

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

5

DESFRAGMENTACIÓN DE HÁBITATS. ORIENTACIONES PARA REDUCIR LOS EFECTOS DE LAS CARRETERAS Y FERROCARRILES EN FUNCIONAMIENTO



DESFRAGMENTACIÓN DE HÁBITATS
ORIENTACIONES PARA REDUCIR LOS EFECTOS DE LAS
CARRETERAS Y FERROCARRILES
EN FUNCIONAMIENTO

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 (los nombres de las organizaciones corresponden a los del período de trabajo de la comisión):

Georgina Álvarez, DG de Medio Natural y Política Forestal, Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino

Helena Baigorri, Departamento de Desarrollo Rural y Medio Ambiente, Gobierno de Navarra

Carles Boronat, GISA, Departament d'Economia i Coneixement, Generalitat de Catalunya

Carles Borràs, DG de Gestión del Medio Natural, Consejería de Medio Ambiente, Agua, Urbanismo y Vivienda, Generalitat Valenciana

F. Javier Cantero Desmartines, DG de Carreteras, Consejería de Infraestructuras y Transportes, Comunidad de Madrid

Olga Carrascal, DG de Carreteras, Ministerio de Fomento

Fernando Díez, SOMACYL-DG de Medio Natural, Consejería de Medio Ambiente, Junta de Castilla y León

Javier Forcada, DG de Obras Públicas, Departamento de Obras Públicas, Transportes y Comunicaciones, Gobierno de Navarra

Maite Manzanares, DG de Calidad y Evaluación Ambiental, Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino

Maria Mercè Martínez, DG de Carreteres, Departament de Territori i Sostenibilitat, Generalitat de Catalunya

Juan F. Miral Duran, Departamento de Medio Ambiente, Ordenación del Territorio y Vivienda, Gobierno de Navarra

Susana Molinero, DG de Medio Natural y Política Forestal, Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino

Samira Moujir Nasser-Eddine, Servicio de Estudios de Impacto Ecológico, Consejería de Obras Públicas y Transportes, Gobierno de Canarias

Manuel J. Prats, DG de Grandes Proyectos, ADIF

Luis Ramajo, Agencia de Obra Pública de la Junta de Andalucía, Consejería de Obras Públicas y Vivienda, Junta de Andalucía)

Sarah Ruiz, CEDEX, Ministerio de Fomento

Gema Ruiz, LIFE-Naturaleza Recuperación de las poblaciones de Lince Ibérico en Andalucía-EGMASA, Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía

Jordi Solina, DG de Politiques Ambientals, Departament de Territori i Sostenibilitat, Generalitat de Catalunya

Manuel Luis Torres, DG de Calidad Ambiental, Viceconsejería de Medio Ambiente, Gobierno de Canarias

Asistencia técnica para la redacción del documento:

Carme Rosell¹, Ferran Rodà², Eulàlia Miralles¹ y Ferran Navàs¹

¹ MINUARTIA

² CREAM y Universidad Autónoma de Barcelona.

Agradecimientos: Personas que han aportado información o han participado en la revisión de los sucesivos borradores: Karmele Areta (Departamento de Desarrollo Rural y Medio Ambiente, Gobierno de Navarra), Roser Campeny (Minuartia), Asun Gómez (Tragsatec), Miquel Gurrutxaga (Universidad del País Vasco), Pedro Ortega (Departamento de Medio Ambiente, Planificación Territorial, Agricultura y Pesca, Gobierno Vasco), José María Perterra (Dirección General de Carreteras, Ministerio de Fomento), Antoni Sorolla (Departament de Territori i Sostenibilitat, Generalitat de Catalunya), Alberto Vizcaíno (Consejería de Medio Ambiente, Ordenación del Territorio e Infraestructuras, Gobierno del Principado de Asturias).

Imágenes de la portada: EGMASA, Junta de Andalucía. Minuartia. Tiefbauamt des Kantons (Berna).

Cita recomendada:

Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. 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. O.A. Parques Nacionales. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. 159 pp. Madrid.

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

Edita: Organismo Autónomo Parques Nacionales

NIPO: 293-13-004-1

ISBN: 978-84-8014-826-9

Depósito Legal: M-9808-2013

Imprime: La Trébere

1

Presentación

2

Conceptos generales y antecedentes

3

Marco legal y orientaciones para promover la desfragmentación de hábitats

4

Métodos para la identificación de zonas prioritarias a desfragmentar

5

Orientaciones para la selección de medidas de desfragmentación

6

Fichas descriptivas de actuaciones de desfragmentación

7

Anexos

Índice

1	Presentación	7
1.1	Contexto general	9
1.2	Justificación	10
1.3	Objetivos	11
1.4	Ámbito de aplicación	11
1.5	Destinatarios	13
2	Conceptos generales y Antecedentes	15
2.1	Definición y alcance del concepto	17
2.2	Antecedentes de la aplicación de medidas y programas de desfragmentación	19
3	Marco legal y orientaciones para promover la desfragmentación de hábitats	23
3.1	Aspectos generales	25
3.2	Referentes normativos básicos	25
3.3	Ámbitos estratégicos y de planificación	26
3.4	Ámbito de proyectos de infraestructuras de transporte	32
3.5	Ámbitos de gestión de infraestructuras de transporte y de la biodiversidad	34
3.6	Organismos implicados y financiación de las actuaciones	35
4	Métodos para la identificación de zonas prioritarias a desfragmentar	37
4.1	Orientaciones para la selección de los métodos	39
4.2	Identificación del grado de fragmentación de un territorio por infraestructuras de transporte	42
4.3	Identificación de zonas críticas para restaurar la conectividad ecológica entre hábitats o entre áreas naturales o seminaturales	44
4.4	Identificación de zonas críticas para mantener poblaciones locales de especies de especial interés de conservación	48
4.5	Identificación de puntos críticos de mortalidad de fauna y colisiones con vehículos	50
5	Orientaciones para la selección de mediadas de desfragmentación	55
5.1	Modificación de elementos de la vía o de la gestión del tráfico para reducir la mortalidad de fauna asociada a las infraestructuras	57
5.2	Construcción o adaptación de estructuras que aumenten la permeabilidad de la vía al paso de fauna	63
5.3	Construcción o adaptación de estructuras que permitan restablecer la continuidad de los hábitats entre ambos márgenes de la vía	66
5.4	Restauración de hábitats de conexión entre los sectores permeables de la vía y otros hábitats de interés de conservación o áreas naturales o seminaturales	67
5.5	Medidas para reducir las perturbaciones generadas por la infraestructura y el tráfico y para evitar alteraciones en los ecosistemas de los márgenes de las vías	68
5.6	Desmantelamiento de tramos de vía y restauración de los hábitats	70
6	Fichas descriptivas de actuaciones de desfragmentación	73
7.	Anexos	141
	Anexo I. Ejemplos de experiencias internacionales de desfragmentación de hábitats	143
	Anexo II. Referentes legales sobre mejora y restauración la conectividad ecológica y del estado de conservación de hábitats y especies.	147
	Anexo III. Conclusiones de las jornadas técnicas ‘Desfragmentación de hábitats afectados por infraestructuras viarias’ (Parque Natural de la Albufera de Valencia, 25 y 26 de noviembre de 2008)	151
	Anexo IV. Bibliografía complementaria	153

1

Presentación

1

Presentación

2

Conceptos
generales y
antecedentes

3

Marco legal y
orientaciones
para promover la
desfragmentación
de hábitats

4

Métodos para la
identificación de
zonas prioritarias
a desfragmentar

5

Orientaciones
para la selección
de medidas de
desfragmentación

6

Fichas
descriptivas de
actuaciones de
desfragmentación

7

Anexos

1.1 Contexto general

La fragmentación de hábitats ha sido ampliamente reconocida como uno de los principales factores de pérdida de biodiversidad a nivel mundial y la prospectiva medioambiental de la OCDE para el 2030 destaca la fragmentación de los ecosistemas como un problema medioambiental que empeora y requiere atención urgente (OCDE 2008). Asimismo, el documento 'Perspectiva mundial sobre la diversidad biológica' (Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica 2010) destaca los cambios en los hábitats como una de las cinco principales presiones que comportan la pérdida de biodiversidad y, en su análisis de tendencias de los indicadores del avance hacia la consecución de la meta –finalmente no alcanzada– de 'Detener la pérdida de biodiversidad para 2010 y más adelante', subraya la evolución negativa a nivel mundial, del indicador 'Conectividad-Fragmentación de los ecosistemas', poniendo de relieve que, a pesar de que se ha ampliado el reconocimiento del valor de los corredores ecológicos y las conexiones entre hábitats, la mayor parte de los ecosistemas están cada vez más fragmentados.

Esta constatación ha motivado también acuerdos internacionales destinados a revertir esta nefasta tendencia al aumento de la fragmentación de los hábitats. Uno de los apoyos más firmes son las directrices surgidas en el seno de la Conferencia de las Partes (COP 10) del Convenio sobre la Diversidad Biológica que tuvo lugar en Nagoya, Japón, en octubre de 2010. En ella se aprobó el Plan Estratégico para la Diversidad Biológica 2011-2020 que bajo el lema 'Vivir en armonía con la naturaleza' apuesta decididamente por tomar medidas efectivas y urgentes para detener la pérdida de diversidad biológica a fin de asegurar que, para 2020, los ecosistemas sean resilientes y sigan suministrando servicios esenciales. Con este fin apuesta por transversalizar los valores relacionados con la diversidad biológica en todos los ámbitos de gobernanza y de la sociedad, y establece que deben reducirse las presiones sobre la diversidad biológica y abordarse la restauración de los ecosistemas. En concreto, el Plan insta a reducir la pérdida y fragmen-

tación de hábitats y a fortalecer las redes de áreas protegidas impulsando medidas de conectividad y de restauración de hábitats y paisajes degradados, todo ello en el marco de las actividades necesarias para aumentar la capacidad de adaptación de las especies y la resiliencia de los ecosistemas frente al cambio climático. Así, las actuaciones para desfragmentar hábitats cobran todo su sentido en el marco de este tipo de acuerdos internacionales y serán claves no solo para la conservación de la diversidad biológica en nuestros ecosistemas, sino para garantizar que la matriz territorial sea permeable a la dispersión de organismos y facilite el ajuste de sus áreas de distribución para adaptarse a las nuevas condiciones que genera el cambio climático. Además, como se refleja en el capítulo 3, también se está desarrollando una amplia base normativa sobre la que sustentar la promoción y el desarrollo de actuaciones de restauración de áreas afectadas por la fragmentación de hábitats, especialmente, en los casos en los que esta afecta a espacios integrados en la Red Natura 2000 y otros de singular relevancia para la conservación de la biodiversidad.

La contribución de las infraestructuras lineales de transporte como generadoras de fragmentación de hábitats, se refleja en las numerosas publicaciones que en estas últimas décadas han puesto en evidencia los importantes efectos que las vías de transporte generan en la conservación de la biodiversidad (véase revisiones en Trombulak & Frissell 2000; Forman *et al.* 2003; Fahrig & Rytwinski 2009). Tanto estos efectos, como las medidas para reducirlos se han descrito en los documentos elaborados en el marco de la Acción COST 341 (Rosell *et al.* 2003a, Trocmé *et al.* 2003; Iuell *et al.* 2005) –promovida por la Unión Europea en el período 1998-2003 así como en los anteriores volúmenes de esta serie de 'Documentos para la reducción de la fragmentación de hábitats causada por infraestructuras de transporte', impulsada por el Grupo de Trabajo sobre esta temática 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 y

surgido a raíz de la citada Acción COST 341 (véase Anexo IV. Bibliografía complementaria). En concreto, en el Documento 4 de la serie: 'Indicadores de fragmentación de hábitats causada por infraestructuras lineales de transporte' (MARM 2010b), se sintetizan los efectos particulares de la fragmentación causada por infraestructuras de transporte que incluyen no solo los aspectos más reconocidos de destrucción de hábitats, efecto barrera y mortalidad de fauna, sino también los efectos de borde (difusión de contaminantes, ruido, luz, etc.) y los procesos que se producen en los márgenes de las infraestructuras, como la proliferación y dispersión de especies exóticas, o el desarrollo urbano inducido por la apertura de nuevas vías de transporte y que suma al propio efecto de fragmentación de estas, la de las superficies urbanizadas que se establecen en sus alrededores.

La toma de conciencia de la importancia del proceso de fragmentación como causa de pérdida de diversidad biológica se está plasmando en la adopción, cada vez más amplia, de medidas de mitigación de estos impactos, particularmente a través de los procesos de evaluación ambiental de planes, programas y proyectos. En estos se establece la incorporación de medidas de prevención de los impactos (más fáciles de aplicar si se consideran en las fases más tempranas de la planificación de las vías), y también de medidas correctoras o compensatorias que se aplican en la fase de proyecto, ya sea en el marco del estudio informativo o proyecto de trazado, o en el propio proyecto constructivo de las vías. En la actualidad, una vez avanzado el proceso de incorporación de medidas en los nuevos proyectos, se está encarrilando la aplicación de actuaciones de desfragmentación, destinadas a mitigar los efectos de las vías en funcionamiento. Se trata, en este caso, de recuperar la calidad de los ecosistemas y la conectividad ecológica de territorios afectados por carreteras y ferrocarriles en funcionamiento, aplicando actuaciones que rehabiliten los hábitats y procesos afectados y permitan restablecer los flujos biológicos en sectores críticos en los que su interrupción pueda conllevar amenazas para la conservación de determinadas especies o poblaciones. Adicionalmente, también se trata de reducir otros efectos de las infraestructuras existentes como la mortalidad de fauna por atropello y los consecuentes riesgos que conllevan para la seguridad vial los accidentes de tráfico causados por colisiones con fauna silvestre, así como mitigar otros impactos en expansión, como la invasión de especies exóticas que se dispersan a partir de los márgenes de las vías u otros impactos que degradan la calidad de los hábitats próximos a las infraestructuras en funcionamiento.

La redacción de este documento se aborda contando ya con notorios antecedentes de aplicación de actuaciones de desfragmentación (véase capítulo 2). En diversos países de Europa, tanto del centro como de los Balcanes y de Europa del Este, se ejecutan estas medidas e incluso se desarrollan programas de desfragmentación y se están realizando inversiones muy notables para restaurar la conectividad y facilitar el paso de fauna a través de carreteras y ferrocarriles en funcionamiento (véase Anexo I). El Estado español destaca también como pionero de la aplicación de medidas de desfragmentación entre los países del arco mediterráneo y cuenta con un amplio elenco de actuaciones ya realizadas. A partir de estas experiencias es posible abordar la tarea de recopilar y clarificar la información existente sobre la materia y aportar información que permita dar impulso a nuevas actuaciones de desfragmentación de hábitats.

1.2 Justificación

En España, la mayor parte de la red viaria se puso en funcionamiento antes de 1995, sumando una extensión total de casi 163.000 km de carreteras gestionadas por la Administración General del Estado, las comunidades autónomas y las diputaciones o cabildos. En 2012 esta longitud se sitúa en torno a los 165.000 km (según datos del Ministerio de Fomento) y la Figura 1.1 pone de relieve que el desarrollo de la red en los últimos 15 años se ha centrado particularmente en la mejora y desdoblamiento de carreteras ya existentes para su conversión a vías de alta capacidad –carreteras desdobladas, autovías y autopistas, con mayor potencial de efecto barrera–. Ha sido también en este período cuando se ha iniciado la aplicación de medidas para mitigar la fragmentación de hábitats con la construcción de estructuras transversales destinadas a facilitar el paso de la fauna silvestre; los primeros pasos de fauna documentados en España datan de 1994 en carreteras del entorno de Doñana (datos facilitados por la Junta de Andalucía), y de 1997 y 1998 cuando se construyeron en Galicia y en Castilla y León los primeros pasos específicos para la fauna en nuevas autovías (Rosell *et al.* 2003a). En consecuencia, en el período en el que se construyó la mayor extensión de la red de carreteras, y también de ferrocarriles convencionales, se dispensaba poca atención a los aspectos relativos a la fragmentación de hábitats, por lo que la mayor parte de vías en funcionamiento no dispone de medidas específicas de permeabilización al paso de fauna o que permitan la continuidad de hábitats entre ambos lados de la misma. De un modo similar se ha desarrollado la red de infraestructuras ferroviarias en la última década,

aunque, como se observa en la Figura 1.2, la longitud total de vías de ferrocarril experimentó una reducción en las décadas de 1970 y 1990. En 1995 la longitud total de la red ferroviaria era de casi 14.800 km, y en los años sucesivos se incrementó hasta los 17.000 km, aumento debido mayoritariamente a la construcción de nuevas líneas de alta velocidad (con una longitud en servicio en 2012 de unos 3.000 km, según datos de ADIF). De igual modo que las vías de alta capacidad, estas líneas de ferrocarril pueden tener un mayor potencial de efecto barrera –ya que disponen de cerramiento perimetral continuo–, aunque este se reduce por el hecho que su construcción precisa un elevado número de túneles y viaductos debido a las necesidades constructivas de la línea.

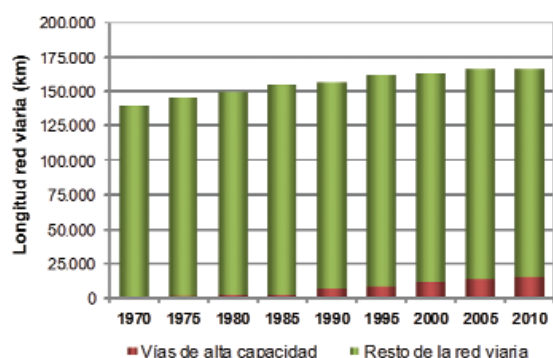


Figura 1.1. Evolución de la extensión de la red viaria en España gestionada por el Estado, las administraciones autonómicas y las provinciales. Fuente: web del Ministerio de Fomento (septiembre de 2012).

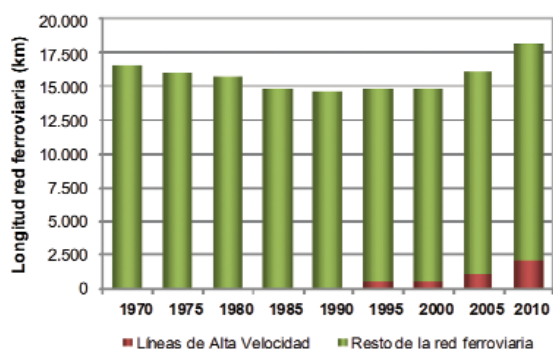


Figura 1.2. Evolución de la extensión de la red ferroviaria en España. Fuente: web del Ministerio de Fomento (septiembre de 2012).

Las evidencias empíricas sobre los efectos que tienen estas infraestructuras lineales de transporte sobre la conservación de la biodiversidad son muy claras (véase apartado 1.1). Para mitigar estos impactos se han establecido directrices estratégicas internacionales que estimulan a los gobiernos a adoptar medidas para reducir la fragmentación y restaurar los hábitats y paisajes afectados, y se está desarrollando una sólida base normativa que establece la necesidad de

mantener y restablecer la conectividad como elemento clave para la conservación de los espacios de la Red Natura 2000 y otros de singular relevancia para la biodiversidad (véase apartado 3.2). El cumplimiento de estas directrices y normas supone la necesidad de definir y aplicar actuaciones destinadas a reducir los impactos que supone la fragmentación de hábitats generada por las carreteras y ferrocarriles en funcionamiento y todo ello justifica la necesidad de definir procedimientos y métodos que permitan abordar las actuaciones de desfragmentación de hábitats afectados por las vías de transporte en funcionamiento.

1.3 Objetivos

Este documento tiene como objetivo primordial aportar orientaciones y directrices que faciliten la ejecución de actuaciones de desfragmentación de hábitats afectados por vías de transporte en funcionamiento, reduciendo los efectos de estas en los ecosistemas en los que se integran. Para ello se parte de la base del análisis de las experiencias que se han llevado a cabo, se consideran las distintas escalas territoriales en las que pueden abordarse las actuaciones y que requieren de la cooperación de agentes y órganos competenciales muy diversos, y se revisa la normativa e instrumentos de planificación y gestión que pueden facilitar el desarrollo de las actuaciones. A partir de esta base se aportan orientaciones para la identificación de las zonas críticas afectadas por este impacto y la selección de las medidas de desfragmentación más adecuadas a cada situación.

Se ha optado por un enfoque del texto más orientativo que prescriptivo, teniendo en cuenta el estado actual de la cuestión, y que se trata de un campo emergente en el que aún contamos con un reducido número de experiencias ejecutadas. No obstante, las medidas aplicables para permeabilizar las vías en funcionamiento son similares a las que ya se aplican en la construcción de nuevos trazados, campo este que sí cuenta con una amplia trayectoria y numerosos resultados de seguimientos que permiten garantizar la efectividad de las medidas prescritas.

1.4 Ámbito de aplicación

La aplicación de medidas de desfragmentación de hábitats afectados por infraestructuras viarias en funcionamiento puede asociarse tanto a los ámbitos directamente relacionados con la planificación, diseño de proyecto, construcción y mantenimiento de las propias infraestructuras

como a otros ámbitos sectoriales, como la ordenación territorial o la planificación y gestión de la biodiversidad.

