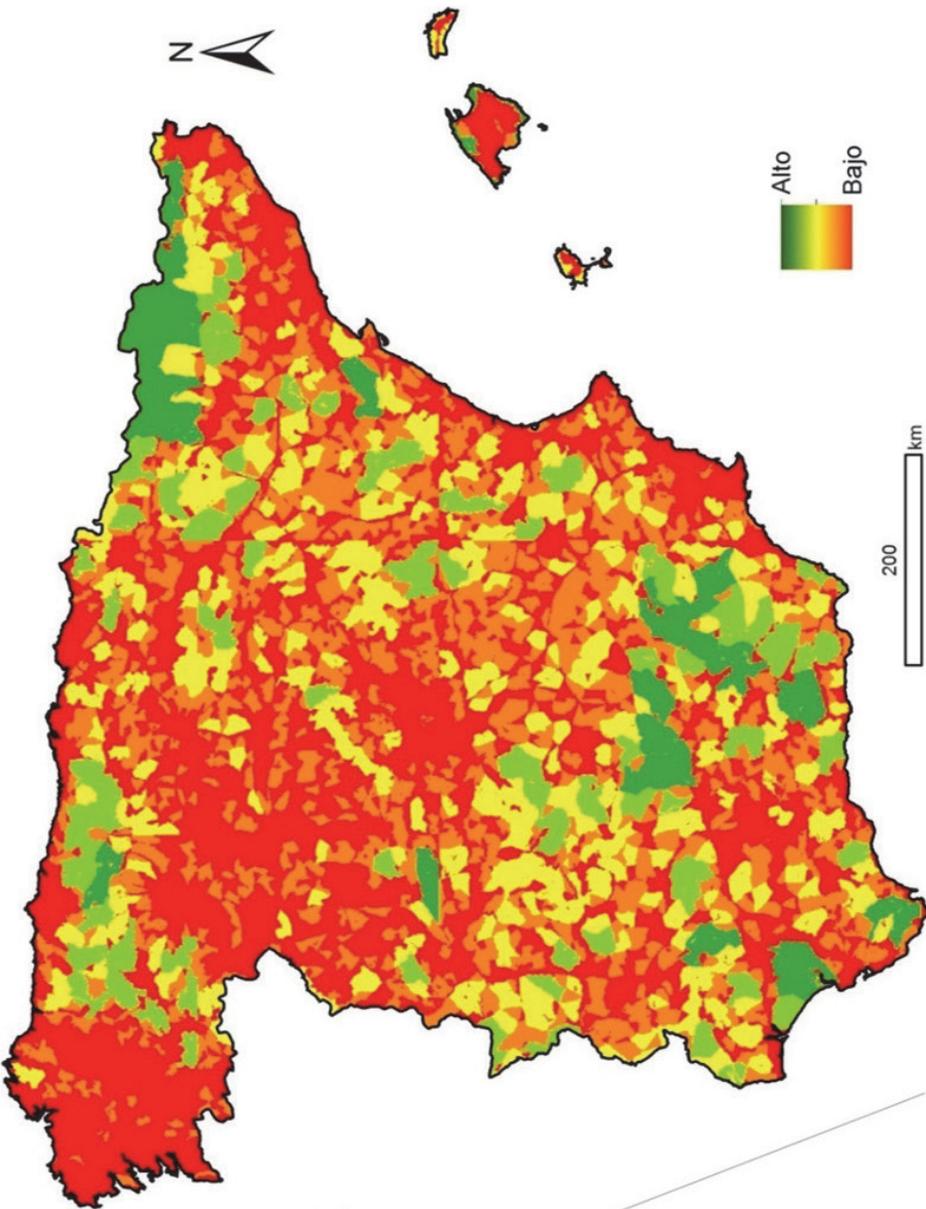


Figura III.8. Tamaño efectivo de malla (apartado 3.3).