Ello es debido a que la desfragmentación incluye, en numerosas ocasiones, actuaciones en ámbitos territoriales más amplios que la propia vía. Un caso al respecto es posible observarlo cuando se acomete la restauración de hábitats que conectan los sectores permeables de las vías (túneles, viaductos, ecoductos o pasos de fauna) con otros elementos del entramado de hábitats naturales que se distribuyen en el paisaje, como los corredores ecológicos o las teselas de hábitat idóneo para una determinada especie incluidas en la matriz territorial. En estos casos, las actuaciones de desfragmentación conllevan la necesidad de

acometer la restauración de áreas adyacentes a las vías pero también pueden requerir la intervención en sectores que pueden estar relativamente alejados de las mismas.

Por ello, los contenidos del documento pueden ser de utilidad en ámbitos diversos (véase Figura 1.3):

Estrategias y políticas. La desfragmentación de hábitats puede contemplarse en el marco de políticas y estrategias de ordenación territorial, desarrollo de infraestructuras y de conservación de la biodiversidad e incluso puede ser objeto de estrategias específicamente destinadas a fomentar la desfragmentación de un determinado ámbito territorial.

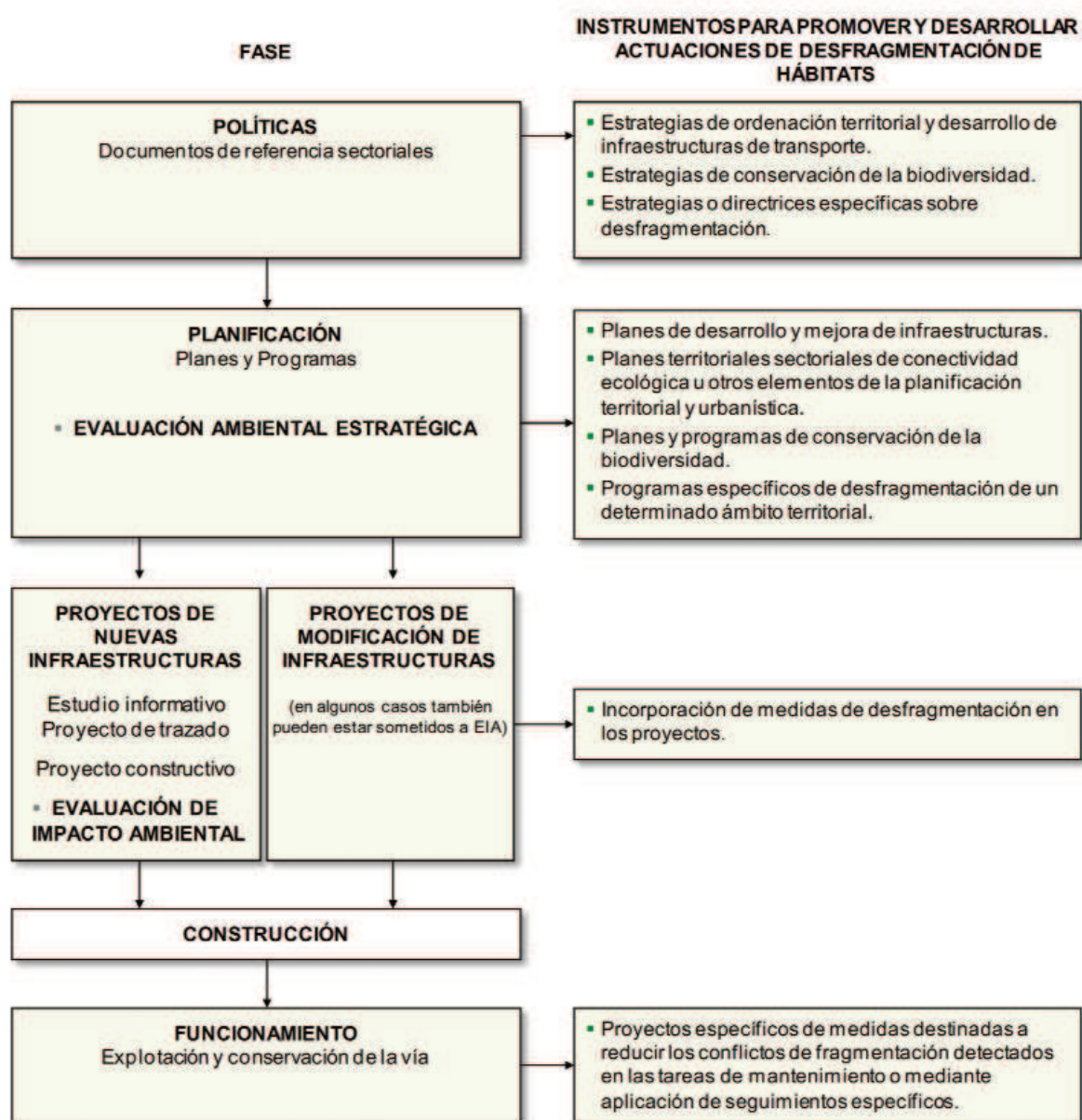


Figura 1.3. Ámbitos en los que pueden establecerse directrices o desarrollar actuaciones de desfragmentación de hábitats causada por infraestructuras viarias.

Planes y programas que se ven sometidos al procedimiento de Evaluación Ambiental Estratégica (EAE). Las actuaciones tienen cabida tanto en planes y programas referidos a transporte, como en los de ordenación de recursos naturales o de recuperación de especies amenazadas, así como en la planificación territorial y urbanística o en el marco de otros planes sectoriales, como sería el caso de la planificación hidráulica, en el marco de la cual pueden acometerse actuaciones de desfragmentación que afecten a corredores fluviales. También puede abordarse la desfragmentación en el marco de planes sectoriales territoriales de conectividad o pueden elaborarse programas específicamente destinados a la desfragmentación de hábitats, como acontece en diversos países europeos (véase apartado 2.2).

Proyectos de nuevas vías y de mejora o ampliación de vías existentes. Los estudios informativos o proyectos de trazado de nuevas vías, que se someten al procedimiento de Evaluación de Impacto Ambiental (EIA), pueden incorporar medidas complementarias o compensatorias, en el marco de las cuales es posible establecer actuaciones que incrementen la permeabilidad o, en general, que mitiguen los efectos de fragmentación de las vías ya existentes en el territorio afectado. En el caso de proyectos de desdoblamiento o ampliación de vías, pueden incorporarse medidas que permitan mitigar los propios efectos de fragmentación de las infraestructuras objeto de mejora.

Proyectos específicos de reducción de efectos de vías en explotación. Se trata de proyectos desarrollados con la finalidad de resolver los conflictos que se detectan en la fase de explotación de las vías, y que se hacen patentes a partir de las tareas de mantenimiento, o mediante la aplicación de un monitoreo específico; por ejemplo, cuando se registran accidentes reiterados por irrupción de fauna silvestre en las plataformas de circulación, o cuando se detecta una alta incidencia de mortalidad de una determinada especie en un sector concreto de una determinada infraestructura.

1.5 Destinatarios

Del mismo modo que los documentos anteriores de esta serie, el presente va dirigido principalmente a los técnicos de administraciones y otras organizaciones involucradas en la planificación y elaboración de proyectos de infraestructuras viarias, a aquellos que toman parte en los procesos de evaluación ambiental, así como a los que centran su actividad en la conservación y gestión de la diversidad biológica.

Se consideran también como potenciales usuarios de este documento los estudiantes de grados y postgrados en los ámbitos del territorio, las infraestructuras y la gestión de los recursos naturales, en su condición de científicos y técnicos en formación en sus respectivos campos, y futuros ejecutores de estudios y proyectos sobre el particular.

2

Conceptos generales y antecedentes

1

Presentación

2

Conceptos
generales y
antecedentes

3

Marco legal y
orientaciones
para promover la
desfragmentación
de hábitats

4

Métodos para la
identificación de
zonas prioritarias
a desfragmentar

5

Orientaciones
para la selección
de medidas de
desfragmentación

6

Fichas
descriptivas de
actuaciones de
desfragmentación

7

Anexos

2.1 Definición y alcance del concepto

Definición de desfragmentación de hábitats

El término ‘desfragmentación’ se ha utilizado en distintos sentidos. Una visión restrictiva del mismo se centra solo en sus dos aspectos más básicos: el restablecimiento de la permeabilidad para la fauna en las infraestructuras de transporte en funcionamiento y la restauración de los hábitats adyacentes para integrarlos adecuadamente en su entorno (MARM 2010b). No obstante, más recientemente se ha ido implantando una visión más amplia y completa del concepto, que es la que se considera en el presente documento, y que define la desfragmentación 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.

Las actuaciones de desfragmentación pueden aplicarse en las propias vías en funcionamiento sea en el contexto de proyectos de mejora o como medidas compensatorias de nuevos proyectos de infraestructuras- y también pueden desarrollarse en las zonas adyacentes o próximas a las infraestructuras, en el marco de cualquier intervención territorial que permita integrar actuaciones para recuperar la conectividad ecológica.

Alcance del concepto

El concepto de desfragmentación se refiere a la reducción de impactos de las infraestructuras en funcionamiento, y no a las planeadas o en proyecto. En mor de la brevedad, la denominación completa ‘desfragmentación de hábitats afectados por infraestructuras de transporte en funcionamiento’ se abrevia a menudo como ‘desfragmentación de hábitats’ o simplemente ‘desfragmentación’.

La fragmentación de hábitats causada por infraestructuras de transporte es el resultado de

una serie diversa de procesos y efectos generados por las infraestructuras (MARM 2010b):

- Destrucción de hábitats.
- Disminución del tamaño de hábitats.
- Efectos de borde: difusión de contaminantes, ruido, contaminación lumínica, frecuentación antrópica, y otros procesos de pérdida de calidad de hábitat.
- Procesos de margen: creación de nuevos hábitats, canalización de movimientos de organismos (incluidas las especies exóticas), acumulación y canalización de flujos de agua y sedimentos.
- Efectos de filtro y barrera.
- Mortalidad por atropello.
- Desarrollo urbano inducido.

Por ello, y dado que la definición de desfragmentación utilizada en este documento incluye la mitigación de cualquiera de los efectos asociados a la fragmentación de hábitats generados por infraestructuras en funcionamiento, la desfragmentación de hábitats no se restringe a la construcción de pasos de fauna y la reducción de la mortalidad de fauna por atropello sino que abarca también otros objetivos como la restauración de hábitats para recuperar la continuidad física de los mismos y la mitigación de todas aquellas perturbaciones que disminuyen la calidad de los hábitats cercanos a las infraestructuras.

A menudo, ‘desfragmentación’ y ‘permeabilización de infraestructuras’ se utilizan como sinónimos. No obstante, el primer término es más amplio en su alcance que el segundo: mientras que ‘permeabilización’ pone el énfasis en la reducción del efecto barrera de la propia infraestructura, ‘desfragmentación’ sitúa el énfasis en los hábitats y su conectividad ecológica. Así, algunos problemas de pérdida de conectividad ecológica derivada de las infraestructuras de transporte no son consecuencia de la falta de permeabilidad de la propia vía sino, por ejemplo, de los cambios de uso del suelo inducidos por su existencia, que pueden resultar en una disminución de la cantidad o calidad de los hábitats afectados y en una disminución de la conectividad ecológica.

La Figura 2.1 pretende clarificar el alcance del concepto de desfragmentación en el sentido amplio que se le da en el presente documento. Está estructurada en función de cuál es el objetivo principal de la desfragmentación: se ilustran los seis objetivos principales, ordenados desde los que atañen a un ámbito más local a los que corresponden a uno más general. Estos objetivos no son mutuamente excluyentes ya que una determinada actuación puede contribuir simultáneamente a más de uno de ellos. Sin embargo, sí son claramente diferenciables en cuanto a cuál es el objetivo principal en cada caso. Por ejemplo, reducir la mortalidad de fauna por atropello y reducir el efecto barrera para la fauna (los dos primeros objetivos de la Figura 2.1) están muy relacionados y determinadas actuaciones pueden contribuir a ambos: la construcción de un paso de fauna eficaz puede reducir simultáneamente los atropellos y el efecto barrera. No obstante, los objetivos siguen siendo distintos y, dependiendo del contexto, pueden requerir actuaciones diferenciadas. Por ejemplo, la mortalidad por atropello puede ser un problema para la demografía de

una especie, sin que haya un efecto barrera: suficientes individuos atraviesan con éxito la infraestructura como para mantener una buena conectividad demográfica y genética a ambos lados de la vía, pero el incremento de mortalidad debido a los atropellos puede comprometer la viabilidad de toda la población. En este caso, el objetivo principal de una actuación de desfragmentación no sería necesariamente la reducción del efecto barrera mediante la construcción de un paso de fauna sino la reducción de los atropellos (mediante pantallas de elevación de vuelo para las aves, reducción de los factores de atracción de la vía para los animales, pacificación del tránsito, etc.). Viceversa, puede darse un efecto barrera sin que haya mortalidad apreciable por atropello y, en este caso, el objetivo principal de la actuación sería la reducción del efecto barrera mediante la construcción de pasos que facilitaran el cruce de la vía por parte de la fauna silvestre afectada. Parecidas consideraciones pueden hacerse para el resto de los objetivos relacionados en la Figura 2.1. Para cada objetivo principal, en la figura se indica qué tipo de actuaciones son apropiadas.

DESFRAGMENTACIÓN DE HÁBITATS AFECTADOS POR INFRAESTRUCTURAS DE TRANSPORTE EN FUNCIONAMIENTO: OBJETIVOS PRINCIPALES Y ACTUACIONES ASOCIADAS

OBJETIVOS	TIPO DE ACTUACIONES
1. Reducir la mortalidad de fauna y los accidentes causados por fauna silvestre	• Modificación de elementos de la vía o de la gestión del tráfico
2. Reducir el efecto barrera de las infraestructuras en funcionamiento facilitando el paso de fauna	• Construcción o adaptación de estructuras para aumentar la permeabilidad de la vía al paso de fauna
3. Restablecer la continuidad física entre los fragmentos de hábitats seccionados por las infraestructuras	• Construcción o adaptación de estructuras que permitan recuperar la continuidad de los hábitats (incluida la cubierta vegetal) entre ambos márgenes de la vía
4. Restablecer la conectividad ecológica entre hábitats o áreas de especial interés de conservación	• Restauración de hábitats de conexión entre los sectores permeables de la vía y otros hábitats de interés de conservación o áreas naturales o seminaturales
5. Mitigar las perturbaciones que afectan a la composición y calidad de los hábitats de los márgenes	• Medidas para reducir las perturbaciones generadas por la infraestructura y el tráfico y para evitar alteraciones en los ecosistemas de los márgenes de las vías
6. Eliminar el conjunto de impactos de la vía	• Desmantelamiento de tramos de vías en desuso y restauración de los hábitats

Figura 2.1. Objetivos principales que puede tener la desfragmentación de hábitats afectados por infraestructuras de transporte en funcionamiento y actuaciones apropiadas en cada caso. Como se comenta en el texto, estos objetivos no son mutuamente excluyentes y, a menudo, una determinada actuación contribuirá a alcanzar más de un objetivo.

2.2 Antecedentes de la aplicación de medidas y programas de desfragmentación

Antecedentes internacionales

El uso del término 'desfragmentación', aplicado a los hábitats, es relativamente reciente. Loehle (1999) es el primer autor que lo aplicó, aunque refiriéndose a la desfragmentación en el contexto de modelos para optimizar patrones espaciales de desfragmentación de hábitats mediante la restauración ecológica. El uso del término aplicado a las infraestructuras de transporte se ha expandido en Europa a raíz de las publicaciones de la Acción COST 341 (Trocmé *et al.* 2003, Iuell *et al.* 2005); el informe nacional de los Países Bajos elaborado en el marco de dicha Acción (Bekker *et al.* 2000) introdujo el uso de esta expresión, mientras que otros países, como es el caso de Suiza, usaron 'mitigación de efectos de vías existentes' para referirse al mismo concepto (Berthoud *et al.* 2000). No obstante, las publicaciones recientes, tanto del ámbito científico como del técnico, están consolidando el uso del término 'desfragmentación de hábitats' en todo el mundo (Trocmé 2006, Bekker 2009, Böttcher & Reck 2009, IENE 2010).

A pesar de la relativa modernidad del uso del término, la aplicación de actuaciones de desfragmentación es muy anterior a este. Bajo otros nombres, como mitigación o permeabilización de vías, las primeras actuaciones de desfragmentación de vías en funcionamiento se remontan a la década de 1970 en el Reino Unido y en los Países Bajos, en los que se aplicaron actuaciones de permeabilización de las vías para reducir el elevado número de tejones (*Meles meles*) que morían atropellados en las carreteras. En el caso de los Países Bajos, dicha mortalidad suponía

entre el 10% y el 40% anual de las poblaciones afectadas. La reiteración año tras año de tales mortalidades, más los efectos negativos de la intensificación agrícola, llevaron a las poblaciones de tejones a un declive muy acentuado, llegando a considerarse una especie amenazada. Para reducir esta mortalidad se construyeron pequeños pasos inferiores específicos de escaso diámetro (unos 50 cm), combinados con una valla que conducía a los animales hacia el paso (véase Figura 2.2). Los tejones (y otras especies como los erizos, *Erinaceus europaeus* utilizaron pronto estos pasos, la mortalidad por atropello disminuyó, y la población holandesa de tejones se multiplicó por cuatro (Bekker 2009). Esta es una de las primeras medidas de desfragmentación que se han documentado y cuyos resultados se han dado a conocer.

En las décadas de 1980 y 1990 aumentó la incorporación de medidas de permeabilización en las vías de nueva construcción, pero las actuaciones de desfragmentación en vías que ya estaban en funcionamiento eran todavía excepcionales (algunas de las experiencias más destacadas se resumen en el Anexo I). Una de las más emblemáticas fue la permeabilización de la autopista Transcanadiense a su paso por el Parque Nacional de Banff (Canadá) en la que ya a mediados de la década de 1980 (véase Anexo I) se construyeron diversos pasos de fauna para reducir el número de accidentes causados por colisiones con wapitis (*Cervus elaphus canadensis*) y osos grizzli (*Ursus arctos horribilis*), entre otras especies. Las actuaciones de permeabilización de esta vía se ampliaron posteriormente alcanzando un amplio reconocimiento internacional, particularmente debido a los exhaustivos seguimientos de la efectividad de las actuaciones que se han llevado a cabo (Clevenger & Waltho 2000; Clevenger & Waltho 2005; Clevenger 2007) y que permiten apreciar el intenso uso –mayor a medida que



Figura 2.2. Los primeros ejemplos de actuaciones de desfragmentación en Europa consistieron en la instalación de pequeños tubos para tejones. A la izquierda se aprecia la instalación de un paso en una carretera en funcionamiento y a la derecha un tejón usando uno de los pasos. Fotos: Hans Bekker y Vereniging 'Das en Boom' (Iuell *et al.* 2005).



Figura 2.3. Ecoductos construidos en Suiza sobre la autopista A1 (Birchiwald, Kernenried) y una carretera local en funcionamiento con la finalidad de restaurar la conexión entre hábitats en uno de los puntos identificados como críticos para la conectividad ecológica. Foto: Tiefbauamt des Kantons Bern.

transcurren los años- que muchas especies realizan de los pasos construidos, así como la reducción de accidentes que se registró. En Europa, durante estos años las actuaciones de desfragmentación se fueron expandiendo, y aunque inicialmente se concentraron en los países con un grado más acusado de fragmentación de los hábitats –particularmente los Países Bajos y Bélgica- pronto se desarrollaron también en otros países como Suiza o Alemania. Paralelamente a esta expansión geográfica, las medidas eran cada vez más ambiciosas pasando de la construcción de pequeños pasos de fauna solo adecuados para mustélidos y pequeños mamíferos, a la de estructuras de permeabilización cada vez mayores, como los grandes ecoductos que no solo facilitan el cruce de la vía a los vertebrados terrestres sino que permiten restablecer la cubierta vegetal y acoger complejas comunidades de todo tipo de organismos. Con estas medidas se consiguió restaurar la continuidad de los hábitats a través de vías de alta capacidad que en el momento de su construcción no incorporaron ninguna medida de permeabilización erigiéndose en grandes barreras que interceptaban los flujos biológicos.

A partir del año 2000 las actuaciones se intensificaron y se llevaron a cabo ya en la mayor parte de países europeos, incluidos los mediterráneos y de la Europa del Este, que, aunque en general presentan paisajes menos afectados por la fragmentación que los países centroeuropeos, tam-

bién cuentan con regiones en las que el fenómeno se manifiesta con particular intensidad a causa del desarrollo urbanístico y de infraestructuras, así como de puntos neurálgicos de su red ecológica que fueron seccionados por la construcción de vías que no contaban con ningún tipo de medidas de permeabilización. Dos características marcan este período, por lo que a desfragmentación respecta; por una parte destaca la aplicación de los primeros programas de desfragmentación, como los que se desarrollan en los Países Bajos y Suiza (véase Anexo I), en los que ya no se trata de abordar actuaciones puntuales, sino que incluyen la identificación de las zonas críticas y el diseño de medidas adecuadas para resolver los conflictos en cada una de ellas. Por otra parte, otra característica destacable en este período es la progresiva incorporación de actuaciones de desfragmentación en ámbitos sectoriales diversos (no solo de transporte, sino de ordenación territorial, conservación de la naturaleza, planificación hidráulica, etc.) probablemente vinculada a una mayor toma de conciencia de la necesidad de abordar estas actuaciones para reducir la pérdida de biodiversidad y restaurar la calidad de los ecosistemas.