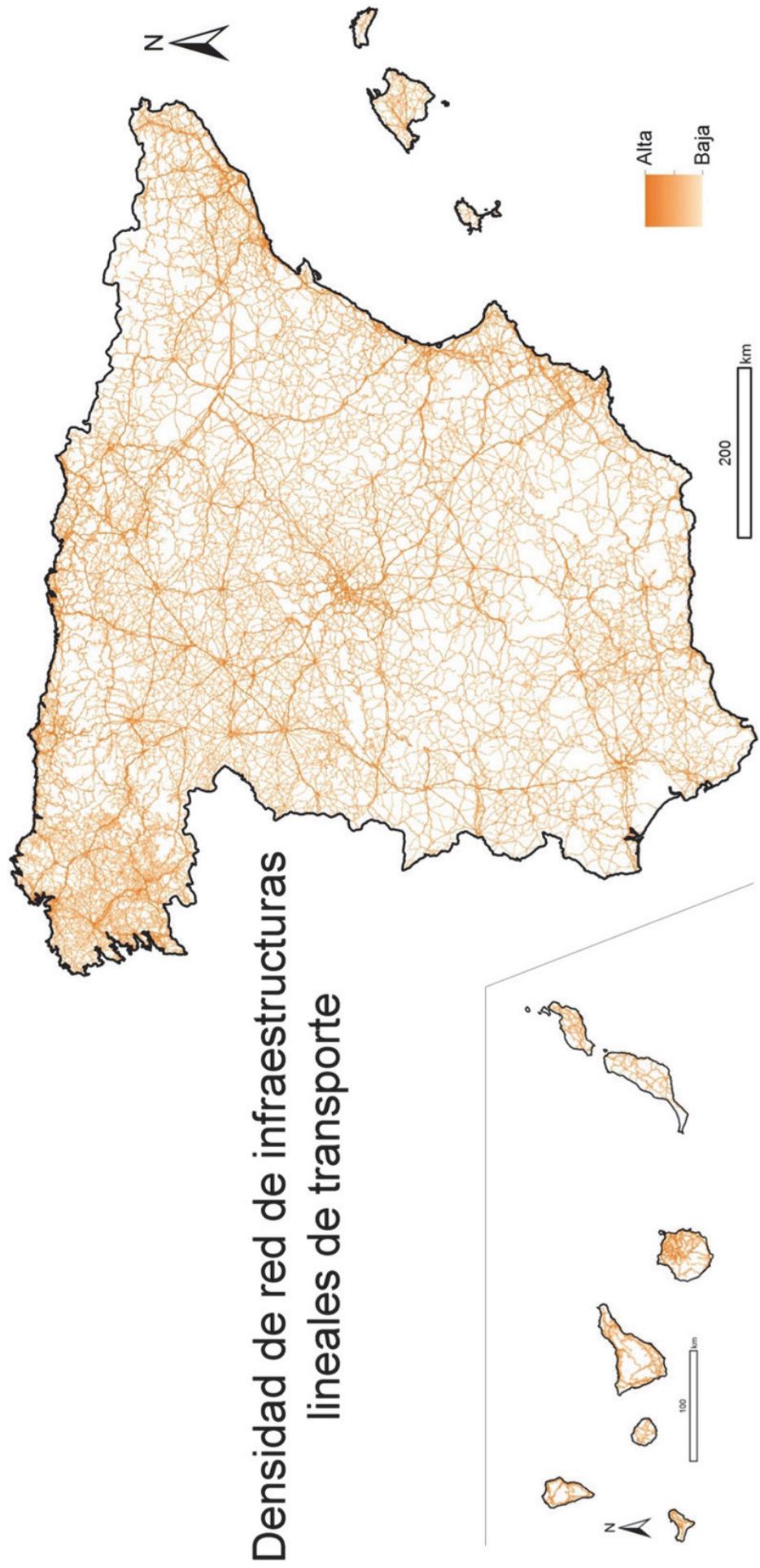


Figura III.9. Densidad de red de infraestructuras lineales de transporte (apartado 3.4).

Anexo IV. Glosario y acrónimos

Áreas prioritarias a desfragmentar: En el contexto del presente documento, áreas donde es prioritario aplicar medidas de desfragmentación, que se han determinado mediante los modelos de áreas a desfragmentar que generan los índices de prioridad de mitigación de efectos de vías de transporte en áreas con patrimonio natural poco y muy fragmentado (véase capítulo 3). El resultado de estos modelos se ha complementado con el uso de otros dos criterios (conectividad forestal y densidad de accidentes con fauna silvestre) y el análisis de coincidencia de índices (véase capítulo 5).

Biodiversidad: La variabilidad de organismos vivos de cualquier fuente, incluidos, entre otras cosas, los ecosistemas terrestres y marinos y otros ecosistemas acuáticos y los complejos ecológicos de los que forman parte; comprende la diversidad dentro de cada especie, entre las especies y de los ecosistemas (Convenio sobre la Diversidad Biológica, Artículo 2). En algunos contextos puede utilizarse en un sentido mucho más amplio, que incluye comunidades, ecosistemas y paisajes, e incluso los procesos ecológicos asociados a cada caso.

Conectividad ecológica: Propiedad del paisaje que hace posible el flujo de materia y organismos a través de los hábitats o entre sus fragmentos. No existe una única conectividad en el paisaje, ya que ésta depende de las características de los organismos (p. ej. capacidad de dispersión por el paisaje) y de los procesos ecológicos implicados. Frecuentemente se distingue entre la conectividad física o estructural (o conectancia) y la funcional: en paisajes fragmentados es posible mantener la conectividad funcional mediante corredores que conectan a los hábitats, mediante un mosaico de manchas de hábitats que sirven como refugios de paso o teselas puente (*stepping stones*), o mediante una matriz suficientemente permeable que permite el movimiento de las especies. También se distingue entre (i) conectividad ecológica o grado de conexión de los procesos ecológicos (flujos de organismos, materia y energía (perspectiva ecosistémica)), (ii) conectividad de los hábitats o grado de conexión de las teselas de hábitat para una determinada especie (perspectiva específica) y (iii) conectividad del paisaje o grado de conexión de las cubiertas de vegetación o usos del suelo definidos en un determinado paisaje según una perspectiva antropocéntrica.

Conectividad forestal: La definición anterior aplicada exclusivamente a hábitats forestales. En el contexto del presente documento se define la

conectividad forestal como el grado en que el territorio facilita o dificulta los desplazamientos de las especies forestales entre las teselas de hábitat forestal (véanse apartados 5.1 y 1.5 del Anexo I).

Conector forestal: En el contexto del presente documento, rutas donde cabe esperar una mayor concentración potencial de flujos de especies forestales entre teselas de hábitat forestal. Se han determinado para los mamíferos forestales considerados como especie objetivo mediante análisis de rutas de mínimo coste de desplazamiento y se ha jerarquizado su importancia mediante la metodología CONEFOR (véanse apartados 5.1 y 1.5 del Anexo I).

Corredor de transporte o de infraestructuras: Área que concentra varias infraestructuras de transporte (sean en funcionamiento, en proyecto o en construcción), dispuestas en paralelo y a poca distancia entre sí.

Corredor ecológico: Territorio, de extensión y configuración variables, que, debido a su disposición y a su estado de conservación, conecta funcionalmente espacios naturales de singular relevancia para la flora o la fauna silvestres, separados entre sí, permitiendo, entre otros procesos ecológicos, el intercambio genético entre poblaciones de especies silvestres o la migración de especímenes de esas especies (Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad).

Densidad de accidentes con fauna silvestre: En el contexto del presente documento, se ha definido como número de accidentes con fauna silvestre registrados en cada cuadrícula UTM de 1 km² (véase apartado 5.2).

Densidad de red de infraestructuras lineales de transporte: Índice que cuantifica la superficie ocupada por infraestructuras lineales de transporte en cada cuadrícula UTM de 1 km². Es equivalente al índice "Superficie ocupada por las infraestructuras de transporte" definido en MARM (2010) (véase apartado 3.4).

Desfragmentación: En el contexto del presente documento, se define desfragmentación como *el conjunto de acciones destinadas a recuperar o aumentar la conectividad ecológica en territorios afectados por infraestructuras lineales de transporte en funcionamiento y, en general, a mitigar cualquiera de los efectos asociados a la fragmentación de hábitats generados por estas vías* (MAGRAMA 2013). Por lo tanto, se está considerando una definición amplia, más allá del proceso consistente en la construcción de estructuras destinadas a facilitar el restablecimiento de la conexión entre

los hábitats ubicados en ambos lados de vías en funcionamiento (mediante viaductos, ecoductos u otras soluciones) o a facilitar el paso de determinadas especies focales (mediante pasos de fauna). Estas actuaciones, que se aplican a infraestructuras viarias ya existentes, también requieren la restauración de los hábitats adyacentes para garantizar una adecuada integración de las estructuras de permeabilización en el entramado de hábitats de su entorno.

Ecosistema: Complejo dinámico de comunidades vegetales, animales y de microorganismos y su medio no viviente que interactúan como una unidad funcional (Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad).

Efecto barrera: Caso extremo del efecto de filtro aplicado a las infraestructuras lineales de transporte. Hace referencia a la imposibilidad de atravesar determinadas vías debido a las características de las mismas (anchura, intensidad de tráfico, permeabilidad) y a las características biológicas de los organismos (exigencias de hábitat, movilidad, capacidad de dispersión, etc.).

Efecto de borde: Interacción de los elementos del paisaje con el medio circundante a través de sus fronteras físicas o bordes. Esta interacción es uno de los principales fenómenos estudiados en la ecología del paisaje, ya que juega un papel decisivo en la determinación de la estructura y dinámica de las “manchas” (unidades espaciales diferenciadas) ecológicas. El efecto de borde aumenta con el incremento de la relación perímetro/área que se produce con el avance de la fragmentación del hábitat. Dicho avance afecta a la calidad del hábitat y provoca pérdida de especies.

Efecto de filtro: Efecto de selección de individuos o especies en su movimiento a través de determinados elementos del paisaje.

Elemento fragmentante: Cualquier elemento del paisaje que causa fragmentación de hábitats. En el contexto del presente documento, para el cálculo del tamaño efectivo de malla se han considerado los siguientes elementos fragmentantes de origen antrópico: infraestructuras lineales de transporte, áreas urbanizadas, canales, embalses, minas, etc. (véase listado detallado en el apartado I.2 del anexo 1).

Especie objetivo o focal: En el contexto del presente documento, especies particularmente vulnerables a la fragmentación de hábitats, al efecto barrera o al atropello, por los cuales pueden tener problemas serios para su conservación y que, por tanto, se han considerado directamente en la elaboración del índice de vulnerabilidad biológica a

las infraestructuras lineales de transporte (véase apartado 2.1.1).

Fragmentación de hábitats: Proceso de división de hábitats continuos en fragmentos que, a medida que se hacen más pequeños, quedan más aislados entre sí, y que, en conjunto, ocupan sólo una fracción de la superficie original del hábitat. La fragmentación de hábitats causada por infraestructuras de transporte es el resultado de una serie diversa de procesos y efectos generados por las infraestructuras que incluyen la destrucción de hábitat, la disminución del tamaño de hábitats, la mortalidad por atropello, los efectos de borde, filtro y barrera, y los procesos de margen (MARM 2010b).

Hábitat: Entorno físico y biológico utilizado por un individuo, población o especie, o de forma más amplia, por un grupo de especies. Según la Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad, el hábitat de una especie es el medio definido por factores abióticos y bióticos específicos donde vive la especie en una de las fases de su ciclo biológico. Los hábitats naturales son las zonas terrestres o acuáticas diferenciadas por sus características geográficas, abióticas y bióticas, tanto si son enteramente naturales como seminaturales. Con frecuencia en el lenguaje coloquial el término se utiliza para referirse al lugar donde vive un organismo determinado.

Indicador: Parámetro, o valor derivado de otros parámetros, que expresa sintéticamente el estado de uno o más elementos del Patrimonio Natural y la Biodiversidad. Proporciona información y describe el estado de un fenómeno con un significado añadido mayor que el directamente asociado a su propio valor, de forma que pueda ser transmitido al conjunto de la sociedad, incorporado a los procesos de toma de decisiones e integrado a escala supranacional (Real Decreto 556/2011, de 20 de abril, para el desarrollo del Inventario Español del Patrimonio Natural y la Biodiversidad).

Índice: Conjunto agregado o ponderado de parámetros o indicadores, que a su vez puede ser empleado como indicador (Real Decreto 556/2011, de 20 de abril, para el desarrollo del Inventario Español del Patrimonio Natural y la Biodiversidad).

Índice de abundancia de ríos y humedales: En el contexto del presente documento, se ha definido como la superficie ocupada por ríos y humedales dentro de cada cuadrícula UTM de 1 km². Es uno de los componentes del índice de vulnerabilidad biológica a las infraestructuras lineales de transporte (véase apartado 3.2.2).

Índice de áreas agrarias y forestales de alto valor natural: Valor natural agrícola/ganadero y forestal para cada cuadrícula de 1 km², calculado en el trabajo *Modelización de las áreas agrarias y forestales de alto valor natural en España* (MARM 2011). Identifica las áreas agrarias o forestales que resultan de alto valor natural como consecuencia de las prácticas realizadas. En el contexto del presente documento, es uno de los componentes del índice de vulnerabilidad biológica a las infraestructuras lineales de transporte (véase apartado 3.2.2).

Índice de biodiversidad: Cualquier índice que cuantifique matemáticamente la biodiversidad de un territorio determinado. En el contexto del presente documento, se ha utilizado el índice combinado de biodiversidad propuesto por Rey Benayas y De la Montaña (2003), como uno de los componentes del índice de vulnerabilidad biológica a las infraestructuras lineales de transporte (véase apartado 3.2.2).

Índice de presencia de áreas naturales protegidas: En el contexto del presente documento, uno de los componentes del índice de vulnerabilidad biológica a las infraestructuras lineales de transporte. Índice que cuantifica el grado de protección de cada cuadrícula UTM de 1 km² teniendo en cuenta todas las categorías de protección a nivel estatal o de CC. AA. presentes en la base de datos del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente y sus posibles solapamientos (véase apartado 3.2.2).