Esta progresiva intensificación de las actuaciones para reducir los impactos de la red viaria y ferroviaria en funcionamiento, tiene su reflejo en la atención creciente que recibe la desfragmentación en las últimas conferencias internacionales

sobre fragmentación de hábitats (IENE 2010 y 2012), así como en la adopción de iniciativas regionales, nacionales e internacionales para el desarrollo de la 'infraestructura verde'¹ (EEAC 2009).

Antecedentes en el Estado español

En el Estado español, el desarrollo de actuaciones de desfragmentación de hábitats afectados por infraestructuras de transporte ha seguido una evolución paralela a la observada en el resto de Europa. Las experiencias pioneras no se llevaron a cabo hasta mediados de la década de 1990 –coincidiendo con el inicio de la incorporación de pasos de fauna en nuevas vías– y son recientes los primeros ecoductos sobre vías en funcionamiento, no habiéndose desarrollado todavía ningún programa global de desfragmentación.

La primera actuación que se ha documentado data de 1994, y consistió en la construcción de pasos para el lince ibérico (*Lynx pardinus*) combinada con instalación de cerramiento perimetral, con el objetivo de reducir la mortalidad por atropello que constituye una de las principales causas de mortalidad de este felino. Las estructuras se construyeron en una carretera en el entorno del Parque Nacional de Doñana y en concreto se trata de dos pasos inferiores específicos, de 4x2 m de sección, bajo una carretera en funcionamiento, la A-483 (Huelva, Andalucía) (véase Figura 2.4). Posteriormente, en el año 1997, se construyeron cinco nuevos pasos para el lince en otras dos carreteras en funcionamiento en el entorno de Doñana, la A-497 y la A-494 (véase Fichas 5 y 6 en el capítulo 6). Otra de las actuaciones pioneras de desfragmentación se desarrolló en el año 2000 y consistió en la construcción de 16 pasos inferiores para la fauna (incluyendo

pasos específicos y estructuras de drenaje adaptadas; véase Figura 2.4) en un tramo de la carretera C-260 (Girona, Cataluña) que atraviesa una Reserva Natural Integral incluida en el Parque Natural de els Aiguamolls de l'Empordà (véase Ficha 11 en el capítulo 6). En este caso la actuación se llevó a cabo en el marco del proyecto de ampliación de la carretera y el seguimiento posterior del uso de estas estructuras ha permitido comprobar su amplia utilización por parte de diversos grupos de mamíferos, así como la reducción del número de accidentes que causaba el jabalí (*Sus scrofa*) en este tramo de vía.

A estas primeras actuaciones de permeabilización de vías, les han seguido otros proyectos (muchos de los cuales no ejecutados todavía; véase capítulo 6) que en su mayoría tienen como objetivo la reducción del efecto barrera y de la mortalidad de fauna por atropello. Las actuaciones llevadas a cabo con anterioridad a 2005 se centraron en áreas de alto interés de conservación, como la actuación indicada anteriormente en el Parque Natural de els Aiguamolls de l'Empordà, localizada en una carretera que atraviesa un humedal mediterráneo integrado en la Red Natura 2000 y declarado como Zona de Especial Protección para las Aves (ZEPA) o en carreteras que discurren por el área de distribución de especies amenazadas, como el lince ibérico y el visón europeo (*Mustela lutreola*, véanse Fichas 5 y 6 y Fichas 8 a 10), y se desarrollaron por iniciativa de las administraciones ambientales y contando con el apoyo de fondos europeos, como los del Programa LIFE.

En los últimos años se aprecia un notable aumento y diversificación del objetivo de las intervenciones y así, además de las destinadas a proveer



Figura 2.4. Dos de los primeros pasos de fauna construidos en vías en funcionamiento en Doñana, Andalucía (izquierda), y en el Parque Natural de Els Aiguamolls de l'Empordà, Cataluña (derecha). Fotos: Minuartia.

¹ La "infraestructura verde" se define como una red de zonas naturales y seminaturales (incluidos algunos terrenos agrícolas, vías verdes, etc.) y de otros elementos ambientales, planificada de forma estratégica, diseñada y gestionada para la prestación de una extensa gama de servicios ecosistémicos como la regulación de forma natural de los caudales de aguas pluviales, las temperaturas, el riesgo de inundaciones y la calidad del agua y del aire (según Comisión Europea).



Figura 2.5. Como medida compensatoria al desdoblamiento de una carretera en el Parque Natural de Els Aiguamolls de l'Empordà (Girona), se actuó sobre otra carretera y se recuperó la funcionalidad de un corredor ecológico sustituyendo unos tubos de drenaje por un viaducto que ha permitido recuperar la continuidad de los hábitats de ribera (véase más información en el capítulo 6, Ficha 14). Fotos: Minuartia.

nuevos pasos para la fauna, se han construido, o están en proyecto, las primeras estructuras (ecoductos o nuevos viaductos) que permiten restaurar la continuidad física de hábitats seccionados por vías en funcionamiento (véanse Fichas 12 a 14); cabe destacar que en el ejemplo de la última de estas fichas utilizan fondos de las medidas compensatorias de un proyecto para recuperar la permeabilidad en una carretera próxima. Entre las actuaciones más notables destaca el desmantelamiento de dos tramos de carretera en Asturias para facilitar la conexión entre las subpoblaciones cantábricas de oso pardo (*Ursus arctos*) y que se ha desarrollado en el marco de un proyecto de mejora de la vía que ha incorporado un extenso túnel en este sector estratégico (véase Ficha 16). Finalmente, destacan los proyectos que han identificado y priorizado los puntos críticos en los que se revela la necesidad de aplicar actuaciones de desfragmentación para reducir los conflictos entre las vías y la conservación de la biodiversidad, y que son la base para el diseño de futuras actuaciones. Se trata de estudios que, a partir de métodos estandarizados, permiten realizar el diagnóstico de los tramos de vía en los que se produce una mayor concentración de atropellos (y de accidentes cuando las especies implicadas son el jabalí o cérvidos, véan-

se Fichas 2 y 3), o bien, que a partir del análisis del paisaje y los hábitats permiten identificar los corredores ecológicos y elaborar propuestas para reducir el efecto barrera en los puntos en los que estos corredores se ven afectados por carreteras o ferrocarriles (véanse Fichas 1, 4 y 12).

Un denominador común de la mayor parte de las actuaciones de desfragmentación de hábitats proyectadas o ejecutadas hasta el momento es el protagonismo de los organismos ambientales en las fases iniciales del diseño de las mismas y, concretamente, en el diagnóstico de la necesidad de llevarlas a cabo, en la identificación de las zonas a desfragmentar y en el tipo de medida requerida. No obstante, son las administraciones de transporte las que se han hecho cargo de la ejecución de las actuaciones y de su mantenimiento, y es por ello que su desarrollo ha requerido la cooperación entre organismos ambientales y de transporte. Por otra parte, también se advierte en diversas ocasiones que los factores que condicionan la necesidad de realizar actuaciones de desfragmentación combinan el objetivo de reducir el impacto de las vías sobre la biodiversidad con el de reducir los accidentes causados por la fauna silvestre, aunando beneficios ambientales, económicos y sociales.

3

Marco legal y orientaciones para promover la desfragmentación de hábitats

1

Presentación

2

Conceptos
generales y
antecedentes

3

Marco legal y
orientaciones
para promover la
desfragmentación
de hábitats

4

Métodos para la
identificación de
zonas prioritarias
a desfragmentar

5

Orientaciones
para la selección
de medidas de
desfragmentación

6

Fichas
descriptivas de
actuaciones de
desfragmentación

7

Anexos

3.1 Aspectos generales

En este capítulo se aportan indicaciones para facilitar la incorporación del diseño y ejecución de actuaciones para la desfragmentación de hábitats causada por vías de transporte en funcionamiento, aplicables a distintos ámbitos, desde los más estratégicos y globales (políticas, planes y programas), hasta los más concretos y locales (proyecto y explotación de infraestructuras o gestión de la biodiversidad). También se resume la base normativa para el desarrollo de estas prácticas que encuentra un buen apoyo en los articulados de Directivas europeas relativas a conservación de la diversidad biológica y de la *Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad*, que obliga a las administraciones públicas a prever el restablecimiento de la conectividad entre los espacios de la Red Natura 2000 y entre los espacios naturales de singular relevancia para la biodiversidad (véase Anexo II).

Cabe destacar que la consideración de la desfragmentación de hábitats en ámbitos estratégicos de toma de decisiones (políticas, estrategias y planes) tiene una importancia capital en el escenario actual en el que el cambio climático comporta importantes variaciones en las condiciones de algunos ecosistemas y hay que facilitar la adaptación de los organismos a los mismos. Para ello es indispensable permeabilizar la matriz territorial de manera que las especies puedan ajustar sus áreas de distribución a las nuevas condiciones, reduciendo el efecto barrera de algunas infraestructuras viarias y favoreciendo el restablecimiento de la conectividad en áreas particularmente afectadas. La integración de este aspecto en el ámbito de las políticas y planes de distintos sectores se sitúa claramente en la línea de las directrices del Plan Estratégico del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad 2011-2017 y, a un nivel internacional, del Plan Estratégico para la Diversidad Biológica 2011-2020 (véase apartado 1.1) aprobado por los países que suscriben el Convenio para la Diversidad Biológica, y que subraya la necesidad de tomar medidas urgentes no solo para reducir la pérdida y fragmentación

de hábitats sino también para restaurar los hábitats y paisajes degradados y para fortalecer las redes de espacios protegidos impulsando medidas de conectividad.

A pesar de contar con bases legales y directrices estratégicas, la evaluación de las posibilidades de llevar a cabo actuaciones de desfragmentación de hábitats no se realiza de manera sistemática en el ámbito de la planificación y de los proyectos, y no se han establecido directrices concretas para que se tome en consideración este aspecto a lo largo de los procedimientos de evaluación ambiental estratégica y de proyectos. Este apartado pretende contribuir a ello enumerando los instrumentos a los que puede recurrirse para promover la desfragmentación de hábitats e indicando los aspectos a contemplar en cada caso.

3.2 Referentes normativos básicos

La legislación comunitaria, estatal y autonómica en materia de conservación del patrimonio natural y de la biodiversidad incluye numerosas determinaciones relativas a la conservación de la conectividad ecológica entre los espacios de la Red Natura 2000 y también en otros sectores del territorio para permitir los movimientos y la dispersión de organismos y garantizar la funcionalidad de los ecosistemas –véase revisión incluida en el Documento 3 (apartado 2.5 y Anexo II) de esta misma serie: ‘Prescripciones técnicas para la reducción de la fragmentación de hábitats en las fases de planificación y trazado’ (MARM 2010a)–. Aunque la mayor parte de la normativa se refiere a conservar o mantener estos elementos y procesos, también hay directrices y articulado relativos a la mejora, el restablecimiento o la restauración del buen estado de conservación de hábitats o especies y de la conectividad ecológica, así como a la reducción de los impactos que afectan a determinadas especies. Sobre estas bases legales, y contando con diversos instrumentos de planificación y gestión, es posible abordar la ejecución de medidas destinadas a reducir los impactos de

las vías de transporte en funcionamiento sobre los hábitats y especies. A continuación se destacan las principales bases normativas derivadas de la legislación en materia de conservación de la biodiversidad.

a) Directivas Hábitats y Aves

La *Directiva 92/43/CEE del Consejo, de 21 de mayo de 1992, relativa a la conservación de los hábitats naturales y de la fauna y flora silvestres* (Directiva Hábitats) establece la creación de una red ecológica europea coherente de espacios protegidos, la Red Natura 2000, formada por las Zonas Especiales de Conservación (ZEC) y las Zonas de Especial Protección para las Aves (ZEPA) declaradas de acuerdo con la *Directiva 2009/147/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 30 de noviembre de 2009, relativa a la conservación de las aves silvestres* (que sustituye a la Directiva 79/409/CEE; Directiva Aves). La Directiva Hábitats determina la exigencia de preservar la integridad física y funcional de los espacios de la Red, y en su articulado (véase tabla Anexo II) se establece la obligatoriedad de mantener y restablecer el estado de conservación favorable de los hábitats y especies de interés comunitario. Por otra parte, la Directiva 2009/147/CE también determina la obligatoriedad de los estados miembros de proteger las especies de aves silvestres, y de mantener sus niveles de población y sus hábitats (artículos 1 a 3). A la luz del conocimiento científico actual (Crooks & Sanjayan 2006), está claro que no puede mantenerse a largo plazo un estado de conservación favorable de hábitats y especies si no hay suficiente conectividad ecológica. La Directiva Hábitats insta además a mejorar la coherencia ecológica de la red y a adoptar medidas para evitar las alteraciones que causen efectos negativos en los hábitats y las especies que hayan motivado la designación de los espacios incluidos en Natura 2000. Por ello, esta Directiva aporta una base legal que ampara el desarrollo de actuaciones para reducir los impactos de la red viaria y el tráfico sobre determinados elementos de la biodiversidad.

b) Ley del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad

La *Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad*, es la norma estatal básica en los ámbitos indicados por su título. Entre los principios que inspiran la Ley (artículo 2) figuran 'el mantenimiento de los procesos ecológicos esenciales' y 'la conservación de la biodiversidad'. La Ley transpone plenamente la Directiva Hábitats a la legislación española y, específicamente, establece la obligatoriedad de

que las administraciones públicas prevean *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* (artículo 20; véase tabla Anexo II). La Ley establece distintos mecanismos como las directrices y planes de ordenación de los recursos naturales, las estrategias de conservación de especies amenazadas, y los planes de conservación y de recuperación de estas especies, en el marco de los cuales pueden abordarse actuaciones de desfragmentación (véase apartado 3.3). Otro aspecto importante para el desarrollo de los proyectos de desfragmentación es que la Ley determina la creación del Fondo para el Patrimonio Natural y la Biodiversidad (artículo 74) destacando entre sus objetivos, el de apoyar las acciones de eliminación de impactos graves para el patrimonio natural y la biodiversidad y subrayando, entre estos impactos, la fragmentación de hábitats.

En síntesis, tanto las Directivas Hábitats y Aves, como la Ley del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad, aportan un marco legal básico que da apoyo al desarrollo de medidas de desfragmentación de hábitats y, particularmente, permiten priorizar aquellas actuaciones destinadas a:

- Conservar los procesos ecológicos esenciales (entre los que se incluyen los flujos de agua, nutrientes, organismos y sus genes).
- Mantener o recuperar un estado de conservación favorable de los hábitats y especies de interés comunitario.
- Mantener los niveles de población de todas las especies de aves silvestres.
- Restablecer corredores ecológicos entre los espacios de la Red Natura 2000.
- Restablecer la conectividad ecológica entre hábitats de especies amenazadas, u otras de singular relevancia para la biodiversidad.
- Reducir los impactos de las infraestructuras viarias en funcionamiento sobre las especies de fauna amenazadas o de interés para la conservación de la diversidad biológica, y en particular el efecto barrera que limite sus flujos de desplazamiento así como la mortalidad causada por atropello.

3.3 Ámbitos estratégicos y de planificación

Las directrices para reducir la fragmentación de hábitats pueden incorporarse de manera transversal en una notable diversidad de ámbitos sectoriales, como reflejo tanto de la variedad de vectores que sufren las consecuencias del impacto como

de los agentes que lo causan. Así, la desfragmentación de hábitats puede ser impulsada y desarrollada en el marco de distintos planes y programas, tanto en el propio ámbito sectorial de transporte, como en el de la conservación de la biodiversidad, la ordenación y la planificación territorial, y también en planes y programas sectoriales específicos como los de ordenación de espacios fluviales, de recursos forestales, de desarrollo rural, etc.

3.3.1 Instrumentos en los cuales se pueden incluir directrices de desfragmentación

Los principales instrumentos en los que es posible incluir directrices para la desfragmentación de hábitats son todos aquellos que tienen una particular incidencia en la ordenación y transformación del territorio y se reflejan en la Tabla 3.1, junto con las actuaciones concretas que deberían incorporar para aprovechar las oportunidades de desfragmentación de los hábitats. Hay que subrayar que aunque el texto se centra en la reducción de impactos de las vías ya existentes, es obligada la referencia a los proyectos de nuevas vías ya que, por una parte, hay que considerar las sinergias y los cambios que genera la construcción de nuevas vías en el grado de fragmentación global de la matriz territorial, y por otra, debe contemplarse la posibilidad que los proyectos de nuevas vías contribuyan, a través de medidas compensatorias, a resolver los conflictos generados por las ya existentes.

a) Estrategias de conservación de la biodiversidad, ordenación territorial y transporte

Estrategias tan diversas como las que se refieran a conservación de la biodiversidad, las políticas de ordenación del territorio o las de desarrollo de infraestructuras, constituyen oportunidades para incorporar directrices que fomenten la evaluación del grado de fragmentación de los hábitats (la causada por infraestructuras de transporte y por otras causas), la identificación de los sectores críticos del territorio afectados por este impacto y el establecimiento de medidas para reducir los efectos de las vías de transporte sobre la biodiversidad. El ámbito estratégico es particularmente importante para promover el desarrollo de las prácticas de desfragmentación, ya que permite incidir en los sucesivos planes, programas y proyectos derivados, y puede facilitar que esta práctica, ahora esporádica y puntual, se aplique de manera transversal y generalizada.

b) Estrategias y planes de conectividad ecológica o de desfragmentación de hábitats

Las estrategias y planes relativos a la conectividad

ecológica, aunque también se encuentran incluidos en el epígrafe anterior, se han destacado particularmente porque constituyen el instrumento más idóneo para incluir, en su fase de diagnóstico, la evaluación de la fragmentación de los hábitats causada por las infraestructuras de transporte existentes y establecer, en sus programas de actuación, las acciones de desfragmentación necesarias para mejorar o recuperar la conectividad ecológica en los respectivos territorios. Un ejemplo de este tipo lo constituye el plan territorial sectorial de conectividad ecológica de Cataluña (en preparación) que, no solo identifica los corredores ecológicos entre espacios naturales protegidos y las áreas de conflicto donde estos se ven afectados por el efecto barrera de zonas urbanas e infraestructuras viarias, sino que aporta determinaciones para el conjunto del territorio para prevenir la fragmentación y reducirla.

La desfragmentación de hábitats también puede abordarse en el marco de estrategias o planes específicos para la desfragmentación que aborden el análisis y diagnóstico de la situación de partida de un determinado ámbito territorial y la programación de las actuaciones necesarias para restablecer la conectividad ecológica afectada por las infraestructuras viarias y ferroviarias. Aunque existen diversos antecedentes de este tipo de planes o programas en diversos países europeos, todavía no se ha desarrollado ninguna iniciativa a este respecto en España (véase apartado 2.2.2).

c) Planes de infraestructuras de transporte

Los planes para el desarrollo de infraestructuras del transporte, que pueden incluir tanto nuevas vías como mejora de las existentes, son instrumentos muy adecuados para albergar directrices específicas de desfragmentación de hábitats en zonas particularmente afectadas por este fenómeno. No obstante, ni en el 'Plan Estratégico de Infraestructuras y Transporte' (PEIT), ni en otros planes de carreteras o ferrocarriles se incluyen directrices concretas para la desfragmentación, aunque sí hacen referencia al efecto barrera y a otros impactos de las infraestructuras en la conservación de la biodiversidad. Probablemente, la falta de normativa específica que obligue a llevar a cabo estos análisis, así como la falta de cartografía temática que permita evaluar el grado de fragmentación actual de los hábitats, son factores que contribuyen a la ausencia de directrices en este sentido. No obstante, es de esperar que los futuros planes de infraestructuras y de transporte subsanen esta deficiencia.

d) Planes de ordenación de recursos naturales y otros planes de gestión de espacios

Los instrumentos más relevantes en el ámbito de

la conservación de la biodiversidad que permiten definir actuaciones de desfragmentación de hábitats son los siguientes:

- Los **planes de ordenación de los recursos naturales (PORN)**, según se establece en el artículo 17 g) de la Ley 42/2007, deben *contribuir al establecimiento y la consolidación de redes ecológicas compuestas por espacios de alto valor natural, que permitan los movimientos y la dispersión de las poblaciones de especies de la flora y de la fauna y el mantenimiento de los flujos que garanticen la funcionalidad de los ecosistemas*. De acuerdo con esta determinación los PORN deberían integrar la evaluación de la fragmentación causada por las infraestructuras de transporte existentes, identificar y localizar los puntos críticos y establecer en sus Programas de actuación las medidas de desfragmentación necesarias para garantizar la conectividad ecológica entre los espacios de la Red Natura 2000, y entre los hábitats de especies de interés para la conservación. Además, la referencia explícita al restablecimiento de corredores ecológicos que contiene el artículo de la Ley insta a considerar, y dota de un marco legal, la posibilidad de promover actuaciones de desfragmentación de hábitats en el caso de que los corredores ecológicos se vean afectados por infraestructuras de transporte ya implantadas en el territorio.