Índices de prioridad de mitigación de efectos de vías de transporte: En el contexto del presente documento, resultado de los modelos de áreas prioritarias a desfragmentar, que integran el índice de vulnerabilidad biológica a las infraestructuras lineales de transporte, el tamaño efectivo de malla y la densidad de red de infraestructuras lineales de transporte. Estos índices de prioridad de mitigación han constituido el valor básico para determinar las áreas prioritarias a desfragmentar. Se ha determinado un **índice de patrimonio natural poco fragmentado** y otro de **patrimonio natural muy fragmentado**. Del conjunto total de valores de estos índices en todo el Estado (un valor en cada índice y en cada cuadrícula UTM de 1 km²), se ha obtenido un **selección estatal** y otra **selección autonómica** de áreas prioritarias a desfragmentar en cada C. A. Véanse definiciones escuetas en el apartado 6.2, y descripción detallada en el capítulo 4.

Índice de riqueza de especies objetivo respecto a las infraestructuras lineales de transporte: En el contexto del presente documento, índice que evalúa la presencia y abundancia de especies objetivo en cada cuadrícula UTM de 1 km²,

siguiendo una metodología equivalente al índice de biodiversidad. Es uno de los componentes del índice de vulnerabilidad biológica a las infraestructuras lineales de transporte (véase apartado 3.2.2).

Índice de vulnerabilidad biológica a las infraestructuras lineales de transporte: Índice generado en el presente documento para evaluar el grado de vulnerabilidad biológica de un territorio determinado a la presencia de infraestructuras lineales de transporte, es decir, si la presencia de estas infraestructuras puede tener un mayor o menor impacto sobre la conservación de la biodiversidad de ese territorio. Cuanto más alto sea su valor, más vulnerable es el ecosistema de un territorio a la presencia de estas infraestructuras. Este índice integra la información sobre áreas agrarias y forestales de alto valor natural, el índice de biodiversidad, el índice de riqueza de especies objetivo, el índice de abundancia de ríos y humedales y el índice de presencia de áreas naturales protegidas (véase apartado 3.2).

Intensidad Media Diaria de tráfico: Indicador estándar de intensidad de uso de carreteras, autopistas y autovías, expresada en número de vehículos que circula por la vía/día.

Mancha: Véase tesela de hábitat.

Mapa de resistencias: Mapa predictivo continuo que determina la resistencia que ofrece cada punto del territorio para el desplazamiento de los seres vivos. Los mapas de resistencia son específicos de la especie o grupo biológico considerado. En el contexto del presente documento, se ha elaborado un mapa de resistencias para especies forestales (véase Figura I.6 en anexo 1)

Matriz: El ecosistema o tipo de uso del suelo predominante en un mosaico (Forman 1995) Es el que determina el carácter de un paisaje; por ejemplo un paisaje agrícola, rural o forestal. En el contexto de estudios de conectividad ecológica dirigidos a especies asociadas a un tipo de hábitat determinado, se considera matriz al conjunto del territorio restante en el que se insertan los fragmentos de dicho tipo de hábitat. En el contexto del análisis realizado en el presente documento sobre conectividad forestal (véase apartados 5.1. y I.5 del Anexo I) la matriz corresponde a todas aquellas partes del territorio que no contienen manchas forestales.

Metapoblación: Población de organismos que ocupa un hábitat fragmentado y que se halla dividida en subpoblaciones que ocupan determinados fragmentos del hábitat. La dinámica de extinciones y recolonizaciones en los fragmentos

es vital para el mantenimiento a largo plazo de la metapoblación. Ésta depende del mantenimiento de los flujos de genes o de individuos entre subpoblaciones, que viene condicionada por la distancia entre ellas y de la capacidad de dispersión de los organismos.

Modelo: Abstracción de la realidad mediante la expresión formal de las relaciones entre las entidades definidas en términos matemáticos o físicos. Es por tanto una representación que trata de aproximarse a una realidad determinada.

Nodo forestal: Teselas de bosque que se consideran como áreas fuente a conectar en el análisis de conectividad forestal (véase apartado I.5.1 del anexo I).

Paisaje: Desde la perspectiva de la ecología del paisaje se define como el área de escala kilométrica compuesta por diferentes teselas de hábitats que se encuentran interrelacionadas en el territorio, constituyendo un mosaico de ecosistemas interdependientes los cuales pueden estar sujetos a actividades humanas que ocurren en el tiempo. El Convenio Europeo del Paisaje ofrece una definición más centrada en la percepción humana, entendiéndolo como cualquier parte del territorio tal como la percibe la población, cuyo carácter sea el resultado de la acción y la interacción de factores naturales o humanos. Esta definición es coincidente con la que efectúa la Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad.

Patrón: En ecología hace referencia a la pauta espacial de las unidades estudiadas. Incluye medidas de composición y de configuración espacial (tamaño, forma, disposición, etc.).

Permeabilidad: En ecología del paisaje es el concepto inverso a la resistencia de desplazamiento. Así, es una propiedad de los elementos del paisaje que hace referencia a la facilidad con que se mueven por ellos los organismos de referencia.

Píxel: Cada una de las celdas que forman la retícula regular que componen una capa ráster. La unidad más pequeña de representación de un mapa ráster.

Ráster: Sistema de representación gráfica basado en una rejilla de píxeles ordenados en filas y columnas.

Resistencia: En el contexto del presente documento, se refiere a la dificultad que ofrece cada punto del territorio al desplazamiento de los seres vivos. Refleja una propiedad del paisaje asociada a la composición y configuración espacial de sus elementos y que mide la dificultad que encuentra la fauna de referencia para su disper-

sión o desplazamiento a través de aquél. Dicha resistencia es específica para la especie o grupo biológico considerado y depende de las características de dicho punto (tales como vegetación, pendiente, usos del suelo, etc.).

Tamaño efectivo de malla: Medida de la fragmentación del territorio que mide la probabilidad de que dos puntos de un territorio escogidos al azar no queden en fragmentos o teselas de hábitat separados. Aplicada a la fauna, esta probabilidad es la de que dos individuos situados al azar pudiesen encontrarse sin necesidad de atravesar ninguna infraestructura. Ha sido el indicador de fragmentación de hábitats utilizado en la elaboración de los índices de prioridad de mitigación de efectos de vías de transporte en áreas con patrimonio natural poco y muy fragmentado, junto con el índice de vulnerabilidad biológica a las infraestructuras lineales de transporte y la densidad de red de infraestructuras lineales de transporte (véanse apartados 2.2 y 2.3). A mayor tamaño efectivo de malla, menor grado de fragmentación, y viceversa.

Taxón: Término con el que se designa a cualquiera de los grupos sistemáticos en biología: subespecie, especie, género, familia, etc.

Tesela de hábitat: Área no lineal relativamente homogénea por lo que respecta a usos del suelo que difiere de su entorno debido a que tiene características que la particularizan como el tipo de cobertura vegetal, la topografía, etc.

Tesela-corredor-matriz: Modelo del paisaje más utilizado en ecología del paisaje, propuesto por R.T.T. Forman (1995). Se basa en una división del paisaje en unidades discretas de tres tipos: teselas, corredores y la matriz del paisaje (ver definiciones en este mismo glosario).

Vectorial: Sistema de representación basado en objetos gráficos –puntos, líneas, polígonos– referidos a unos ejes de coordenadas.

Vías de gran capacidad: Autopistas, autovías y carreteras de doble calzada (calzadas separadas por medianas y habitualmente con limitación de accesos a las propiedades colindantes).

Vías o carreteras convencionales: Aquellas que no reúnen las características propias de las autopistas, autovías y carreteras de doble calzada, que no tienen limitación de accesos a propiedades colindantes y habitualmente sin separación de calzadas por medianas. También referidas en el documento como carreteras de primer o segundo orden, usando la terminología de la cartografía utilizada en los análisis.

ACRÓNIMOS

AEMA: Agencia Europea del Medio Ambiente.

ARENA: Accidentes: Recogida de información y Análisis (Base de datos de la Dirección General de Tráfico).

C. A./CC. AA.: comunidad/es autónoma/s

CDB: Convenio sobre la Diversidad Biológica.

EAE: Evaluación Ambiental Estratégica de planes y programas.

EIA: Evaluación de Impacto Ambiental.

ENP: Espacio Natural Protegido.

IMD: Intensidad Media Diaria de tráfico.

LAV: Líneas de ferrocarril de Alta Velocidad.

LIC: Lugar de Importancia Comunitaria.

SIG: Sistema de Información Geográfica.

SIOSE: Sistema de Información de Ocupación del Suelo en España.

TEM: Tamaño efectivo de malla.

UICN: Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza.

UTM: Universal Transverse Mercator (sistema internacional de coordenadas geográficas).

ZEPa: Zona de Especial Protección para las Aves.



Anexo V. Bibliografía

- Álvarez, G., Rosell, C., Rodà, F., Viñuela, J. y Campeny, R. 2013. *Restoring connections across existing transport infrastructures in Spain*. Proceedings. 2013 International Conference on Ecology & Transportation (ICOET). Scottsdale (Arizona, EEUU), 23-27 junio 2013.
- Andrews, K.M. y Jochimsen, D.M. 2007. Ecological Effects of Roads Infrastructure on Herpetofauna. In: Irwin, C.L., Nelson, D. y McDermott, K.P. (Eds.). *Proceedings of the 2007 International Conference on Ecology and Transportation*. Center for Transportation and the Environment, North Carolina State University. Raleigh, NC, 674 pp.
- Araújo, M. B. 1999. Distribution patterns of biodiversity and the design of a representative reserve network in Portugal. *Diversity and Distributions* 5: 151-163.
- Araújo, M.B., Lobo, J.M. y Moreno, J.C. 2007. The effectiveness of Iberian protected areas in conserving terrestrial biodiversity. *Conservation Biology* 21: 1423-1432.
- Ascensao, F., Clevenger, A. P., Grilo, C., Filipe, J. y Santos-Reis, M. 2012. Highway verges as habitat providers for small mammals in agrosilvopastoral environments. *Biodiversity and Conservation* 21: 3681-3697.
- Avilés, M. 2007. Recogida de datos sobre accidentes causados por animales en las carreteras. Comunicación oral en: *9ª reunión del Grupo de Trabajo sobre Fragmentación de hábitats causada por infraestructuras de transporte*. Dirección General para la Biodiversidad, Ministerio de Medio Ambiente. Madrid, 29 de marzo de 2007.
- Bautista, L.M., García, J.T., Calmaestra, R.G., Palacin, C., Martín, C.A., Morales, M.B., Bonal, R. y Viñuela, J. 2004. Effect of weekend road traffic on the use of space by raptors. *Conservation Biology* 18: 726-732.
- Benítez-López, A., Alkemade, R. y Verweij, P.A. 2010. The impacts of roads and other infrastructure on mammal and bird populations: A meta-analysis. *Biological Conservation* 143: 1307-1316.
- Bissonette, J.A., y Rosa, S. A. 2009. Road zone effects in small-mammal communities. *Ecology and Society* 14(1): 2
- Byrnes, P., Goosem, M. y Turton, S.M. 2012. Are less vocal rainforest mammals susceptible to impacts from traffic noise? *Wildlife Research* 39: 355-365.
- Carvalho, F. y Mira, A. 2011. Comparing annual vertebrate road kills over two time periods, 9 year apart: a case study in Mediterranean farmland. *European Journal of Wildlife Research* 57: 157-174.
- Clevenger, A.P. y N. Waltho. 2000. Factors influencing the effectiveness of wildlife underpasses in Banff National Park, Alberta, Canada. *Conservation Biology*, 14: 47-56.
- Coffin, A.W. 2007. From roadkill to road ecology: a review of the ecological effects of roads. *Journal of Transport Geography* 15: 396-406.
- Colino-Rabanal, V.J., Lizana, M. y Peris, S.J. 2011. Factors influencing wolf *Canis lupus* roadkills in northwest Spain. *European Journal of Wildlife Research* 57: 399-409.
- Colino-Rabanal, V.J. y Lizana, M. 2012. Herpetofauna and roads: a review. *Basic and Applied Herpetology* 26: 5-31.
- De la Montaña, E., Rey Benayas, J.M., Vasques, A., Razola, I. y Cayuela, L. 2011. Conservation planning of vertebrate diversity in a Mediterranean agricultural-dominant landscape. *Biological Conservation* 144: 2468-2478.
- Dobson, J.E., Bright, E.A., Coleman, P.R., Durfee, R.C. y Worley, B.A. 2000. A Global Population database for estimating populations at risk. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 66:849-857.
- DTES-Generalitat de Catalunya. 2012. *Estudi de l'accidentalitat provocada per animals en llibertat a la xarxa de carreteres de la Generalitat de Catalunya*. Departament de Territori i Sostenibilitat, Generalitat de Catalunya. Realizado por Minuartia. Informe inédito, 76 pp + anexos.
- Epps, C. W., Palsbøll, P. J., Weyhausen, J. D., Roderick, G. K., Ramey, R. R. y McCullough, D.R., 2005. Highways block gene flow and cause a rapid decline in genetic diversity of desert bighorn sheep. *Ecology Letters* 8: 1029-1038.
- Fahrig, L., 2007. Non-optimal animal movement in human-altered landscapes. *Functional Ecology* 21: 1003-1015.
- Fahrig, L., y Rytwinski, T. 2009 Effects of roads on animal abundance: an empirical review and synthesis. *Ecology and Society* 14:21.
- Ferreira, C. 2012. European rabbit research in the Iberian Peninsula: state of the art and future perspectives. *European Journal of Wildlife Research* 58: 885-895.