- Los **planes de gestión de las Zonas Especiales de Conservación (ZEC)** que conforman la Red Natura 2000 establecen las directrices y orientaciones para la gestión del espacio y concretan las medidas de conservación necesarias para el mantenimiento o el restablecimiento de un estado de conservación favorable de los hábitats y de las especies para las cuales ha sido designado cada espacio de acuerdo con las Directivas 92/43/CEE y 2009/147/CE y la normativa específica para alcanzar los objetivos de conservación. La finalidad última de estos planes es la de salvaguardar la integridad ecológica del espacio y su contribución a la coherencia de la Red Natura 2000. En este sentido, y de igual manera que los PORN, estos planes de gestión constituyen una oportunidad de incorporar medidas de desfragmentación que faciliten el restablecimiento de la conectividad en aquellos sectores en los que esta pueda haberse visto afectada por infraestructuras viarias.

e) Estrategias y planes de recuperación y de conservación de especies amenazadas

Las estrategias y planes de recuperación y de conservación de especies amenazadas así como los planes de recuperación de hábitats en peligro

de desaparición, constituyen valiosos instrumentos para desarrollar actuaciones que permitan reducir los impactos de las redes viarias existentes sobre las especies amenazadas y sus hábitats. Estos instrumentos deberían integrar la evaluación de la fragmentación de los hábitats de los taxones a los que se refieran y establecer acciones concretas para reducir los impactos o efectos negativos de las infraestructuras de transporte. En particular, deberían incorporar medidas para reducir los impactos que supongan un deterioro de los hábitats y que generen riesgos para la conservación de las poblaciones de especies amenazadas, sea debido a la mortalidad que causan, o al obstáculo que suponen para los movimientos de fauna entre distintos núcleos de población. En el Anexo II se recogen ejemplos de cómo se han integrado este tipo de actuaciones en las estrategias y los planes de recuperación de algunas de las especies más amenazadas de la fauna ibérica: el lince ibérico (*Lynx pardinus*), el oso pardo (*Ursus arctos*), y el visón europeo (*Mustela vison*). Algunos planes de conservación de otras especies amenazadas, como el Decreto 259/2004 para el caso de la nutria (*Lutra lutra*) en Cataluña, también establecen la obligatoriedad de realizar diagnósticos de puntos críticos por la alta incidencia de atropellos, y de ejecutar medidas para reducir este impacto.

f) Otras políticas territoriales y sectoriales

Por lo que respecta a instrumentos para desarrollar las políticas territoriales y sectoriales, son numerosos los que permiten incorporar medidas que contribuyan a la desfragmentación de hábitats. Entre ellos destacan los siguientes:

- Los **planes de ordenación territorial** son un instrumento de elevado rango que condiciona el resto de planes y programas en su territorio de referencia. Estos planes deberían integrar la conectividad ecológica en sus procesos de análisis y en las posteriores determinaciones, tanto en sus cartografías como en sus directrices y normas, estableciendo la ejecución de medidas de desfragmentación cuando se justifique su necesidad. Asimismo, deberían prever que estos aspectos se incluyan en los planes derivados. Muchos planes territoriales incluyen cartografía que delimita espacios de interés para la conectividad y los puntos críticos en los cuales puedan ser necesarias actuaciones de desfragmentación. También otros instrumentos, como las directrices de ordenación territorial incluyen determinaciones sobre las funciones de conectividad de algunos elementos del paisaje y dan pie a plantear propuestas de desfragmentación. Los instrumentos de planificación y gestión del paisaje constituyen también oportunidades

para fomentar acciones de restablecimiento de la conectividad aunque, con frecuencia, los aspectos relacionados con la dinámica y la funcionalidad ecológica de los elementos de paisaje reciben poca atención en estos documentos.

- El **planeamiento urbanístico municipal** constituye un instrumento importante a escala más reducida que permite el reconocimiento territorial y la ejecución de actuaciones a un nivel de concreción superior al que es propio del planeamiento territorial. En este sentido, el planeamiento de ámbito municipal es interesante porque el análisis a escala local facilita la detección de puntos críticos para la conectividad que pueden contribuir a alcanzar otros objetivos más globales de mejora de la conectividad. Igualmente puede establecer la protección de sectores del territorio de extensión media o reducida (de unos centenares de hectáreas o unas decenas de kilómetros cuadrados) mediante planes especiales para el suelo no urbanizable o calificando como de valor especial determinados sectores del municipio (suelo de valor agroforestal o similares) y mejorar o recuperar la permeabilidad de las infraestructuras que se sitúan en estos terrenos. Las experiencias de restablecimiento de corredores ecológicos a escala local son especialmente interesantes cuando confluyen en este objetivo los planeamientos de municipios adyacentes. Un buen ejemplo de ello se encuentra en tres municipios de Barcelona (Viladecavalls, Vacarisses y Terrassa), que al establecer protección para sectores colindantes han creado un continuo de espacios que se preservan de la urbanización y de otras transformaciones, y que incluyen distintas actuaciones

de desfragmentación de hábitats; estos espacios preservados a través del planeamiento municipal contribuyen a un objetivo más general de recuperación y conservación de la conectividad entre dos espacios incluidos en la Red Natura 2000, el Parque Natural de Sant Llorenç del Munt y Montserrat.

- La **planificación hidrológica** realizada en el marco de aplicación de la *Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de octubre de 2000, por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas* es también una herramienta valiosa para introducir medidas de desfragmentación, especialmente en cuanto se refiere a los espacios fluviales, ya que constituyen elementos de alto interés para la conservación. Además, la Ley 42/2007 otorga un papel prioritario, entre otros, a los cursos fluviales que actúan como puntos de enlace entre los espacios protegidos de Red Natura 2000 (artículo 20, véase Anexo II) e incluso propone la continuidad de los ríos como uno de los indicadores de calidad hidromorfológica. En este contexto, la planificación de espacios fluviales debería incorporar la evaluación del estado de fragmentación de los mismos, la identificación de los puntos críticos en los que la conectividad se ve obstaculizada y el establecimiento de las oportunas medidas de desfragmentación en aquellos puntos en los que las infraestructuras de transporte existentes supongan barreras que afecten la conectividad de los corredores fluviales. Algunas comunidades autónomas cuentan ya con programas de medidas encaminadas a la mejora de la conectividad fluvial.

Tabla 3.1. Instrumentos para incorporar la evaluación del grado de fragmentación de hábitats causada por vías de transporte en funcionamiento y para diseñar medidas para su reducción.

Instrumentos	Principales actuaciones a promover y realizar
Estrategias de conservación de la biodiversidad, ordenación territorial y transporte	Aportar orientaciones y directrices para: - La evaluación del grado de fragmentación de hábitats en los respectivos ámbitos de actuación e identificación de las zonas prioritarias a desfragmentar. - Fomentar el diseño y ejecución de medidas concretas para promover la reducción de la fragmentación de hábitats en sus respectivos ámbitos de actuación.
Estrategias y planes de conectividad ecológica o de desfragmentación de hábitats	Aportar orientaciones y directrices (y propuestas concretas si se trata de un plan) para: - La evaluación del grado de fragmentación de hábitats en los respectivos ámbitos de actuación, y la determinación de las especies o hábitats más sensibles a este impacto. - La identificación de las zonas prioritarias a desfragmentar. - La programación de actuaciones concretas que promuevan la reducción de la fragmentación de hábitats a incorporar en distintos ámbitos sectoriales.
Planes de infraestructuras de transporte	- Evaluar el grado de fragmentación de los hábitats en su ámbito de aplicación. - Identificar zonas prioritarias a desfragmentar. - Establecer directrices para incorporar actuaciones de desfragmentación de hábitats a integrar en los documentos derivados (y en particular en los proyectos de trazado y constructivos). - Aportar indicadores de seguimiento.
Planes de ordenación de recursos naturales y otros planes de gestión de espacios	- Evaluar el grado de fragmentación de los hábitats y los efectos de las vías de transporte sobre las especies y hábitats afectados por este impacto en sus ámbitos de actuación y en el contexto de la red de espacios protegidos. - Identificar las zonas prioritarias a desfragmentar. - Programar actuaciones para: - Reducir el efecto barrera de las vías de transporte en su ámbito de actuación y en los corredores ecológicos de conexión con otros espacios protegidos. ● Reducir el impacto de la mortalidad por atropello u otros impactos de las vías sobre especies amenazadas u otras de interés para la conservación de la biodiversidad en el ámbito del espacio protegido. ● Reducir las perturbaciones generadas por las vías que degradan la calidad de los hábitats adyacentes a las mismas en el ámbito del espacio protegido. ● Restaurar hábitats en corredores ecológicos entre espacios protegidos y entre hábitats de especies de interés relevante. ● Aportar indicadores de seguimiento.



Tabla 3.1. (cont.) Instrumentos para incorporar la evaluación del grado de fragmentación de hábitats causada por vías de transporte en funcionamiento y para diseñar medidas para su reducción.

Instrumentos	Principales actuaciones a promover y realizar
Estrategias y planes de recuperación y de conservación de especies amenazadas	- Evaluar los efectos que supone la fragmentación de hábitats por vías de transporte para la conservación de las especies a las que se refieran. - Identificar los impactos concretos así como las zonas concretas en los que se producen. - Programar actuaciones para: • Reducir los impactos de las vías que afecten a las especies objeto del plan (p. ej. reducción de mortalidad por atropello o reducción del efecto barrera que limite sus desplazamientos y posibilidad de dispersión). • Restaurar hábitats en corredores ecológicos que conecten núcleos de población de las especies a las que se refieran. - Aportar indicadores de seguimiento.
Planes de ordenación territorial	- Identificar corredores ecológicos afectados por vías de transporte y efectuar propuestas a escala estratégica para el restablecimiento de su funcionalidad. - Identificar hábitats y especies afectados por la fragmentación causada por vías de transporte y efectuar propuestas a escala estratégica para la reducción de los impactos. - Establecer directrices sobre programas de actuación a llevar a cabo para reducir la fragmentación de hábitats causada por vías de transporte. - Establecer directrices en relación con la desfragmentación de hábitats a integrar en los planes derivados. - Crear el marco legal que sustente determinaciones en instrumentos posteriores de planificación.
Planeamiento urbanístico municipal	- Identificar corredores a conservar o desfragmentar y efectuar propuestas a escala local. - Incorporar de forma apropiada los objetivos, criterios, directrices y normas del planeamiento jerárquico superior y concretarlos. - Regular los usos del suelo para contribuir a la permeabilización del territorio en zonas clave. - Prever en sus determinaciones la desfragmentación de hábitats afectados por infraestructuras de transporte.
Planificación hidrológica	- Identificar puntos de intersección entre la red viaria y la red fluvial, verificando la permeabilidad y continuidad de los hábitats en los puntos en los que las vías cruzan corredores fluviales estratégicos en el marco de la conectividad ecológica. - Programar actuaciones para: • reducir el efecto barrera y la mortalidad por atropello que pueda producirse en las intersecciones. • restaurar la continuidad de los hábitats acuáticos y riparios afectados por barreras viarias.

3.3.2 Aspectos generales a considerar

En general, en el proceso de elaboración de planes y programas, y en su evaluación ambiental, deben incorporarse los siguientes pasos:

I. Evaluación de la fragmentación de hábitats en el ámbito de aplicación del plan o programa en la fase de diagnóstico del estado actual (véase capítulo 4).

II. Evaluación del impacto de la propuesta del plan o programa sobre la fragmentación de hábitats, incluyendo la evaluación de los impactos acumulativos y sinérgicos, y en función del estado inicial del territorio evaluado.

III. Identificación y evaluación de las zonas prioritarias a desfragmentar que estén afectadas por infraestructuras de transporte en funcionamiento y que generen impactos significativos de fragmentación de hábitats que inciden en la conservación de la biodiversidad.

IV. Establecimiento de determinaciones concretas sobre los casos en los que haya que analizar este aspecto en el planeamiento derivado.

V. Establecimiento de directrices para diseñar y ejecutar medidas de desfragmentación de hábitats que permitan restablecer la conectividad ecológica del territorio.

VI. Establecimiento de los mecanismos de seguimiento de las medidas a implantar

Mediante la evaluación ambiental estratégica (EAE) regulada por la *Ley 9/2006, de 28 de abril, sobre evaluación de los efectos de determinados planes y programas en el medio ambiente*, así como por la legislación autonómica en esta materia, es posible velar para que todos los planes y programas incorporen de manera adecuada la consideración de la fragmentación de hábitats y que incluyan, además del análisis del grado de fragmentación de hábitats en el diagnóstico y en la evaluación realizada en el Informe de Sostenibilidad Ambiental, la adopción de las medidas de desfragmentación justificadas en las fases de diagnóstico y evaluación.

En cada ámbito territorial las estrategias, planes o programas deberían incluir también determinaciones concretas sobre los casos en que deben aplicarse los procedimientos para la desfragmentación de hábitats, aplicables tanto a los proyectos de nuevas infraestructuras, como al mantenimiento de las existentes. En este sentido debe dispensar una particular atención a los casos en que las infraestructuras afecten a:

- Corredores ecológicos de especial interés para la conexión entre los espacios de la Red Natura 2000 y otros de singular relevancia para la biodiversidad, según establece la Ley 42/2007, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad.
- Áreas de distribución de especies amenazadas y para las cuales la mortalidad causada por atropello y el efecto barrera de las vías de transporte supongan amenazas para su conservación (véase apartado 3.3.1 y Anexo II), así como otras especies que cuenten con planes de recuperación o de conservación.
- Hábitats de interés relevante para la conservación que acojan una elevada diversidad de especies y que resulten particularmente afectados por la fragmentación. Entre otros deben considerarse especialmente sensibles los humedales, los corredores fluviales y los bosques isla localizados en entornos altamente transformados por la urbanización o por la agricultura intensiva.
- Áreas de interés relevante en el marco de la conservación de la conectividad entre hábitats especialmente sensibles al cambio climático. En particular es importante considerar este efecto en el caso de la conectividad entre hábitats de alta montaña.
- Áreas en las que se incluyan tramos de vías en los que se identifiquen puntos de concentración de atropellos y de accidentes causados por fauna silvestre.
- Otras áreas en las que un diagnóstico específico haya puesto de relieve que los efectos de la fragmentación de hábitats suponen una amenaza para la conservación de un determinado taxon o hábitat de interés para la conservación de la biodiversidad.

3.4 Ámbito de proyectos de infraestructuras de transporte

Durante la elaboración y tramitación de proyectos de carreteras y ferrocarriles surgen oportunidades que pueden contribuir a reducir los efectos de fragmentación de hábitats de la red viaria y ferroviaria en funcionamiento. Básicamente cabe distinguir dos tipos de proyectos:

a) Proyectos de ampliación o mejora de vías en funcionamiento. Permiten abordar la incorporación de medidas para aumentar la permeabilidad de las vías que son objeto de mejora y para reducir los conflictos generados por estas infraestructuras en puntos críticos de mortalidad de fauna o de concentración de accidentes causados por colisiones con fauna silvestre, así como otros impactos. Los proyectos de modificación de las infraestructuras de transporte en

funcionamiento constituyen oportunidades para incorporar -con costes moderados pero difíciles de obtener si no se desarrollan en un proyecto de este tipo- medidas que resuelvan conflictos que la vía genera en relación con la fragmentación de hábitats. Además hay que considerar que habitualmente la mejora de una vía comporta el aumento de la velocidad de circulación de los vehículos, el aumento de la intensidad de tráfico y un reforzamiento de su efecto barrera, sea por la combinación de los dos factores anteriores o por la instalación de cerramiento perimetral. Ello justifica la necesidad de evaluar el impacto que la ejecución del proyecto supone en relación con la fragmentación de hábitats. En algunas comunidades estos proyectos se someten a evaluación de impacto ambiental, en el marco del cual se facilita el diseño y aplicación de estas medidas.

b) Proyectos de nuevas vías. Permiten incorporar, como medidas complementarias, actuaciones para permeabilizar otras infraestructuras en funcionamiento en el ámbito territorial en el que se incluye la nueva vía, y con las cuales puedan plantearse efectos acumulativos o sinérgicos. En algunos casos particulares, las actuaciones de desfragmentación pueden definirse como medidas compensatorias del proyecto; en este sentido cabe destacar que la Ley 42/2007, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad establece en su artículo 45.5. que *Si, a pesar de las conclusiones negativas de la evaluación de las repercusiones sobre el lugar y a falta de soluciones alternativas, debiera realizarse un plan, programa o proyecto por razones imperiosas de interés público de primer orden, incluidas razones de índole social o económica, las Administraciones Públicas competentes tomarán cuantas medidas compensatorias sean necesarias para garantizar que la coherencia global de Natura 2000 quede protegida.* Estas medidas deben destinarse a garantizar la coherencia global de la red y deben estar enfocadas a la mejora de los tipos de hábitats y especies de interés comunitario afectados por el proyecto. Por ello, permiten incorporar tanto la permeabilización de vías en funcionamiento, como otras actuaciones para mitigar sus efectos sobre la biodiversidad y, también, para restablecer corredores ecológicos de interés para la conectividad entre los espacios de la Red Natura 2000. En estos casos, deben preverse instrumentos jurídicos (expropiación o compra de terrenos, o acuerdos de custodia del territorio) que permitan llevar a cabo las actuaciones en ámbitos situados fuera del dominio de las propias vías.

El procedimiento de evaluación de impacto ambiental de proyectos de infraestructuras de transporte, de acuerdo con el Real Decreto

Legislativo 1/2008, de 11 de enero de 2008, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Evaluación de Impacto Ambiental de proyectos (modificado por la Ley 6/2010, de 24 de marzo, de modificación del texto refundido de la Ley de Evaluación de Impacto Ambiental de proyectos, aprobado por el Real Decreto Legislativo 1/2008, de 11 de enero) y con la legislación autonómica existente sobre la materia, debería garantizar la consideración, en los proyectos, de todos los aspectos normativos incluidos en la legislación ambiental básica, así como las determinaciones sobre desfragmentación establecidas en otros instrumentos de planificación. La Declaración de Impacto Ambiental (DIA) de los proyectos sometidos a evaluación ambiental, en tanto que son documentos que determinan las condiciones que deben establecerse en orden a la adecuada protección del medio ambiente y de los recursos naturales, son instrumentos fundamentales para establecer la obligatoriedad de aplicar las medidas de desfragmentación de hábitats indicadas en el estudio de impacto ambiental y, en general, a lo largo del proceso de evaluación.

El desarrollo de los Programas de Vigilancia Ambiental (PVA), que se aplican durante la fase de construcción de la vía y también durante los primeros años de su entrada en funcionamiento, puede aportar información muy relevante para la detección de puntos en los que sea necesaria la aplicación de medidas de desfragmentación. Una correcta explotación de los datos recopilados en el marco de los seguimientos aplicados permite la detección de conflictos que pueden resolverse con la subsanación de deficiencias en la construcción de las medidas aplicadas para reducir los efectos de las vías sobre la biodiversidad, o con la instalación o construcción de actuaciones complementarias.

En general, en los proyectos de mejora o ampliación de una infraestructura de transporte, o en los proyectos de nuevas vías y en su evaluación ambiental, deberían desarrollarse las siguientes tareas:

I. Evaluación del grado de fragmentación de hábitats en el ámbito del proyecto, considerando el posible reforzamiento del mismo a causa de la mejora de la vía, o los impactos acumulativos y sinérgicos de las distintas alternativas de trazado si se trata de una nueva infraestructura.

II. Diagnóstico (descripción y localización) de los sectores en los que se producen conflictos relacionados con la fragmentación de hábitats en la vía objeto de mejora, o en las vías existentes en el ámbito de afectación si se trata del proyecto de una nueva infraestructura. Para llevar a cabo esta

evaluación pueden aplicarse los métodos indicados en el capítulo 4 o consultar los estudios específicos disponibles.

III. Identificación de los sectores concretos de la vía objeto de mejora, o de las vías en funcionamiento en el ámbito de afectación del proyecto de una nueva infraestructura, en los que se produzcan impactos significativos que requieran actuaciones de desfragmentación de hábitats. Será necesario incluir la cartografía con la localización de los mismos y la descripción de la naturaleza del impacto en cada sector.

IV. Diseño de medidas de desfragmentación de la vía objeto de mejora, o en el marco de las medidas compensatorias o complementarias del proyecto de nueva infraestructura. Las medidas aplicables se describen en el capítulo 5.

V. Establecimiento de programas de seguimiento y evaluación de la efectividad de las medidas de desfragmentación.

3.5 Ámbitos de gestión de infraestructuras de transporte y de la biodiversidad

Aunque a primera vista pueda sorprender la integración de dos aspectos tan distintos en un mismo apartado, desde ambos ámbitos se genera información muy útil para detectar impactos que pueden ser mitigados mediante la aplicación de medidas de desfragmentación de hábitats. Pero para ello, es importante establecer protocolos de actuación que permitan la recopilación e integración de datos, así como su posterior análisis, con el objetivo de detectar puntos críticos que requieran actuaciones.

En el ámbito de la gestión y conservación de las infraestructuras se pueden obtener datos de interés para la detección de algunos conflictos de fragmentación de hábitats, ya que a partir de las tareas de mantenimiento pueden identificarse, por ejemplo, los tramos de la infraestructura en los que se concentra un elevado número de atropellos de fauna o de accidentes causados por colisiones con fauna silvestre (véase descripción de los métodos aplicables en el apartado 4.5). Un adecuado análisis de esta información puede permitir la rápida resolución del problema que, a veces, puede conseguirse subsanando pequeñas deficiencias en los cerramientos u otros elementos de la infraestructura, o realizando adecuaciones del entorno de la vía o de los accesos a los pasos de fauna u otras

estructuras transversales existentes (véase medidas aplicables en el capítulo 5).