- Ford, A.T., Clevenger, A.P., Huijser, M.P. y Dibb, A. 2011. Planning and prioritization strategies for phased highway mitigation using wildlife-vehicle collision data. *Wildlife Biology* 17: 253-265.
- Forman, R.T.T. 1995. *Land mosaics. The ecology of landscapes and regions*. Cambridge University Press, 632 pp.
- Forman, R.T.T y Alexander, L.E. 1998. Roads and their major ecological effects. *Annual Review of Ecology and Systematics* 29: 207-231.
- Forman, R.T.T., Sperling, D., Bissonette, J.A., Clevenger, A.P., Cutshall, C.D., Dale, V.H., Fahrig, L., France, R. Goldman, C.R., Heanue, K., Jones, J.A. Swanson, F.J., Turrentine, T. y Winter, T.C. 2003. *Road Ecology: Science and Solutions*. Island Press, Washington, D.C.
- Greif, J. y Scharmer, K. 2000. *ESRA: The European Solar Radiation Atlas*. École des Mines de Paris, Paris, Francia.
- Gortazar, C., Acevedo, P., Ruiz-Fons, F. y Vicente, J. 2006. Disease risks and overabundance of game species. *European Journal of Wildlife Research* 52: 81-87.
- Gortazar, C. 2012. Wildlife research-science for a changing environment. *European Journal of Wildlife Research* 58: 1-4.
- Gurrutxaga, M., Rubio, L. y Saura, S. 2011. Key connectors in protected forest area networks and the impact of highways: A transnational case study from the Cantabrian Range to the Western Alps (SW Europe). *Landscape and Urban Planning* 101: 310-320.
- Hijmans, R.J., Cameron, S.E., Parra, J.L., Jones, P.G. y Jarvis, A. 2005. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology* 25:1965-1978.
- IGN. 2011. *Directrices toponímicas de uso internacional para editores de mapas y otras publicaciones*. Centro Nacional de Información Geográfica, Dirección General del Instituto Geográfico Nacional. 76 pp. http://www.ign.es/ign/resources/acercaDe/marcoNormativo/Directrices_toponimicas.pdf.
- Iuell, B., Bekker, G.J., Cuperus, R., Dufek, J., Fry, G., Hicks, C., Hlavác, V., Keller, V., B., Rosell, C., Sangwine, Tt., Tørsløv, N. y Wandall, B. Le Maire, (Eds.). 2005. Fauna y Tráfico. Manual europeo para la identificación de conflictos y el diseño de soluciones. Organismo Autónomo Parques Nacionales. Ministerio de Medio Ambiente. Serie técnica. 166 pp.
- Jaeger, J.A.G. 2000. Landscape division, splitting index, and effective mesh size. *Landscape Ecology* 15: 115-130.
- Jaeger, J.A.G., Soukup, T., Madriñán, L.F., Schwick, C. y Kienast, F. 2011. *Landscape fragmentation in Europe*. Joint EEA-FOEN report. Publications Office of the EU, Luxembourg.
- Kumar, L., Skidmore, A. K. y Knowles, E. 1997. Modelling topographic variation in solar radiation in a GIS environment. *International Journal of Geographic Information Science* 11:475-497.
- Lagos, L., Picos, J. y Valero, E. 2012. Temporal pattern of wild ungulate-related traffic accidents in northwest Spain. *European Journal of Wildlife Research* 58: 661-668.
- Langbein, J., Putman, R. y Pokorny, B. 2011. Traffic collisions involving deer and other ungulates in Europe and available measures for mitigation. In: Putman, R. et al. (eds.). *Ungulate Management in Europe*. Cambridge University Press: 215-259 pp.
- Langton, T. (Ed.). 1989. *Amphibians and Roads. Proceedings of the Toad Tunnel Conference*. ACO Polymer Products. Bedfordshire, 202 pp.
- Litvaitis, J.A. y Tash, J.P. 2008. An approach toward understanding wildlife-vehicle collisions. *Environmental Management* 42: 688-697.
- Mader, H. J., 1984. Animal habitat isolation by roads and agricultural fields. *Biological Conservation* 29: 81-96.
- Madroño, A., González, C. y Atienza, J.C. (eds). 2004. *Libro Rojo de las Aves de España*. Dirección General para la Biodiversidad-SEO/BirdLife. Madrid.
- MAGRAMA. 2013. *Desfragmentación de hábitats. Orientaciones para reducir los efectos de las infraestructuras de transporte en funcionamiento*. Documentos para la reducción de la fragmentación de hábitats causada por infraestructuras de transporte, número 5. Organismo Autónomo Parques Nacionales, Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.
- Malo, J., Suárez, F., y Díez, F. 2004. *Can we mitigate animal-vehicle accidents using predictive models?* *Journal of Applied Ecology*, 41: 701-710.
- MARM. 2007. *Mapa Forestal de España*. Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino.

- MARM. 2008a. *Prescripciones técnicas para el seguimiento y evaluación de la efectividad de las medidas correctoras del efecto barrera de infraestructuras de transporte*. Documentos para la reducción de la fragmentación de hábitats causada por infraestructuras de transporte, número 2. O.A. Parques Nacionales, Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Madrid, 115 pp.
- MARM. 2008b. *Documentación de las jornadas técnicas "DESfragmentación de hábitats afectados por infraestructuras viarias"*. Parque Natural de la Albufera de Valencia. 25 y 26 de noviembre de 2010.
- MARM. 2010. *Indicadores de fragmentación de hábitats causada por infraestructuras lineales de transporte*. Documentos para la reducción de la fragmentación de hábitats causada por infraestructuras de transporte, número 4. O.A. Parques Nacionales, Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Madrid, 140 pp.
- MARM. 2011. *Modelización de las áreas agrarias y forestales de alto valor natural en España*. Informe inédito. Elaborado por IREC. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Madrid.
- Martí, R. y del Moral, J. C. (Eds.). 2003. *Atlas de las aves reproductoras de España*. Dirección General de Conservación de la Naturaleza-Sociedad Española de Ornitología. Madrid.
- Mata, C., Hervás, I., Herranz, J., Suárez, F. y Malo, J. E., 2005. Complementary use by vertebrates of crossing structures along a fenced Spanish motorway. *Biological Conservation* 124: 397-405.
- McKinney, M.L. y Lockwood, J.L. 1999. Biotic homogenization: a few winners replacing many losers in the next mass extinction. *Trends in Ecology and Evolution* 14: 450-453.
- MMA 2006a. *Prescripciones técnicas para el diseño de pasos de fauna y vallados perimetrales*. Documentos para la reducción de la fragmentación de hábitats causada por infraestructuras de transporte, número 1. Organismo Autónomo Parques Nacionales, Ministerio de Medio Ambiente, Madrid.
- MMA 2006b. *Conjunto Básico de Indicadores de la AEMA. Guía*. Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental, Ministerio de Medio Ambiente, Madrid.
- Moser, B., Jeager, J. A. G., Tappeiner, U., Tasser, E. y Eiselt, B. 2007. Modification of the effective mesh size for measuring landscape fragmentation to solve the boundary problem. *Landscape Ecology* 22: 447-459.
- Mu, Q., Heinsch, F.A., Zhao, M. y Running, S.W. 2007. Development of a global evapotranspiration algorithm based on MODIS and global meteorology data. *Remote Sensing of Environment* 111: 519-536.
- Müller, S. y Berthoud, G. 1994. *Sécurité faune/Traffic*. Lausanne (Suiza): LAVOC. 128 pp.
- Ninyerola, M., Pons, X. y Roure, J.M. 2005. *Atlas Climático Digital de la Península Ibérica. Metodología y aplicaciones en bioclimatología y geobotánica*. Universidad Autónoma de Barcelona, Bellaterra.
- Palomares, F., Delibes, M., Ferreras, P., Fedriani, J.M., Calzada, J. y Revilla, E. 2000. Iberian lynx in a fragmented landscape: Predispersal, dispersal, and postdispersal habitats. *Conservation Biology* 14: 809-818.
- Palomo, L. J., Gisbert, J. y Blanco, J. C. 2007. *Atlas y libro rojo de los mamíferos terrestres de España*. Dirección General para la Biodiversidad-SECEM-SECEMU, Madrid, 588 pp.
- Parris, K.M., y Schneider, A. 2008. Impacts of traffic noise and traffic volume on birds of roadside habitats. *Ecology and Society* 14: 29.
- Pleguezuelos, J. M., Márquez, R. y Lizana, M., (eds.) 2004. *Atlas y Libro Rojo de los anfibios y reptiles de España*. Dirección General de Conservación de la Naturaleza-Asociación Herpetológica Española (3ª impresión), Madrid, 584 pp.
- Pulido, C. 1999. Accidentes producidos por la presencia de animales de gran tamaño en las carreteras. En: *Fauna y Carreteras*. Asociación Técnica de Carreteras, Madrid: 81-90.
- Ray, N. 2005. Pathmatrix: a geographical information system tool to compute effective distances among samples. *Molecular Ecology Notes* 5: 177-180.
- Rey Benayas, J. M. y de la Montaña, E. 2003. Identifying areas of high-value vertebrate diversity for strengthening conservation. *Biological Conservation* 114: 357-370.
- Rosell C., Álvarez, G., Cahill, S., Campeny, R., Rodríguez, A., y Séiler, A. 2003. *COST 341. La fragmentación del hábitat en relación con las infraestructuras de transporte en España*. Organismo Autónomo Parques Nacionales, Ministerio de Medio Ambiente. Madrid, 349 pp.