En el contexto de la gestión de espacios protegidos y de la biodiversidad también se generan este tipo de datos, sea en el marco de seguimientos de determinadas especies, en las cuales pueda hacerse patente el impacto de las infraestructuras de transporte en sus poblaciones, o a partir de proyectos destinados a evaluar la mortalidad causada por una determinada vía u otros efectos de la misma en los hábitats y táxones que alberga. Además, durante las tareas rutinarias de gestión de espacios naturales protegidos se pueden recopilar datos de interés para la detección de puntos conflictivos, como pueden ser: los registros de animales heridos trasladados a centros de recuperación, la recuperación de cadáveres por parte de agentes forestales, o de otro personal del espacio natural o voluntariado integrado en organizaciones de conservación de la naturaleza, entre otros. En este ámbito de gestión de la biodiversidad también deberían desarrollarse estudios específicos para determinar zonas críticas para restaurar la conectividad ecológica o mantener poblaciones locales de especies de especial interés de conservación (véase capítulo 4), cuando se tengan indicios de que las vías de transporte puedan estar suponiendo un impacto significativo para la conservación de un determinado elemento de la biodiversidad, y especialmente cuando se trate de especies o hábitats de interés comunitario u otros de singular relevancia. A partir de estos estudios será posible promover proyectos específicos de desfragmentación que deberán ejecutar las administraciones responsables de la gestión de las vías que generen los impactos.

Las actuaciones a llevar a cabo en ambos ámbitos, con el objetivo de facilitar la identificación de sectores que requieren la aplicación de medidas para la desfragmentación de hábitats son las siguientes:

I. Sistematizar la recogida, registro e integración de datos dando formación específica, tanto para los trabajos de campo como para el registro de datos, a los equipos de mantenimiento de vías, guardas, etc.

II. Evaluar los datos aportados elaborando un diagnóstico de las zonas críticas y llevando a cabo inspecciones en estas zonas para identificar las causas del problema.

III. Definir y aplicar medidas para reducir los conflictos cuando estos sean puntuales y subsanables con los fondos disponibles para el mantenimiento de la vía.

IV. Trasladar a los organismos de planificación y toma de decisiones la información sobre puntos conflictivos en los que las medidas necesarias requieran proyectos específicos para su resolución.

3.6 Organismos implicados y financiación de las actuaciones

En consonancia con la diversidad de ámbitos y de instrumentos desde los cuales es posible plantear actuaciones de desfragmentación, los organismos que pueden estar implicados en su diseño y ejecución son también muy diversos, destacando entre ellos:

I. Las administraciones responsables de la planificación y gestión de infraestructuras de transporte.

II. Las administraciones ambientales, y en particular, las responsables de la planificación y gestión de espacios naturales, especies amenazadas y, en general, de conservación de la diversidad biológica, y las responsables de la evaluación ambiental de planes, programas o proyectos.

III. Las administraciones responsables de la planificación territorial y urbanística.

IV. Las administraciones locales.

V. Las empresas públicas o privadas que participen en la construcción de infraestructuras o aquellas que gestionan vías de transporte en su fase de explotación.

VI. Las organizaciones ambientales que promueven acciones de conservación de la biodiversidad, custodia del territorio, etc.

La cooperación entre distintos agentes es un elemento fundamental en estos procesos. Como se ha indicado anteriormente (véase

apartado 2.2.2), en la mayor parte de las experiencias que se han desarrollado se pone de manifiesto la importancia de las administraciones ambientales como principales inductoras del proceso, ya que normalmente son responsables de la identificación de los puntos críticos que requieren actuaciones y de la propuesta de las mismas a las administraciones de transporte. Estas en cambio, son las que actúan como promotoras de los proyectos de medidas de desfragmentación, llevan a cabo su ejecución y aportan la mayor parte de los fondos requeridos para la financiación de los mismos. La participación de organizaciones no gubernamentales es especialmente relevante en los aspectos de gestión o mantenimiento de estas medidas.

La financiación necesaria para llevar a cabo las actuaciones en las experiencias que se han realizado (véanse fichas de actuaciones en el capítulo 6) la aportan básicamente, o podrían hacerlo:

I. Fondos aportados por administraciones o empresas promotoras y gestoras de infraestructuras.

II. Fondos europeos (estructurales, de conservación u otros).

III. Fondos aportados por acciones de obra social de entidades bancarias.

Actualmente se abren otras posibilidades como:

I. Fondos de conservación del patrimonio natural, como el establecido en la Ley 42/2007 y otros que puedan establecerse de acuerdo con la legislación autonómica.

II. Fondos procedentes de acciones de Responsabilidad Social Corporativa (RSC) de empresas y organizaciones privadas que pueden contar con planes específicos de apoyo a la biodiversidad.

4

Métodos para la identificación de zonas prioritarias a desfragmentar

1

Presentación

2

Conceptos
generales y
antecedentes

3

Marco legal y
orientaciones
para promover la
desfragmentación
de hábitats

4

Métodos para la
identificación de
zonas prioritarias
a desfragmentar

5

Orientaciones
para la selección
de medidas de
desfragmentación

6

Fichas
descriptivas de
actuaciones de
desfragmentación

7

Anexos

4.1 Orientaciones para la selección de los métodos

La red viaria y ferroviaria actualmente en funcionamiento tiene una gran extensión (más de 183.000 km) y los presupuestos para las actuaciones de desfragmentación de hábitats son limitados. Por ello es imprescindible aplicar los métodos más adecuados para seleccionar aquellas áreas del territorio o tramos de las infraestructuras en las que es prioritario actuar y en las que las actuaciones puedan alcanzar una óptima relación beneficio/coste, es decir, donde la inversión realizada se traduzca en la mayor mejora posible de la conservación de la biodiversidad o en la reducción de accidentes causados por fauna silvestre. Además, esta etapa es un paso imprescindible para la correcta elección del tipo de medida a aplicar (construcción de pasos de fauna, de estructuras para conectar hábitats, etc.; véase capítulo 5).

La diversidad de métodos aplicables es notable, y la selección del más adecuado deberá realizarse en función de cuál sea el ámbito de aplicación - planificación, diseño de proyecto, gestión de infraestructuras, gestión de la biodiversidad- y el objetivo que se persiga con las actuaciones. En este apartado se exponen algunos de los métodos disponibles para identificar las zonas prioritarias para llevar a cabo las actuaciones de desfragmentación y se incluyen orientaciones para la selección del más adecuado según el caso.

Para la selección del método más adecuado, deben tenerse en cuenta particularmente dos factores:

a) El objetivo principal que se pretenda alcanzar con las actuaciones (véase apartado 2.1). Entre los objetivos indicados en la Figura 2.1, cuatro de ellos pueden conducir a la aplicación de distintos métodos de identificación de zonas prioritarias a desfragmentar:

- Restablecer la conectividad ecológica entre hábitats o áreas de especial interés de conservación.

- Restablecer la continuidad física entre los fragmentos de hábitats seccionados por la infraestructura.
- Reducir el efecto barrera de las infraestructuras en funcionamiento facilitando el paso de fauna a través de ellas.
- Reducir la mortalidad de fauna por atropello y los accidentes causados por fauna silvestre.

b) El ámbito de aplicación en el que se realiza el diagnóstico (véase capítulo 3) y que va asociado generalmente a distintas escalas espaciales. Básicamente puede tratarse de:

- **Ámbito de planificación** (planes de infraestructuras de transporte, de ordenación de recursos naturales, de conservación o recuperación de hábitats o especies, etc.). También deben incluirse en este ámbito los eventuales planes de desfragmentación que puedan elaborarse. Muchos de estos planes están sometidos a EAE y requieren analizar un territorio extenso en el cual será de aplicación el plan considerado. Como se ha expuesto en el capítulo 2, la elaboración de estos planes brinda una ocasión excelente para incorporar en ellos iniciativas de desfragmentación de hábitats afectados por infraestructuras de transporte en funcionamiento. De manera previa a dicha incorporación debe realizarse, si es congruente con el grado de concreción de las determinaciones del plan, una selección de las zonas prioritarias a desfragmentar. A las grandes escalas espaciales que consideran estos planes, la finalidad más frecuente de la desfragmentación será restaurar la conectividad entre espacios protegidos u otras áreas de especial interés de conservación y las actuaciones deberían redundar en una mejora de la conectividad ecológica a escala territorial. En cambio, en los otros dos ámbitos considerados a continuación, los efectos beneficiosos sobre la conectividad tendrán lugar, en primera instancia, a una escala más local.

- **Ámbito de proyectos** (de nuevas vías de transporte o de mejora de vías existentes, en la mayor parte de los casos sometidos a EIA). En este caso la evaluación se centra en el territorio

en el que se va a integrar un nuevo trazado o que acoge la vía que vaya a ser objeto de mejora. En este caso serán de utilidad los métodos que permitan analizar un sector de la matriz territorial, identificando las zonas prioritarias en las cuales la conservación de hábitats o de especies se vea especialmente amenazada a causa de los efectos de fragmentación del conjunto de vías en funcionamiento que se encuentren en el territorio afectado. Debe eva-

luarse la permeabilidad de todas las infraestructuras de transporte existentes en el ámbito del proyecto con el objetivo de restaurar la conectividad en aquellos sectores o tramos que comporten, en la situación previa al proyecto una mayor restricción a los flujos biológicos a través de las infraestructuras. En definitiva, se trata de aprovechar la realización de estos proyectos para actuar sobre los principales 'cuellos de botella' que para la conectividad



Figura 4.1. Orientación para seleccionar los métodos más adecuados para identificar zonas prioritarias a desfragmentar, en función de los ámbitos de aplicación y del objetivo principal de la actuación. El esquema se ordena desde los ámbitos y objetivos que afectan a territorios más extensos hasta los más locales. Se incluyen en esta figura aquellos objetivos considerados en la Figura 2.1 que son relevantes para la selección de métodos de identificación de zonas a desfragmentar.

ecológica representan las vías en funcionamiento. Las actuaciones pueden realizarse sobre la vía que es objeto del proyecto de mejora o, a través de medidas compensatorias, sobre otras vías cercanas en funcionamiento.

- **Ámbito de gestión de vías y de la biodiversidad (espacios protegidos, hábitats o especies).** En estos casos los métodos que son de mayor utilidad son los que permiten identificar, para una determinada infraestructura, los tramos en los que se producen impactos críticos sea por una concentración de mortalidad causada por atropello, o de concentración de accidentes, o por

una restricción especialmente acentuada de la conectividad ecológica. Dichos tramos serán las zonas prioritarias a desfragmentar. Los métodos aplicables se refieren a escalas de trabajo locales.

En la Figura 4.1 se facilita un asistente para la selección del método más adecuado, aunque será imprescindible contar con el criterio de expertos para determinar cuál es realmente el más adecuado en función de las condiciones particulares de cada caso de estudio.

Algunos de los métodos que se incluyen en los apartados siguientes ya han sido descritos en ante-

Tabla 4.1. Relación de métodos aplicables para la identificación de zonas prioritarias a desfragmentar que se describen en este capítulo. Se indican los objetivos básicos que permiten alcanzar las distintas técnicas de análisis, así como los documentos previos de esta misma serie en los que se aporta información más detallada.

Objetivo	Métodos	Documentos que incluyen información complementaria
I. Identificación del grado de fragmentación de un territorio por infraestructuras de transporte	Tamaño efectivo de malla (apartado 4.2.1) Mapa de distancia a la infraestructura de transporte más cercana (apartado 4.2.2)	Doc. 4 ¹ : Fichas 10 y 11 -
II. Identificación de zonas críticas para restaurar la conectividad ecológica entre hábitats de especial interés de conservación o entre áreas naturales o seminaturales	Métodos basados en distancias de coste: conectividad entre áreas focales (apartado 4.3.1) Método DISPERSA (apartado 4.3.2) Análisis ecológico del paisaje (modelo LARCH) (apartado 4.3.3)	Doc. 3 ² : Ficha 8 y Anexo VI Doc. 4: Ficha 16 - -
III. Identificación de zonas críticas para mantener poblaciones locales de especies de especial interés de conservación	Modelos de conectividad potencial basados en la teoría de grafos (CONFOR) (apartado 4.4.1) Modelos de adecuación del hábitat (apartado 4.4.2) Funciones de selección de recursos (apartado 4.4.3) Análisis de viabilidad de poblaciones (apartado 4.4.4)	Doc. 4: Ficha 17 Doc. 3: Fichas 5 y 6 y Anexo III - -
IV. Identificación de puntos críticos de mortalidad de fauna y colisiones con vehículos	Identificación de tramos de concentración de accidentes causados por colisiones con ungulados (apartado 4.5.1) Seguimiento de atropellos de fauna (apartado 4.5.2) Métodos basados en otras fuentes de información (apartado 4.5.3)	Doc. 2 ³ : Fichas 17 y 18 Doc. 4: Ficha 18 Doc. 2: Fichas 15 y 16 -

¹ Doc. 4: 'Indicadores de fragmentación de hábitats causada por infraestructuras lineales de transporte' (MARM 2010b).

² Doc. 3: 'Prescripciones técnicas para la reducción de la fragmentación de hábitats en las fases de planificación y trazado' (MARM 2010a).

³ Doc. 2: 'Prescripciones técnicas para el seguimiento y evaluación de la efectividad de las medidas correctoras del efecto barrera de infraestructuras de transporte' (MARM 2008a).

riores volúmenes de la serie 'Documentos para la reducción de la fragmentación de hábitats causada por vías de transporte', y en particular en los números 3 y 4 (MARM 2010a y 2010b); en estos casos, se incluye solo una descripción sucinta y se indican en la Tabla 4.1 los apartados de los documentos anteriores en los que puede consultarse la descripción completa del método. En el resto de casos, cuando se trata de nuevos métodos se describen con mayor extensión en los apartados siguientes.

4.2 Identificación del grado de fragmentación de un territorio por infraestructuras de transporte

4.2.1 Tamaño efectivo de malla

El tamaño efectivo de malla (*effective mesh size*) es de aplicación a territorios relativamente extensos y se ha integrado en los sistemas de indicadores ambientales de algunos países como un indicador de fragmentación del territorio por la red de infraestructuras de transporte. Puede aplicarse para:

- cuantificar el grado de fragmentación producida por la red existente de infraestructuras;
- cuantificar el incremento de fragmentación que producirán las infraestructuras planificadas;
- evaluar la reducción de la fragmentación del territorio que se obtendría si se realizasen determinadas actuaciones permeabilizadoras de las vías.

Este último caso es el que interesa especialmente en el contexto del presente documento puesto que permite comparar el grado de fragmentación actual (con la red de infraestructuras existentes) con el que resultaría después de realizar una o más actuaciones de permeabilización (como construcción de nuevos ecoductos o sustitución de terraplenes por viaductos), en función de dónde se decida ubicarlas dentro de la red de infraestructuras. Examinando cómo varía el tamaño efectivo de malla ante diferentes alternativas, pueden localizarse las zonas donde se consigue un mayor aumento de este indicador; estas serán las zonas prioritarias a desfragmentar.

Sin embargo, hay que tener presente que el tamaño efectivo de malla por sí mismo no tiene en cuenta la calidad ecológica ni el interés para la conservación de distintas partes del territorio. Este aspecto crucial puede incorporarse al método cruzando la ubicación de las zonas seleccionadas (las que generan un mayor aumento del tamaño efectivo de malla tras aplicar medidas de desfragmentación) con los mapas de valoración ecológica del territorio. Aquellas zonas donde las actuaciones de desfragmentación consigan un mayor aumento del tamaño efectivo de malla y que tengan además un valor ecológico alto serán zonas prioritarias a desfragmentar.

Este indicador se obtiene a partir de la distribución de tamaños (superficies) de los polígonos en

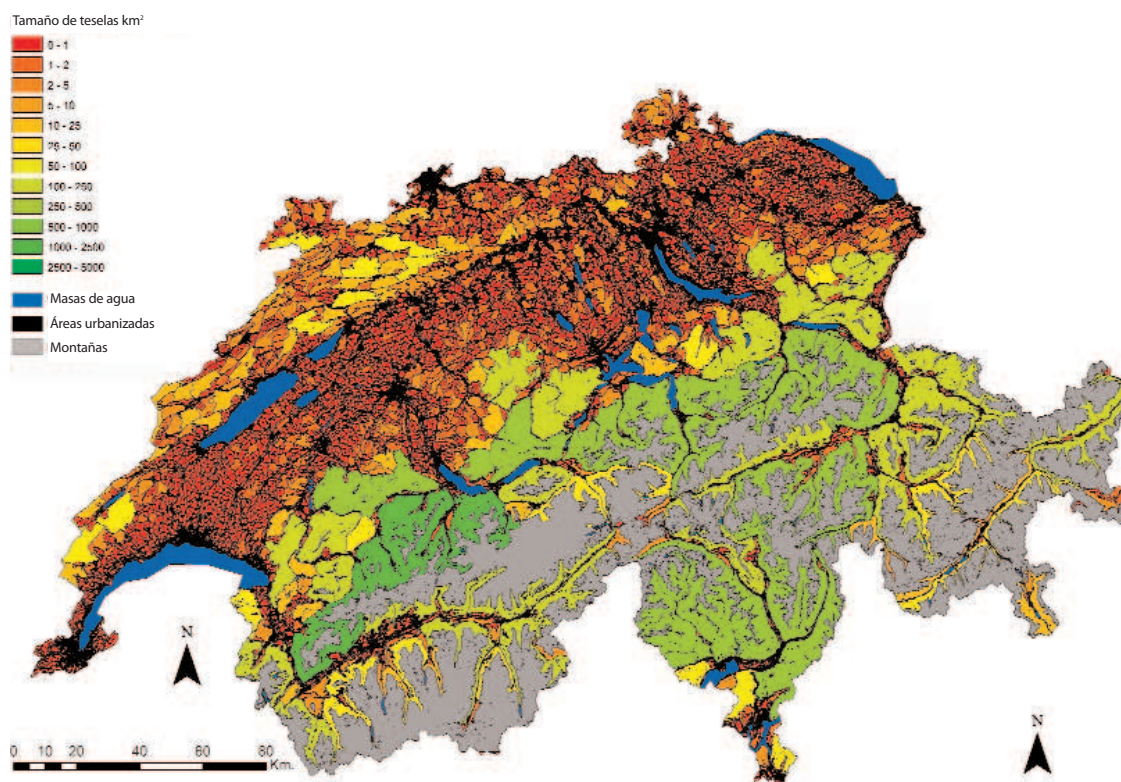


Figura 4.2. Fragmentación del paisaje en Suiza en el año 2002 evaluada a partir de la aplicación del método de tamaño efectivo de malla. Fuente: Jaeger *et al.* (2010).

los que la red de infraestructuras divide el territorio y varía inversamente con la fragmentación: mayor tamaño efectivo de malla corresponde a menor fragmentación, y viceversa (véase Figura 4.2). Es adecuado para aplicar en fases de planificación cuando se desee saber, en un ámbito extenso (provincia, comunidad autónoma, etc.), cuáles son las variaciones espaciales de la fragmentación del territorio. En general, permite una primera aproximación para la planificación o para las fases iniciales de análisis de regiones extensas, e identifica la ubicación de zonas prioritarias a desfragmentar con una resolución espacial baja. Para ubicarlas con más precisión será necesario emplear posteriormente alguno de los métodos que se describen en el resto de este capítulo (véase apartados 4.3 y 4.4).

El tamaño efectivo de malla se describe en detalle en la Ficha 10 del Documento 4 de esta serie (MARM 2010b).

4.2.2 Mapa de distancia a la infraestructura de transporte más cercana

Un mapa que representa mediante una paleta de colores la distancia de cada punto del territorio a la infraestructura de transporte más cercana es una herramienta muy eficaz para visualizar qué áreas del territorio están más alejadas de las infraestructuras y, por lo tanto, se encuentran actualmente poco fragmentadas por ellas. Si estas áreas contienen valores ecológicos apreciables, conviene preservarlas de una fragmentación futura. En el polo opuesto, se pueden visualizar también claramente

en dicho mapa aquellas áreas más intensamente fragmentadas por infraestructuras. Como se ha comentado en el apartado anterior, para desfragmentar estas áreas harán falta seguramente actuaciones muy costosas, que solo se justificarían si tienen un especial interés de conservación o pueden contribuir de un modo notable a restaurar la conectividad territorial.

En general, los mapas de distancia a la infraestructura más cercana son menos adecuados para identificar zonas prioritarias a desfragmentar que el tamaño efectivo de malla explicado en el apartado anterior, puesto que este último indicador se presta más a ser calculado con distintos escenarios de medidas desfragmentadoras. Sin embargo, los mapas de distancia son útiles para una primera visualización de la situación actual de fragmentación por infraestructuras y para sugerir posibles zonas a desfragmentar que deberán ser examinadas posteriormente con más detalle con alguno de los métodos expuestos en este capítulo.

Estos mapas pueden obtenerse con facilidad mediante sistemas de información geográfica (SIG) a partir de una capa digital con las infraestructuras de transporte del territorio considerado. Para ámbitos espaciales extensos (miles de km²) puede ser suficiente considerar solo las infraestructuras principales: red viaria principal, y red ferroviaria de alta velocidad. Para ámbitos más locales no deben despreciarse los efectos fragmentadores de las carreteras locales, por lo que debe incluirse también la red viaria secundaria.

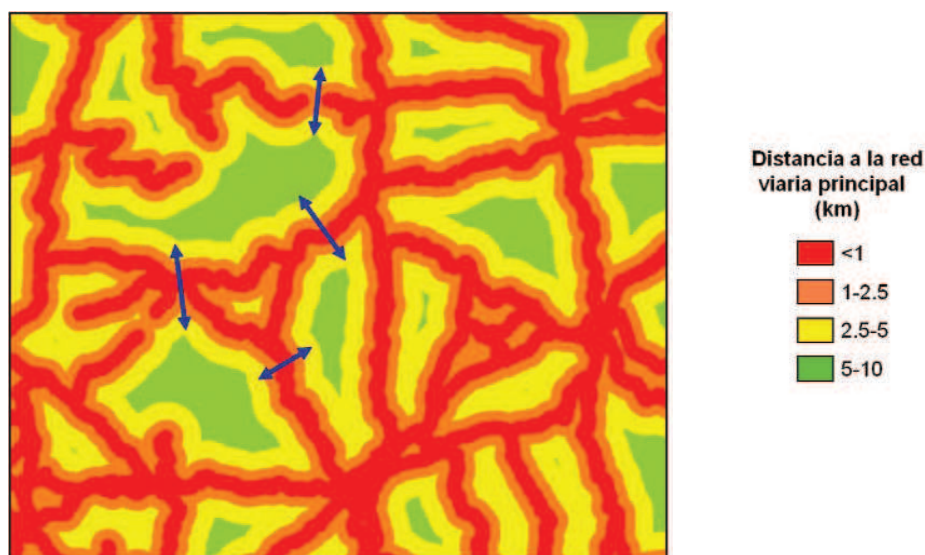


Figura 4.3. Ejemplo de mapa de distancias a la red viaria. Estos mapas permiten visualizar rápidamente las zonas que están menos fragmentadas por la red viaria y que, si son zonas de interés ecológico relevante, deberían preservarse de ulterior fragmentación. Un mapa de distancias permite también una primera selección cualitativa de zonas prioritarias a desfragmentar, siempre que se tenga información sobre el interés ecológico o los patrones de movimiento de los organismos. Las flechas indican posibles zonas a desfragmentar para aumentar la conectividad biológica. Modificado de J. Pino.

4.3 Identificación de zonas críticas para restaurar la conectividad ecológica entre hábitats o entre áreas naturales o seminaturales

En este apartado se consideran los métodos que permiten evaluar la conectividad ecológica del territorio en su conjunto, y la manera en que es afectada por las infraestructuras de transporte existentes, sin poner un énfasis especial en táxones o hábitats concretos. Estos métodos son relevantes cuando se quiere restaurar la conectividad ecológica entre grandes áreas de tipos de hábitat, entre espacios naturales, sean protegidos o no, o entre otros componentes del mosaico territorial, beneficiando con ello a un conjunto amplio de especies que pueden diferir en sus capacidades y requerimientos de dispersión. No obstante, las medidas desfragmentadoras que resulten de estos análisis pueden obviamente beneficiar también a especies sensibles y reducir la mortalidad por atropello de las mismas y de otras muchas especies.

En general, los métodos descritos en este apartado parten de un análisis global del estado de un determinado territorio que lleva a identificar y priorizar las zonas críticas de conflicto entre los hábitats o espacios naturales y las infraestructuras de transporte existentes. Todos ellos parten de la evaluación del territorio mediante modelos basados en SIG, combinados con el criterio experto, para identificar las teselas de hábitats o los espacios naturales más importantes para la restauración de la conectividad biológica.

La mayoría de las técnicas que se describen a continuación parten de métodos básicos de análisis de la conectividad o de la fragmentación de hábitats que ya se han descrito con detalle en los documentos previos de esta serie (véase Ficha 8 del Documento 3, MARM 2010a, y Ficha 16 del Documento 4, MARM 2010b), pero en este apartado se expone su aplicación en el marco de la identificación de zonas prioritarias a desfragmentar. Los modelos que se exponen permiten realizar simulaciones para identificar en qué puntos o zonas del territorio la aplicación de medidas de desfragmentación tendrá un mayor impacto sobre la conectividad ecológica o, dicho de otra forma, en qué puntos la relación beneficio/coste de estas medidas será más favorable.

4.3.1 Métodos basados en distancias de coste: conectividad entre áreas focales

Se pueden identificar zonas prioritarias a desfragmentar utilizando índices de conectividad estructural entre una serie de áreas focales (espacios protegidos, teselas de un hábitat determinado, etc.) basados en las distancias de coste. Se calcula el índice con y sin determinados tramos de la infraestructura considerada, o asignando al tramo que se quiere evaluar una menor resistencia al movimiento de la fauna. El primer caso equivale a considerar que ese tramo se ha permeabilizado totalmente para los movimientos de las especies en cuestión, mientras que el segundo caso considera una permeabilización parcial. En ambos casos, las zonas prioritarias a desfragmentar se corresponderán con aquellos tramos de infraestructura en los que la permeabilización resulte en un mayor aumento en el índice de conectividad.

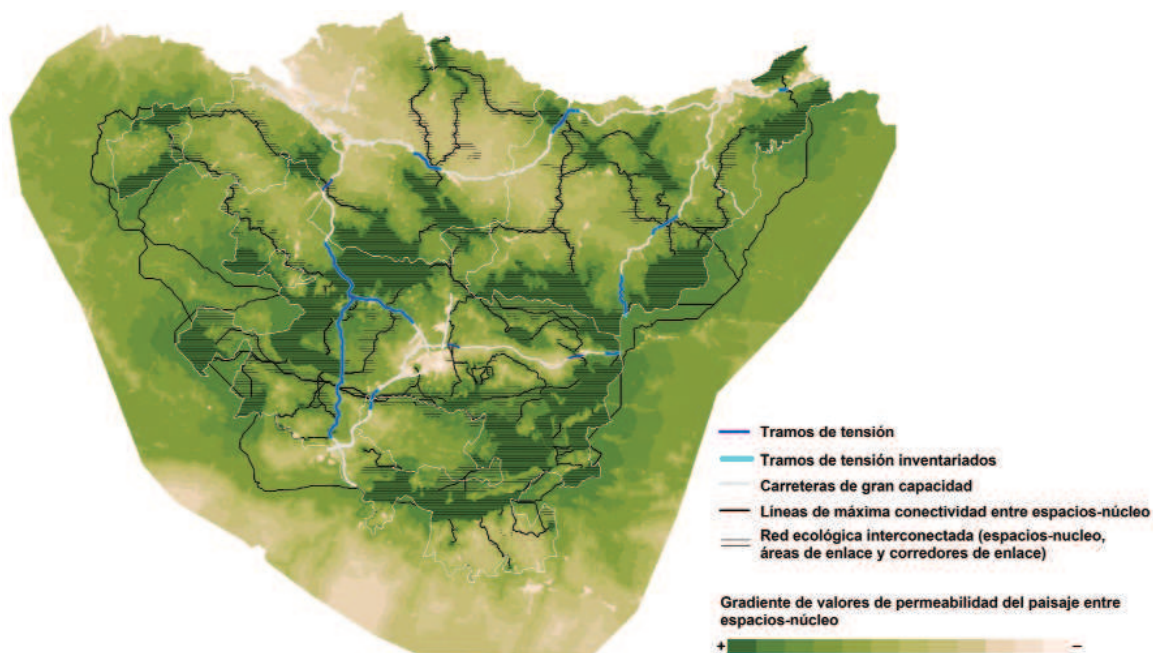


Figura 4.4. Sectores conflictivos identificados entre la Red de Corredores Ecológicos del País Vasco y las principales infraestructuras (autovías y autopistas). Fuente: Gurrutxaga (2005).

El método de cálculo de este índice se detalla en la Ficha 16 del Documento 4 de la presente serie (MARM 2010b). Para aplicarlo, se requiere conocer o estimar las distancias de dispersión de la especie o especies consideradas.

4.3.2 Modelo DISPERSA

Otro método diseñado para identificar zonas del territorio que ofrecen menor resistencia a la dispersión de determinadas especies de fauna y, por lo tanto, tienen interés potencial como zonas de conexión es el modelo DISPERSA (Rosell *et al.* 2003b). Se desarrolló especialmente para facilitar la identificación de las áreas del territorio con mayor posibilidad de albergar desplazamientos de dos grupos de mamíferos: carnívoros y ungulados, a los cuales van destinados habitualmente los pasos de fauna que se construyen en las vías de transporte.

Este modelo fue desarrollado partiendo de datos empíricos que relacionaban determinadas características del paisaje con la presencia y abundancia de un conjunto de especies de fauna de referencia (carnívoros y ungulados de hábitos forestales). Estas características son la continuidad de la cobertura vegetal (una mayor cobertura de vegetación arbustiva y arbórea favorece una mayor abundancia de animales de los táxones de referencia), la presencia de elementos del relieve que canalizan los desplazamientos de la fauna (fondos de valle y crestas) y la red hidrográfica (especialmente en los cursos fluviales con vegetación riparia asociada).

Mediante un SIG se combinan las capas digitales con la información indicada en el párrafo anterior y se asigna, a cada punto del territorio, un valor de 1 a 10 que representa el *Índice de resistencia a la dispersión de la fauna* (IR), que categoriza el territorio en función de su potencial papel para concentrar los desplazamientos de los grupos animales de referencia. La cartografía resultante (véase Figura 4.5) de este modelo es especialmente útil para detectar las zonas en las que entran en conflicto los elementos de la red ecológica con la red de infraestructuras u otras barreras lineales que transcurren por las áreas que concentran un mayor número de desplazamientos de fauna.

4.3.2 Análisis ecológico del paisaje - modelo LARCH

El modelo LARCH está basado en SIG y permite analizar la configuración y persistencia de las redes de hábitats que pueden sustentar poblaciones de una o más especies seleccionadas como indicadoras. Este modelo ha sido utilizado para detectar zonas prioritarias a desfragmentar en la fase de diagnóstico de programas nacionales de desfragmentación en los Países Bajos y Bulgaria (van der Grift & Pouwels 2006, van der Grift *et al.* 2008).

El modelo utiliza umbrales de capacidad de carga para determinar si la red de hábitats puede sustentar o no metapoblaciones viables de la especie o especies seleccionadas. Los umbrales de capacidad de carga se determinan empíricamente y por modelos de simulación (Verboom *et al.* 2001).

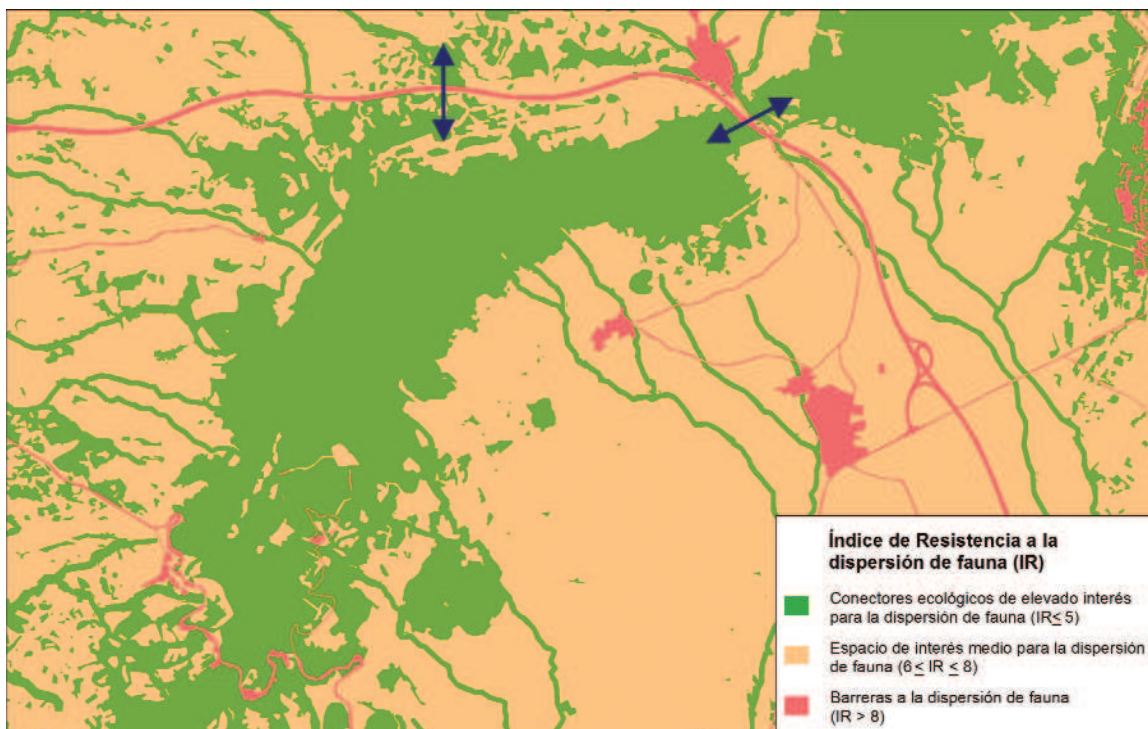


Figura 4.5. Cartografía elaborada mediante el modelo DISPERSA basado en el análisis de resistencia de los usos del suelo al desplazamiento de las especies objetivo. Las flechas indican posibles zonas a desfragmentar en puntos de cruce de una carretera con sectores de alto interés para la conectividad. Fuente: Modificado a partir de Minuartia.

En el modelo se incluye el impacto de las infraestructuras viarias y ferroviarias que constituyen barreras parciales o totales a los movimientos de la fauna. La cartografía resultante de la aplicación clasifica las teselas de hábitat según cuatro categorías: aquellas 'demasiado pequeñas para albergar la especie' y aquellas en la que la metapoblación 'no es viable', 'es viable' o es 'altamente viable'.

Este modelo es especialmente adecuado para estudios comparativos, por lo que es útil para comparar niveles de viabilidad en situaciones 'con' o 'sin' medidas de desfragmentación en la red de infraestructuras de transporte. Sin embargo, hay que tener presente que el modelo requiere de manera notable del conocimiento experto y que por ello, como reconocen sus autores (van der Grift & Pouwels 2006), sus resultados deberían tomarse como una evaluación experta y no como predicciones cuantitativas de la viabilidad futura de las poblaciones.

Este modelo se ha aplicado para identificar las zonas prioritarias a desfragmentar en el marco del Programa de Desfragmentación de Bulgaria (van der Grift *et al.* 2008) y a continuación se destacan las principales fases en las que se desarrolla:

- Selección de especies indicadoras. En el caso búlgaro se seleccionaron doce especies indicadoras características de distintos ecosistemas y con distintos tamaños, extensión de sus áreas de campeo y su capacidad de movimiento entre teselas de hábitat.

- Modelización. El modelo estima la viabilidad de las poblaciones de fauna de cada una de las especies indicadoras a partir de la capacidad de carga, y lo hace en dos situaciones (véase Figura 4.6): con las barreras viarias y ferroviarias actuales y con las barreras permeabilizadas. Permite identificar aquellos lugares donde las medidas de desfragmentación conducen a un cambio en la viabilidad de las poblaciones de fauna (pasando de no viables a viables o altamente viables; o bien de viables a altamente viables).

- Opinión experta. La consulta a expertos de cada una de las especies indicadoras, permite completar la identificación de puntos críticos en la red de viaria y ferroviaria, ya que aportan información sobre tramos de concentración de mortalidad por atropello o tramos en que la vía cruza áreas con alta densidad de individuos de la especie en cuestión, entre otros.

- Integración. La integración de los puntos críticos derivados de la modelización y de los identificados por los expertos se realiza mediante la representación cartográfica y el análisis de potencial solapamiento.

- Identificación de prioridades. Se distinguen localizaciones de baja, mediana y alta prioridad basándose en la categorización de los puntos críticos que realiza el modelo, la urgencia establecida por los expertos y la riqueza de especies que pueden verse beneficiadas por la actuación.

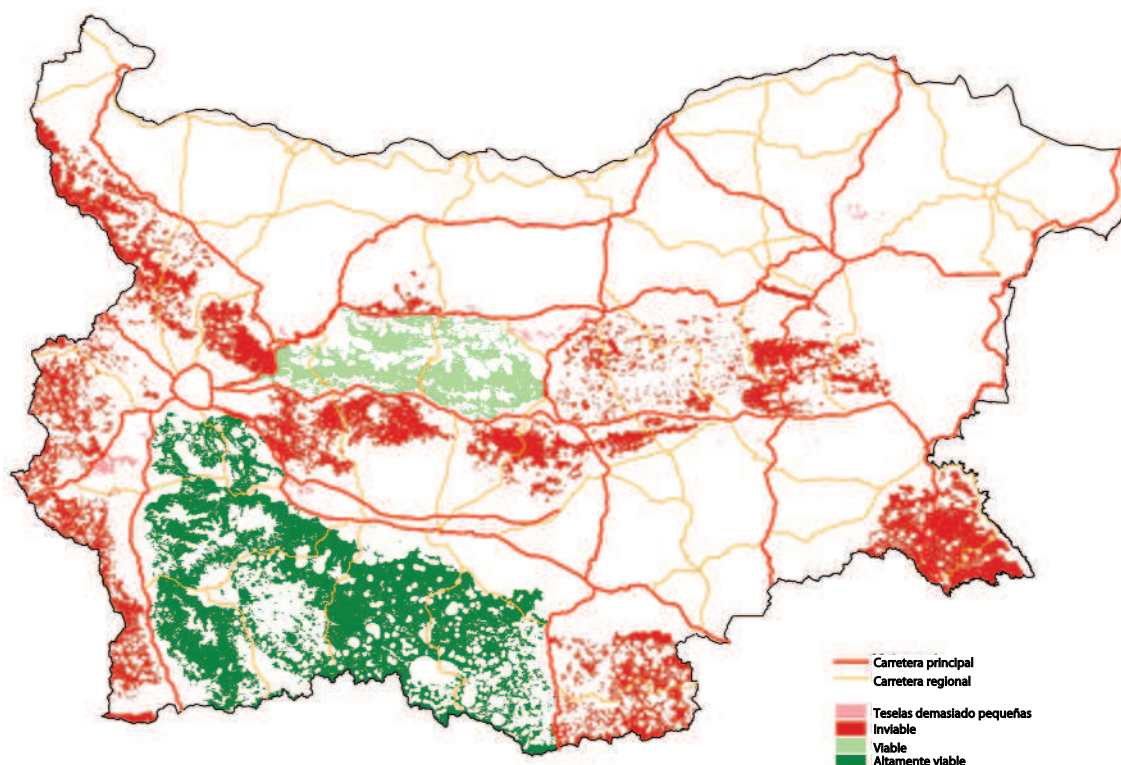


Figura 4.6.1. Viabilidad de la población de osos antes de aplicar medidas de desfragmentación. Modelo LARCH aplicado en Bulgaria. Fuente: van der Grift *et al.* (2008).

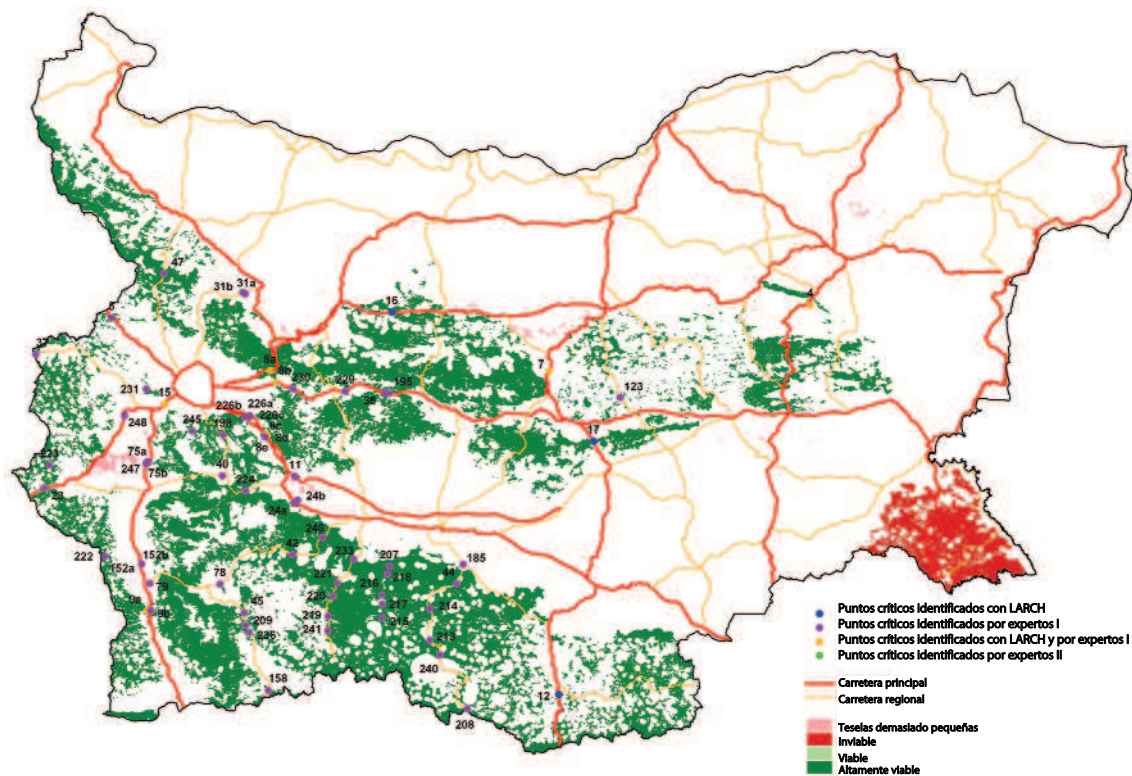


Figura 4.6.2. Viabilidad de la población de osos antes después de aplicar medidas de desfragmentación. Modelo LARCH aplicado en Bulgaria. Fuente: van der Grift et al. (2008).