- Rosell, C., Fernández-Bou, M., Camps, F., Boronat, C., Navàs, F., Martínez, M. y Sorolla, A. 2013. *Animal-vehicle collisions: a new cooperative strategy is needed to reduce the conflict*. Proceedings. 2013 International Conference on Ecology & Transportation (ICOET). Scottsdale (Arizona, EEUU), 23-27 junio 2013.
- Rosell, C. y Navàs, F. (Eds.). En prensa. *Humedales y vías de transporte. Guía técnica para la reducción de impactos sobre la fauna*. 64 pp.
- Rosell, C. y Velasco Rivas, J. 1999. *Manual de prevenció i correcció dels impactes de les infraestructures viàries sobre la fauna*. Documents dels Quaderns de Medi Ambient, núm. 4. Departament de Medi Ambient. Generalitat de Catalunya. Barcelona. 95 pp.
- Ruiz-Capillas, P., Mata, C., y Malo, J.E. 2013a. Community Response of Mammalian Predators and Their Prey to Motorways: Implications for Predator-Prey Dynamics. *Ecosystems* 16: 617-626.
- Ruiz-Capillas, P., Mata, C., y Malo, J.E. 2013b. Road verges are refuges for small mammal populations in extensively managed Mediterranean landscapes. *Biological Conservation* 158: 223-229.
- Sáez-Royuela, C. y Tellería, J. L., 1986. The increased population of the wild boar (*Sus scrofa* L.) in Europe. *Mammal Review* 16: 97-101.
- Sala, O.E., Chapin III, F.S., Armesto, J.J., Berlow, R., Bloomfield, J., Dirzo, R., Huber-Sanwald, E., Huenneke, L.F., Jackson, R.B., Kinzig, A., Lee-mans, R., Lodge, D., Mooney, H.A., Oesterheld, M., Poff, N.L., Sykes, M.T., Walker, B.H., Walker, M.D. y Wall H. 2000. Global biodiversity scenarios for the year 2100. *Science* 287: 5459-5770.
- Saura, S. y Pascual-Hortal, L. 2007. A new habitat availability index to integrate connectivity in landscape conservation planning: comparison with existing indices and application to a case study. *Landscape and Urban Planning* 83: 91-103.
- Saura, S. y Torné, J. 2009. Conefor Sensinode 2.2: a software package for quantifying the importance of habitat patches for landscape connectivity. *Environmental Modelling and Software* 24: 35-139.
- Saura, S. y Rubio, L. 2010. A common currency for the different ways in which patches and links can contribute to habitat availability and connectivity in the landscape. *Ecography* 33: 523-537.
- Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica. 2010. *Perspectiva Mundial sobre la Diversidad Biológica* 3. Montreal, 94 pp.
- Seiler, A., Helldin, J.O. 2006. Mortality in wildlife due to transportation. In: Davenport, J., Davenport, J.L. (Eds.). *The ecology of transportation: managing mobility for the environment*. Pp. 165-189.
- Selva, N., Kreft, S., Kati, V., Schluck, M., Jonsson, B.G., Mihok, B., Okarma, H. e Ibisch, P.L. 2011. Roadless and Low-Traffic Areas as Conservation Targets in Europe. *Environmental Management* 48: 865-877.
- Shepard, D. B., Kuhns, A. R., Dreslik, M. J. y Phillips, C. A. 2008. Roads as barriers to animal movement in fragmented landscapes. *Animal Conservation* 11: 288-296.
- Strasburg, J. L., 2006. Roads and genetic connectivity. *Nature* 440: 875-876.
- Taylor, P.D., Fahrig, L., Henein, K. y Merriam, G., 1993. Connectivity is a vital element of landscape structure. *Oikos* 68 571-573.
- Tellería, J. L. y Virgós, E., 1997. Distribution of an increasing roe deer population in a fragmented Mediterranean landscape. *Ecography* 20: 247-252.
- Tellería, J.L., Díaz, J.A., Pérez-Tris, J., de Juana, E., de la Hera, I., Iraeta, P., Salvador, A. y Santos, T. 2011. Barrier effects on vertebrate distribution caused by a motorway crossing through fragmented forest landscape. *Animal Biodiversity and Conservation* 34: 331-340.
- Torre, I., Díaz, M., Martínez-Padilla, J., Bonal, R., Viñuela, J y Fargallo, J.A. 2007. Cattle grazing, raptor abundance and small mammal communities in Mediterranean grasslands. *Basic and Applied Ecology* 8: 565-575.
- Traba, J., de la Morena, .E. L. G., Morales, M.B., y Suárez, F.J. 2007. Determining high value areas for steppe birds in Spain: hot spots, complementarity and the efficiency of protected areas. *Biodiversity and Conservation* 16: 3255-3275.
- Trombulak, S. C. y Frissell, C. A., 2000. Review of ecological effects of roads on terrestrial and aquatic communities. *Conservation Biology* 14: 18-30.
- Underhill, J. E. y Angold, P. G., 2000. Effects of roads on wildlife in an intensively modified landscape. *Environmental Reviews* 8: 21-39.
- US Geological Survey 1996. *GTOPO30. Land Processes Distributed Active Archive Center (LP DAAC)*, EROS Data Center. <http://eros.usgs.gov/>

Otros documentos de la serie:
Disponibles en soporte digital en la Web del
Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente

1

PRESCRIPCIONES TÉCNICAS PARA EL DISEÑO DE PASOS DE FAUNA
Y VALLADOS PERIMETRALES.

2

PRESCRIPCIONES TÉCNICAS PARA EL SEGUIMIENTO Y EVALUACIÓN DE LA
EFECTIVIDAD DE LAS MEDIDAS CORRECTORAS DEL EFECTO BARRERA
DE INFRAESTRUCTURAS DE TRANSPORTE.

3

PRESCRIPCIONES TÉCNICAS PARA LA REDUCCIÓN DE LA FRAGMENTACIÓN DE
HÁBITATS EN LAS FASES DE PLANIFICACIÓN Y TRAZADO.

4

INDICADORES DE FRAGMENTACIÓN DE HÁBITATS CAUSADA POR
INFRAESTRUCTURAS LINEALES DE TRANSPORTE.

5

DEFRAGMENTACIÓN DE HÁBITATS. ORIENTACIONES PARA REDUCIR LOS EFECTOS
DE LAS CARRETERAS Y FERROCARRILES EN FUNCIONAMIENTO.

IDENTIFICACIÓN DE ÁREAS A DESFRAGMENTAR PARA REDUCIR LOS IMPACTOS DE LAS INFRAESTRUCTURAS LINEALES DE TRANSPORTE EN LA BIODIVERSIDAD es el número 6 de la serie *Documentos para la reducción de la fragmentación de hábitats causada por infraestructuras de transporte* que se elabora en el marco del Grupo de Trabajo sobre esta temática que integra representantes de las administraciones de transporte y medio ambiente de todas las Comunidades Autónomas y del Estado, depende de la Comisión Estatal para el Patrimonio Natural y la Biodiversidad, y lo coordina 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 el anterior número de esta serie se abordaron las bases teóricas para la desfragmentación de hábitats, aportando orientaciones y directrices para llevarla a cabo. En este documento se detalla la identificación de las áreas prioritarias para desarrollar acciones de desfragmentación de hábitats con la finalidad de mejorar la conectividad ecológica del territorio y, en concreto, de mitigar las afecciones producidas por la red de vías en funcionamiento en áreas especialmente sensibles para la conservación de la biodiversidad. Estas acciones contribuirán a la restauración de ecosistemas y paisajes degradados y reforzarán la infraestructura verde, reduciendo, además, riesgos para la seguridad vial.



9 788449 113260



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN
Y MEDIO AMBIENTE



Centro de Publicaciones
Paseo de la Infanta Isabel, 1 - 28014 Madrid