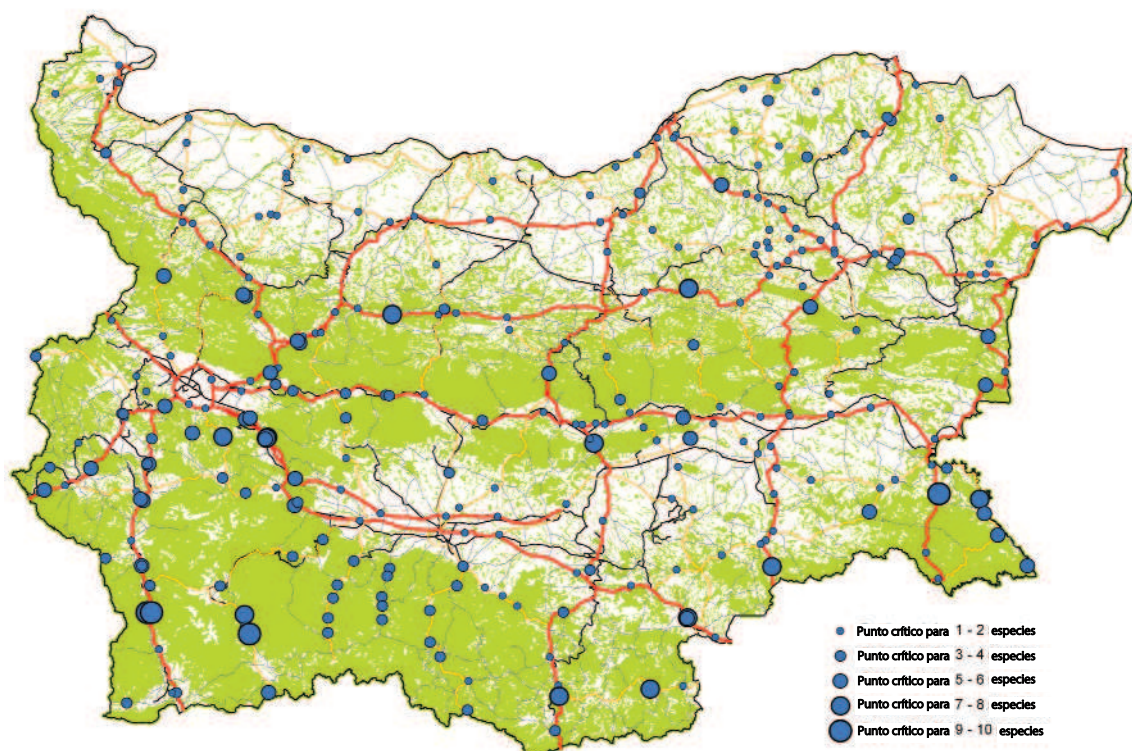


Figura 4.7. Puntos críticos para la conectividad identificados en Bulgaria. Modelo LARCH. Fuente: van der Grift et al. (2008).

4.4 Identificación de zonas críticas para mantener poblaciones locales de especies de especial interés de conservación

La desfragmentación de hábitats pretende, mediante la restauración de la conectividad ecológica, contribuir a mantener la biodiversidad. Por ello, uno de los casos en que es más importante identificar zonas prioritarias para desfragmentar se da cuando infraestructuras en funcionamiento han disminuido la conectividad para especies que tienen un especial interés de conservación, sea por estar amenazadas de extinción, estar protegidas legalmente, ser especies emblemáticas o especies paraguas o desempeñar un papel funcional especialmente relevante en los ecosistemas. En muchos casos son especies que presentan poblaciones pequeñas y a menudo fragmentadas, cuya persistencia, ya problemática de por sí, puede verse drásticamente comprometida debido a los efectos de las infraestructuras de transporte. En este documento se denominará a estos taxones “especies sensibles”.

Los métodos para identificar las zonas prioritarias para desfragmentar los hábitats de las especies sensibles dependen de cuáles sean los problemas principales de cada población y del conocimiento que se tenga sobre ellas.

Si el principal problema detectado es la mortalidad excesiva por atropello pueden aplicarse los métodos descritos en el apartado 4.5, con la ventaja adicional de que para algunas especies sen-

sibles se tiene más conocimiento de sus patrones de movimiento, proporcionado por radioseguimientos u otras fuentes de información. Si el problema principal es reducir el efecto barrera de una infraestructura y evitar el aislamiento biológico resultante, a los métodos del apartado 4.5 puede añadirse el uso de los métodos que se describen en los apartados 4.4.1 a 4.4.4.

En ambos casos, el juicio experto es un elemento clave para aplicar con éxito cualquiera de los métodos aquí descritos. Tratándose de especies sensibles, normalmente suele haber personas o equipos que tienen un profundo conocimiento de la biología y la ecología de la especie en distintas zonas y cuya opinión puede ser extremadamente útil para identificar y priorizar las zonas a desfragmentar o para evaluar los resultados de un método dado. Por todo ello, antes de tomar una decisión sobre la desfragmentación de sus hábitats es indispensable consultar a los distintos expertos en la especie en cuestión para contrastar los datos obtenidos a partir de los análisis mediante SIG que se describen en los apartados siguientes.

4.4.1 Modelos de conectividad potencial basados en la teoría de grafos

Para una especie determinada o grupo de especies afines, el Índice Integral de Conectividad (IIC) y el Índice de Probabilidad de Conectividad (IPC) son dos índices basados en la teoría de grafos que pueden utilizarse para calcular la conectividad potencial de un territorio constituido por una serie de teselas. Las zonas en las que las infraestructuras causan una mayor disminución

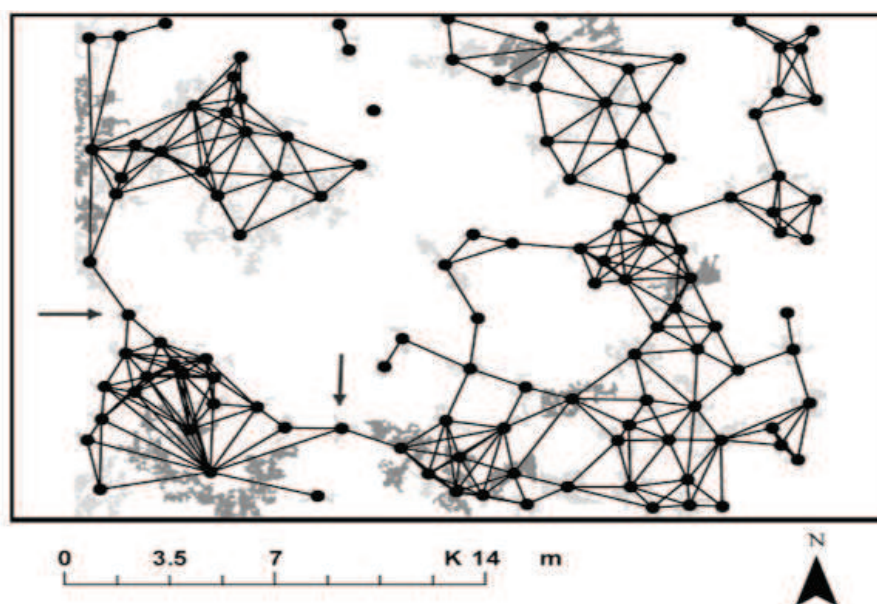


Figura 4.8. Paisaje representado en términos de la teoría de grafos. Los parches son áreas continuas de hábitat potencial de zorzal manchado (*Hylocichla mustelina*). Los nodos (círculos negros) están representados en el centro de los parches. Se muestran los enlaces entre nodos separados como máximo 2,5 km. Las flechas indican nodos críticos para el mantenimiento de la conectividad del conjunto. Fuente: Urban (2005).

de la conectividad y que, por lo tanto, deben considerarse zonas prioritarias a desfragmentar pueden identificarse calculando los índices con y sin el efecto barrera -parcial o total- que las infraestructuras de transporte constituyen para la conectividad. Estos índices de conectividad permiten también priorizar cada tesela en función de su contribución a la conectividad del conjunto de teselas. Se puede identificar así en qué teselas, y en qué enlaces entre teselas, es prioritario focalizar las actuaciones de desfragmentación.

Ambos índices, desarrollados por Pascual-Hortal & Saura (2006) y Saura & Pascual-Hortal (2007), pueden calcularse con el modelo CONEFOR, de libre acceso en Internet www.conefor.org, (Saura y Torné 2009). El método de cálculo se detalla en la Ficha 17 del Documento 4 de la presente serie (MARM 2010b).

4.4.2 Modelos de adecuación del hábitat

Los mapas derivados de modelos de adecuación del hábitat son útiles para identificar zonas prioritarias a desfragmentar porque permiten predecir, para una especie determinada o grupo de especies de similares requerimientos ecológicos, la probabilidad de presencia o la abundancia de la especie en distintas partes de un territorio. Estos modelos suelen informar de la presencia potencial de la especie, es decir, en qué zonas las condiciones son adecuadas para ella, aunque quizá actualmente la especie no se encuentre en las mismas. Cruzando los mapas de adecuación de hábitat con

mapas de la presencia real de la especie y con la red de infraestructuras de transporte pueden identificarse aquellas zonas en las que las infraestructuras aíslan potencialmente dos o más áreas extensas de hábitat ocupado y que es altamente adecuado para la especie. Estas zonas serán prioritarias para realizar actuaciones de desfragmentación. Además, pueden considerarse también prioritarias para desfragmentar aquellas zonas en las que una infraestructura impida la expansión de la especie a un área de hábitat adecuado que actualmente no esté ocupado.

Los modelos de adecuación del hábitat se describen en las Fichas 5, 6 y 7 y el Anexo III del Documento 3 de la presente serie (MARM 2010a). El producto final del modelo suele ser un mapa en el que se representa en qué grado el hábitat dentro del ámbito considerado es más o menos adecuado para la especie en cuestión. Para aplicar un modelo de adecuación del hábitat se necesita un conocimiento detallado de cómo responde la especie considerada a las variables ambientales que condicionan su presencia o abundancia y tener información sobre las variaciones espaciales de dichas variables.

4.4.3 Funciones de selección de recursos

Aunque han sido todavía poco utilizados en el presente contexto, los modelos de funciones de selección de recursos (*resource selection functions*) son en principio más adecuados para identificar zonas a desfragmentar que los modelos de adecuación

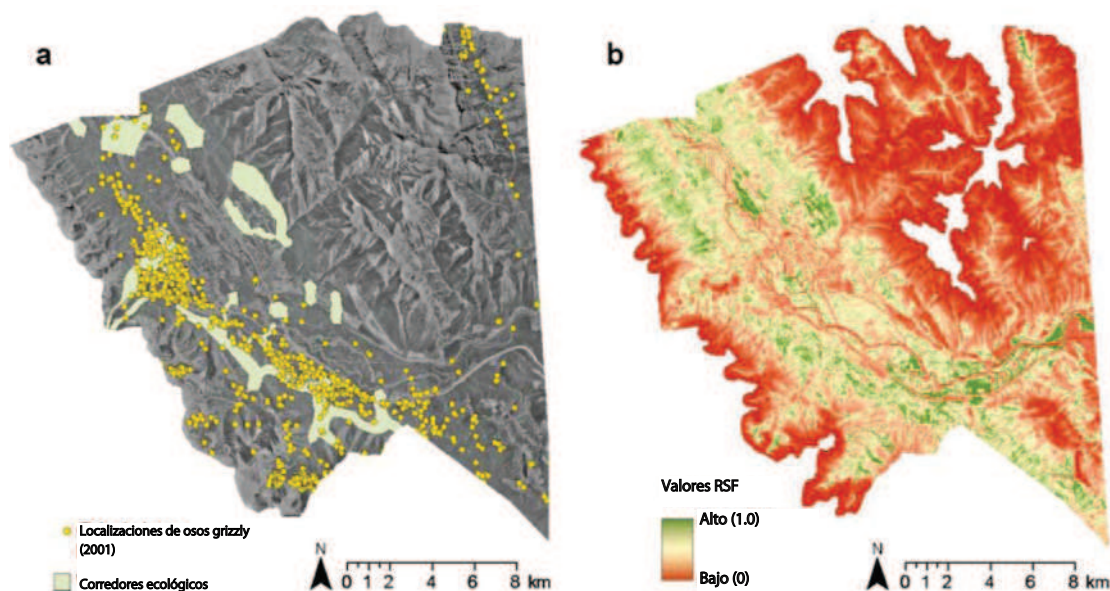


Figura 4.9. Aplicación de una función de selección de recursos RSF para evaluar o diseñar corredores de fauna. (a) Localizaciones por radioseguimiento de tres osos grizzli en la región de Canmore (Alberta, Canadá) durante el año 2001; en verde, los corredores de fauna declarados. (b) Se desarrolló una función de selección de recursos mediante regresión logística comparando las variables topográficas y de vegetación en los puntos donde se localizaron osos y en puntos al azar dentro de las áreas de campeo combinadas de los tres osos. El mapa resultante (b) identifica las áreas con mayor probabilidad relativa de ocurrencia de osos (verde) y puede utilizarse para evaluar o modificar corredores existentes o para optimizar propuestas de nuevos corredores. Fuente: Chetkiewicz *et al.* (2006).

del hábitat tratados en el apartado anterior. Los modelos de funciones de selección de recursos son parecidos conceptualmente a los modelos de adecuación de hábitat pero se diferencian de ellos porque suelen utilizar como datos de partida no solo los registros de presencia de la especie en el territorio considerado sino datos de movimiento de los individuos obtenidos por radioseguimiento u otros métodos. De esta forma puede modelizarse no solo en qué grado el hábitat es adecuado para la especie sino también la conectividad real puesto que se sabe por dónde se mueven realmente los individuos. Puede consultarse en Chetkiewicz *et al.* (2006) una revisión del tema y una aplicación al caso del oso grizzly en Alberta (Canadá).

4.4.4 Análisis de viabilidad de poblaciones

Los análisis de viabilidad de poblaciones pretenden obtener una estimación cuantitativa de la probabilidad de que una población determinada perviva durante un tiempo especificado. Pueden utilizarse para simular diferentes escenarios de conectividad y, por lo tanto, para identificar zonas prioritarias a desfragmentar. De hecho, un análisis de viabilidad sería una prueba contundente sobre si las actuaciones de desfragmentación son o no eficaces. En efecto, no es suficiente con saber si la especie objetivo utiliza, por ejemplo, un determinado paso de fauna ni tampoco saber si lo utiliza con cierta frecuencia. Lo que realmente importa es que la construcción o adecuación del paso o la restauración del hábitat hayan comportado un aumento significativo en la viabilidad de la población, es decir, en su probabilidad de persistir a medio o largo plazo. La viabilidad de una población afectada por una infraestructura de transporte depende no solo de su capacidad de atravesar con éxito la infraestructura sino de muchos otros factores, incluidos los efectos de la infraestructura sobre la cantidad y calidad del hábitat. Por ello, es más exigente fijarse como objetivo la viabilidad de la población que limitarse a constatar que la especie utiliza los pasos de fauna.

A pesar de estas ventajas del análisis de viabilidad de poblaciones, ha sido muy poco utilizado hasta ahora en el contexto de la fragmentación generada por las infraestructuras de transporte, porque es difícil obtener los datos necesarios para un análisis fiable de la viabilidad. Van der Ree *et al.* (2009) proporcionan un ejemplo de aplicación de este método: evalúan los cambios de viabilidad de una población de un marsupial australiano, el oposum pigmeo de montaña (*Burramys parvus*), antes y después de construir un paso inferior de fauna. Es quizá la primera demostración, aunque basada en modelización, de que las medidas de desfragmentación tienen

un efecto positivo en la viabilidad de la población animal afectada.

4.5 Identificación de puntos críticos de mortalidad de fauna y colisiones con vehículos

Este apartado describe distintos métodos para identificar los puntos o tramos de las vías en funcionamiento en los que se concentra un elevado número de atropellos de fauna. Detectar estos puntos, y actuar sobre ellos, es importante por razones de seguridad vial y por razones de conservación de la fauna. En el primer caso, es creciente la frecuencia de accidentes debidos al atropello de animales silvestres de tamaño medio o grande. En particular, las colisiones con ungulados silvestres son suficientemente graves y frecuentes como para que se hayan llevado a cabo numerosos estudios sobre este problema (Delibes & Benito 2002, Markina 2002, Rosell *et al.* 2003a, DGCI 2004, DGT 2004, Lara *et al.* 2004; Malo *et al.* 2004, DPTOP-DMAH 2007, Colino *et al.* 2010, Lages *et al.* 2012). En el segundo caso, los atropellos en carretera pueden ser una causa importante de mortalidad en especies de fauna silvestre, circunstancia especialmente preocupante cuando se trata de especies amenazadas como el visón europeo (*Mustela lutreola*) y el lince ibérico (*Lynx pardinus*), que están fuertemente afectadas por esta causa de mortalidad.

La cantidad de atropellos de fauna es muy variable entre distintas infraestructuras de transporte y, también, en distintos tramos de una misma infraestructura. Habitualmente una gran parte de los atropellos se concentran en determinados tramos que representan en conjunto una pequeña parte de la longitud total de la infraestructura. Esta elevada concentración espacial de los atropellos hace imprescindible que, antes de ejecutar cualquier medida para disminuirlos, se identifiquen los puntos o tramos críticos donde se producen preferentemente los atropellos. Estos puntos o tramos serán las zonas prioritarias a desfragmentar.

Identificación de tramos de concentración de accidentes causados por colisiones con ungulados

El método se basa en analizar mediante un SIG la localización y el resto de datos relativos a los accidentes ocasionados por colisiones con fauna silvestre (generalmente ungulados) para detectar así los tramos en los que se produce una concentración de los mismos, excediendo un umbral dado

Dirección General de Tráfico (Ministerio del Interior) a través de la información recopilada por los agentes de tráfico, lleva a cabo el registro de los accidentes en los que se han visto implicados animales silvestres en toda España, excepto Cataluña y el País Vasco (Avilés 2007). En Cataluña se creó en 2007 una base de datos que integraba todos los datos disponibles de este tipo de accidentes y que facilitaron el diagnóstico de 178 tramos de concentración de accidentes para los cuales se diseñaron medidas específicas para permeabilizar las vías y evitar que los jabalíes y otras especies implicadas irrumpieran en las calzadas (DPTOP-DMAH 2007).

La existencia de bases de datos que integren el registro sistemático de toda la información de los accidentes causados por fauna silvestre, aportada por diversas fuentes, es una premisa básica para caracterizar adecuadamente el problema y para diseñar medidas para resolverlo. Si se cuenta con estos datos, pueden aplicarse distintos métodos para identificar los tramos de concentración de accidentes causados por colisión con ungulados (véase por ejemplo la Ficha 18 del Documento 2, MARM 2008a, y la Ficha 18 del Documento 4 de esta serie, MARM 2010b).

Los animales de tamaño inferior a un jabalí o un corzo (*Capreolus capreolus*) raramente suelen verse involucrados en accidentes de tráfico y, por lo tanto, para ellos no son adecuadas las técnicas

UNGULADOS
 Límite CNIO: n = 20
 Tramo SPC: n = 70

— Límite del Parque Natural de Aiguamunt de l'Empordà
 — Reservas Naturales Integradas

Densidad de atropellos
 (Interpolated Kernel Density Estimation)

Alta
 Baja

51

descritas en el apartado anterior, que se basan en el registro de datos de accidentes. Para estos casos, se deben aplicar técnicas basadas en monitoreos específicos de atropellos de fauna o partir de datos aportados por el seguimiento que se realiza de determinadas especies. En ambos casos, de manera similar a como se ha descrito en el apartado anterior, se trata de identificar los tramos en los que se detecta una elevada concentración de atropellos para priorizar los que precisen una actuación más urgente y determinar las medidas idóneas a aplicar.

A diferencia de los seguimientos específicos anteriores, los monitoreos de atropellos de fauna no van dirigidos a una especie o grupo en concreto, sino que se basan en la realización de muestreos de tramos de infraestructuras seleccionados para detectar qué especies o grupos son más afectados por la presencia de estas vías y cuáles son los tramos en los que esta afectación muestra mayor intensidad. En muchas zonas se realizan inventarios específicos para el caso particular de los anfibios, un grupo taxonómico que presenta una alta mortalidad por atropello, especialmente para algunas especies y durante el período reproductor. En otras ocasiones, estudios promovidos o realizados

por los equipos gestores de espacios naturales protegidos monitorizan los atropellos de fauna para evaluar la incidencia de las infraestructuras existentes sobre la fauna del espacio. También se incorpora el monitoreo de atropellos de fauna al seguimiento ambiental de las infraestructuras en fase de explotación, aplicándose en este caso a nuevas infraestructuras –especialmente en autovías y líneas de ferrocarril de alta velocidad– para dar cumplimiento a las DIA emitidas en el procedimiento de evaluación de impacto ambiental. En estos seguimientos, normalmente el objetivo es evaluar la eficacia de las medidas aplicadas para evitar los atropellos, y, posteriormente, en caso de que los resultados no fueran satisfactorios, permiten definir medidas complementarias para corregir las deficiencias y eliminar los tramos de concentración de atropellos. Finalmente, los seguimientos de especies de especial interés de conservación, que suelen realizarse en el marco de trabajos específicos sobre las mismas, incluyen frecuentemente estudios sobre las causas de mortalidad que las afectan; se recoge información de todos los cadáveres que se localizan, lo cual permite evaluar qué proporción de las muertes detectadas se produce a causa de atropellos y en qué localizaciones concretas el problema se produce de manera reiterada.



Figura 4.11. En el caso del turón (*Mustela putorius*), la abundancia de presas en los márgenes de los taludes se ha revelado como un factor que contribuye a aumentar su riesgo de atropello. Fotos: Minuartia.

La metodología básica a utilizar para monitorizar la mortalidad de fauna por atropello (véase Ficha 15 del Documento 2 de esta serie, MARM 2008a) es la realización de campañas de muestreo a lo largo del ciclo anual en las cuales se realizan recorridos por toda la longitud de infraestructuras considerada para detectar el mayor número posible de cadáveres de animales en las mismas. Estos recorridos deben maximizar la probabilidad de detección de los restos de los animales, por lo que se recomienda que se realicen a pie (cuando sea posible), en bicicleta o en vehículo a motor circulando a velocidad máxima de unos 15 km/h. Esta metodología podrá ser adaptada en función del interés de la zona de estudio, del tipo de infraestructura estudiada (carretera, autovía/autopista, línea de ferrocarril) y de si existe un grupo de atención prioritaria (como en el caso de anfibios, en el que se puede adecuar el período de muestreo a la época de máxima movilidad de este grupo; véase Ficha 16 del documento citado).

Métodos basados en otras fuentes de información

Los métodos reseñados en los dos subapartados anteriores permiten identificar puntos negros de alto riesgo de mortalidad de fauna por atropello y de accidentes por colisiones con animales partiendo de datos con un grado de estandarización suficiente como para aplicar las metodologías descritas. Pero hay otras posibles fuentes de información, menos estandarizadas y formalizadas, que también pueden ser útiles para identificar puntos críticos en los que las infraestructuras afectan negativamente a las poblaciones de animales silvestres presentes en su entorno. Entre dichas fuentes de información figuran los trabajos de los equipos de mantenimiento de las infraestructuras, las actividades de entidades naturalistas o de voluntariado y los proyectos de seguimiento de fauna. La integración de estas fuentes de información es útil cuando se quiere detectar los tramos de las infraestructuras de transporte donde se concentran los atropellos, aunque, en estos casos, se debe considerar el sesgo que se produce cuando los datos se aportan sin tener en cuenta el esfuerzo de muestreo realizado en una determinada vía. Si no se tiene en cuenta este efecto pueden aparecer como puntos especialmente conflictivos aquellos tramos que cuentan con un mayor esfuerzo de muestreo y, por tanto, aportan mayor cantidad de datos de atropellos.

Para integrar este tipo de datos es necesario conseguir la colaboración de las distintas administraciones y entidades implicadas. A continuación se exponen brevemente las características de las tres fuentes de información consideradas en este apartado.

a) **Los equipos de mantenimiento de las infraestructuras** se encargan de retirar los animales muertos que encuentran en las calzadas de las carreteras y autovías/autopistas, por lo que un buen registro de estas actuaciones puede permitir identificar los tramos en los que se concentra una mayor mortalidad de fauna. Sin embargo, como el objetivo de estos equipos no es aportar datos cuantitativos para detectar puntos críticos de atropello sino limpiar la calzada o la plataforma de cadáveres, en general la recogida de datos se realiza de forma poco sistemática. Además, resulta difícil para el personal de mantenimiento identificar de manera fiable los cadáveres a nivel de especie, aunque esta situación puede mejorar con una formación básica del personal o con la colaboración en la identificación de personal experto de espacios naturales protegidos cercanos, de entidades conservacionistas de la zona, etc. En conjunto, y teniendo en mente las limitaciones expuestas, los datos aportados por los equipos de mantenimiento pueden ser útiles para detectar tramos de alta frecuencia de atropellos de animales silvestres de tamaño mediano o grande, pero no para las especies pequeñas que pasan desapercibidas y requieren un muestreo sistemático orientado a este objetivo (como serían los indicados en el apartado anterior).

b) En muchas partes del territorio, **entidades naturalistas o voluntarios** recogen datos sobre atropellos, por ejemplo de reptiles y anfibios. Dependiendo del grado de sistematización de estas observaciones, pueden aportar también información útil.

c) Por último, muchas especies disponen de **programas de seguimiento** de sus poblaciones, incluyendo tanto especies de alto interés de conservación (lince, oso, visón europeo, etc.) o especies cinegéticas (jabalí, corzo, etc.). Los objetivos del seguimiento pueden diferir según la especie, así como las herramientas que se utilizan en ellos. Por ejemplo, un seguimiento puede consistir en la mera recopilación de observaciones de la especie o se puede realizar un marcaje de individuos con radiotransmisores que proporciona información mucho más detallada de la distribución y de los desplazamientos de los individuos marcados.

Los seguimientos de fauna pueden aportar evidencias de que una determinada población está disminuyendo o reduciendo su área de ocupación debido a la presencia de una infraestructura de transporte, o bien de que en un determinado lugar se producen atropellos de manera reiterada. La detección de estos problemas es el primer paso

para afrontar una evaluación más detallada de la zona afectada. Mientras que en los casos indicados anteriormente el principal efecto considerado es la mortalidad por atropello, en este otro pueden estar actuando otros efectos no detectables a primera vista, como pueden ser, por ejemplo, el efecto barrera de la vía u otras perturbaciones

como las acústicas o visuales. La evaluación de las infraestructuras de transporte existentes en la zona de estudio (incluyendo el área de ocupación de la especie considerada y una franja alrededor de aquella) servirá para determinar el alcance concreto del problema y definir la mejor ubicación en la que aplicar medidas de desfragmentación.



5

Orientaciones para la selección de medidas de desfragmentación

1

Presentación

2

Conceptos
generales y
antecedentes

3

Marco legal y
orientaciones
para promover la
desfragmentación
de hábitats

4

Métodos para la
identificación de
zonas prioritarias
a desfragmentar

5

Orientaciones
para la selección
de medidas de
desfragmentación

6

Fichas
descriptivas de
actuaciones de
desfragmentación

7

Anexos

Como se ha expuesto en los capítulos anteriores, la desfragmentación de hábitats puede abordarse mediante múltiples tipos de actuaciones, en función de cuál sea el objetivo que se plantee alcanzar, y que, obviamente, guarda relación con el tipo de impacto que se pretenda mitigar (véase apartado 2.1.2).

La mayor parte de medidas para la desfragmentación de hábitats son aplicables también a la mitigación de efectos de las nuevas infraestructuras, y se han descrito detalladamente en las fichas del Documento 1 de esta misma serie: 'Prescripciones técnicas para el diseño de pasos de fauna y vallados perimetrales' (MMA 2006), que aporta prescripciones técnicas para el diseño de pasos de fauna y cerramientos perimetrales. Estas medidas se indican y describen brevemente en este capítulo, y se hace referencia a las fichas del documento mencionado para completar la información, así como a otras publicaciones en las que se aporten prescripciones detalladas sobre una determinada medida.

En la Tabla 5.1 se presenta un esquema resumido de la tipología de medidas a las que se puede recurrir y a continuación se comenta cada una de ellas.

5.1 Modificación de elementos de la vía o de la gestión del tráfico para reducir la mortalidad de fauna asociada a las infraestructuras

Objetivo

Reducir la mortalidad de fauna por atropello o por otras causas asociadas a las infraestructuras de transporte.

Aspectos generales

La mortalidad de fauna asociada a las infraestructuras tiene dos causas principales: el tráfico, que genera mortalidad por atropello (es el factor más relevante de mortalidad), y los elementos asociados a la infraestructura que pueden generar mortalidad por otras causas como colisión de aves con pantallas o la mortalidad de animales atrapa-

dos en elementos del sistema de drenaje (pozos, sifones, etc.). Además, algunos márgenes de las vías constituyen hábitats que concentran una alta densidad de determinadas especies como conejos (*Oryctolagus cuniculus*) o topillos, que atraen a su vez a predadores, siendo este también un factor a considerar, ya que aumenta el riesgo de mortalidad de rapaces o de especies de carnívoros amenazados.

Las actuaciones a aplicar consisten básicamente en la modificación de características de la infraestructura o de sus márgenes. En el caso de la reducción de la mortalidad por atropello, también puede tener un papel importante la gestión del tráfico.

La elección de la medida más adecuada para reducir este impacto requiere el diagnóstico previo de los tramos de concentración de mortalidad, así como de las especies afectadas, ya que las actuaciones a aplicar son distintas en función de cuáles sean los táxones que sean víctimas de atropello.

Actuaciones

I. Instalación de cerramiento perimetral

- El cerramiento permite evitar el acceso de los animales a la calzada y con ello reducir los atropellos. No obstante, para evitar que la instalación de esta medida comporte un aumento del efecto barrera, el vallado debe conducir a los animales hacia puntos de cruce seguros (túneles, viaductos, pasos ya existentes, etc.; véase apartado 5.2).

- El tipo de vallado a utilizar varía en función de cuáles sean las especies con riesgo de atropello y es aconsejable la consulta de las fichas indicadas en la Tabla 5.1 para obtener prescripciones técnicas detalladas. En líneas generales debe tenerse en cuenta que:

- Los anfibios requieren vallados específicos que los guíen hacia los pasos. Deben ser vallas opacas de un mínimo de 40 cm de altura, y es imprescindible que no queden espacios entre la valla y el suelo, y que exista

Tabla 5.1. Medidas aplicables a la desfragmentación de hábitats agrupadas en función de los distintos objetivos que persigue la actuación.

Tipo de actuación	Medidas	Documentos que incluyen prescripciones técnicas
Modificación de elementos de la vía o de la gestión del tráfico para reducir la mortalidad de fauna	I. Instalación de cerramiento perimetral. II. Gestión de la vegetación de los márgenes de las vías. III. Instalación de sistemas para alertar a los ungulados en su aproximación a una vía. IV. Instalación de señalización de advertencia para los usuarios de la vía. V. Reducción o modificación de las emisiones de luz. VI. Adaptación de elementos de la infraestructura para reducir la mortalidad de fauna. VII. Gestión del tráfico de una vía.	Doc. 1 ¹ : Fichas 11, 13 y 14 Doc. 1: Ficha 16 Doc. 1: Ficha 18 Doc. 1: Ficha 17 Limpens et al. (2005) ² Doc. 1: Fichas 19 y 20 Doc. 1: Ficha 17
Construcción o adaptación de estructuras para aumentar la permeabilidad de la vía al paso de fauna	I. Acondicionamiento de estructuras transversales ya existentes con el fin de adecuarlas para el paso de fauna. II. Construcción de nuevas estructuras específicas para la permeabilización de las vías.	Doc. 1: Fichas 3, 7, 9 y 12 Doc. 1: Fichas 2, 6, 8, 11 y 12
Construcción o adaptación de estructuras que permitan restablecer la continuidad de los hábitats entre ambos márgenes de la vía	I. Restablecimiento de la continuidad de hábitats mediante viaductos. II. Restablecimiento de la continuidad de hábitats mediante ecoductos.	Doc. 1: Ficha 5 y 12 Doc. 1: Ficha 1 y 12
Restauración de hábitats de conexión entre los sectores permeables de la vía y otros hábitats de interés de conservación o áreas naturales o seminaturales	I. Restauración de hábitats en terrenos próximos a los puntos permeables de las vías. II. Actuaciones de restauración de corredores ecológicos.	Doc. 1: Ficha 12 -
Medidas para reducir las perturbaciones generadas por la infraestructura y el tráfico y para evitar alteraciones en los ecosistemas de los márgenes de las vías	I. Instalación de pantallas acústicas. II. Construcción de caballones de tierra. III. Utilización de pavimentos absorbentes que atenúan el ruido. IV. Gestión de la iluminación de las vías.	- - - Molenaar et al. (2000) ³
Desmantelamiento de tramos de vía y restauración de los hábitats	I. Desmantelamiento de un tramo de vía y restauración de la superficie afectada.	-

¹ Doc. 1: 'Prescripciones técnicas para el diseño de pasos de fauna y vallados perimetrales' (MMA 2006).

² *Bats ant road construction.*

³ *Road illumination and nature III. Local influence of road lights on a black-tailed godwit (Limosa limosa) population.*

una estricta continuidad entre el final de las vallas y los accesos a los pasos.

- Los pequeños vertebrados requieren cerramientos reforzados con una malla de 2 x 2 cm de luz y de un mínimo de 60 cm de altura (para algunas especies deberá ser superior) y

enterrado 20 cm. Algunas especies tienen requerimientos específicos.

- El acceso de mamíferos de tamaño medio y de ungulados a las plataformas de circulación de vehículos puede evitarse con mallas de tipo cinético o de torsión, de un míni-



Figura 5.1. El tipo de vallado debe seleccionarse en función de las especies a las que va dirigida. Izquierda, estructura de hormigón para evitar el paso de anfibios; derecha, vallado para grandes mamíferos con refuerzo para pequeños vertebrados en la base. Fotos: Carme Rosell.

mo de 160 cm de altura y con 20 cm de la base enterrados. En caso de presencia de determinadas especies de cérvidos la altura debe ser superior y pueden aplicarse refuerzos especialmente diseñados para contener la entrada del jabalí.

- En tramos de vía especialmente conflictivos por la concentración de atropellos puede recurrirse a cerramientos discontinuos, pero debe prestarse particular atención en la aplicación de esta medida, ya que con frecuencia se produce un desplazamiento de los accidentes a los sectores coincidentes con el final del vallado. Para evitar este efecto es recomendable que el cerramiento conduzca a los animales a puntos de cruce seguros (viaductos, túneles o estructuras transversales adecuadas).
- En muchos casos en los que ya existe vallado, los atropellos se producen por una deficiente instalación o mantenimiento del mismo. La presencia de desperfectos, huecos entre la base del cerramiento y el terreno, o entre el final del vallado y los accesos a los pasos, pueden comportar una baja o nula utilización de los pasos de fauna asociados y un aumento de los atropellos en los puntos afectados.

II. Gestión de la vegetación de los márgenes de las vías

- En algunos tramos la concentración de atropellos de determinados táxones se asocia a la existencia de una densa cobertura de vegetación arbustiva y arbórea en los márgenes de las vías. Una adecuada gestión de la vegetación de los bordes de las plataformas de circulación puede contribuir en ciertos casos, a reducir la mortalidad de fauna.
- La pavimentación de cunetas permite crear una franja de seguridad inhóspita para la fauna que aleja a los animales de las zonas con alto riesgo de atropello.
- Para reducir el atropello de aves passeriformes es recomendable eliminar de los taludes y márgenes de vías las especies vegetales que ofrezcan alimento a estas aves (frutos, bayas, etc.) y las plantaciones arbustivas o arbóreas densas que les facilitan refugio atrayéndolos hacia zonas con alto riesgo de colisión con vehículos.
- Para reducir las colisiones con mamíferos de tamaño medio o grande es aconsejable realizar desbroces periódicos que permitan eliminar la



Figura 5.2. La pavimentación de las cunetas y los taludes con vegetación poco atractiva para los animales puede contribuir a reducir la mortalidad por atropello. Foto: Minuartia.

vegetación arbustiva densa y mantener la vegetación herbácea a baja altura. Con ello se consigue que los animales detecten con más facilidad la aproximación de los vehículos y se aumenta la visibilidad de los animales (especialmente cuando se trata de cérvidos o jabalí) por parte de los conductores.

- En tramos de concentración de accidentes causados por ungulados en zonas con alta densidad de las especies de este grupo, es aconsejable mantener una franja deforestada a ambos lados de la vía.

- En los casos en que se detecte una alta mortalidad de predadores de alto interés de conservación (lince ibérico, turón o algunas rapaces) que acuden a cazar a los márgenes de las vías en tramos que concentran altas densidades de micromamíferos o conejos, puede recurrirse a medidas drásticas como el recubrimiento de los taludes con encachados de piedra u otras superficies inhóspitas para la fauna. Con ello se evitará que los predadores acudan a estos ambientes con alto riesgo de mortalidad.

III. Instalación de sistemas para alertar a los ungulados en su aproximación a una vía

- Para evitar los accidentes causados por colisiones con cérvidos o jabalí se recurre en ocasiones a la aplicación de productos repulsivos para estas especies aunque la efectividad de este tipo de medidas es puesta en duda reiteradamente por los seguimientos realizados y, en todo caso, se ha demostrado que solo consiguen un efecto temporal.

- La instalación de repulsivos olfatorios para los ungulados en los bordes de las vías puede conseguir una reducción de las colisiones con vehículos ya que comporta una alerta de los animales que cruzan la vía con mayor precaución. No obstante, los seguimientos realizados han puesto de manifiesto que la medida pierde su efectividad a medida que transcurre el tiempo y de aplicaciones reiteradas, ya que los animales se habitúan a estos productos. Por ello este sistema solo es recomendable para casos muy puntuales.

- La efectividad de reflectores y de dispositivos acústicos no ha sido avalada por seguimientos. En el caso de los dispositivos acústicos, las pruebas realizadas en cérvidos en cautividad reflejan una habituación muy rápida a estos sonidos que al poco tiempo no causan ningún cambio en el comportamiento de los animales. En el caso de los reflectores no se dispone de resultados imparciales de seguimientos que

concluyan que su instalación consiga reducir el número de accidentes causados por colisión con ungulados y sí existen diversas publicaciones en sentido contrario.

IV. Instalación de señalización de advertencia a los usuarios de la vía

- Para evitar las colisiones con ungulados se recurre a la instalación de señalización convencional de advertencia de presencia de fauna salvaje, pero esta medida es poco efectiva, ya que la elevada frecuencia del uso de estas señales han comportado la habituación de muchos conductores que no reducen la velocidad de circulación cuando las observan, con lo cual no se consigue evitar las colisiones.

- Para reforzar la advertencia a los conductores de que se circula por un tramo conflictivo con alto riesgo de colisión con ungulados se pueden aplicar refuerzos de la señalización de advertencia convencional consistentes en:

- Aplicación de la señalización sobre grandes paneles llamativos.
- Instalación de señalización de advertencia reforzada con destellos luminosos.
- Aplicación de señalización horizontal con reiteración de la señal de alerta a lo largo del tramo conflictivo (o con aplicación de pavimentos diferenciales a lo largo de todo el tramo)

- Otro tipo de señalización más efectivo es el que asocia la advertencia a la detección de animales en los márgenes de las vías, es decir, advierte de un riesgo real y no potencial. En este caso se trata de señales destellantes luminosas que se activan cuando los sensores instalados en los bordes de las carreteras detectan la presencia de un animal de gran tamaño. Esta medida consiste en:

- La instalación de sensores térmicos o de movimiento que pueden detectar animales de un determinado volumen. Los dispositivos aplicados actualmente en algunos países pueden detectar animales del tamaño de un jabalí o mayores, que circulen en las proximidades de los márgenes de las carreteras.
- La instalación de señales de advertencia con iluminación destellante que se activan mediante los sensores y que deben ir precedidos por paneles informativos sobre el funcionamiento de la medida en los extremos de los tramos equipados con este tipo de señalización.



Figura 5.3. Señalización de advertencia en la que se ha instalado un sistema de sensor para la detección de fauna. Yellowstone National Park, Montana (USA). Foto: Marcel Huijser (WTI-MSU).

V. Reducción o modificación de las emisiones de luz

- Algunos tramos de concentración de mortalidad de murciélagos están asociados a la iluminación de las vías. Los puntos de luz pueden atraer insectos y estos, a su vez, a los murciélagos que acuden a capturarlos, pudiendo con ello aumentar el riesgo de mortalidad por atropello de estos animales de alto interés para la conservación. Además, la iluminación genera perturbaciones en especies o entornos muy sensibles y se ha constatado la afectación que produce la iluminación de carreteras a algunas especies de aves amenazadas, como la pardela cenicienta (*Calonectris diomedea*) (véase capítulo 6, Ficha 15) que sufren desorientación, pudiendo aumentar su riesgo de mortalidad.

- En entornos naturales que alberguen hábitats o especies de interés para la conserva-

ción que puedan resultar afectados por la iluminación es recomendable restringir la instalación de puntos de luz a los tramos en los que resulte indispensable por razones de seguridad vial.

- En los tramos que deban iluminarse y en los que se detecten concentración de atropellos se puede reducir la atracción de los animales mediante:

- Reducción de la intensidad de la luz y aplicando sistemas de iluminación que se muestren menos atractivos para los insectos.
- Sustitución de la iluminación en postes por sistemas de iluminación de baja intensidad en la plataforma.
- Modificación del tipo de lámpara y luminaria para evitar la dispersión de la luz hacia el entorno de la carretera.

VI. Adaptación de elementos de la infraestructura para reducir la mortalidad de fauna

- En ocasiones, durante el mantenimiento de las vías se detecta la existencia de elementos de la infraestructura que causan reiteradamente la muerte de animales como pueden ser pozos, sifones o escalones de salida de los drenajes en los cuáles caen animales que no consiguen salir de ellos. Otro efecto que se ha observado es la concentración de atropellos de pequeños vertebrados en tramos en los que los perímetros de las cunetas cuentan con bordillos de paredes verticales. La deficiente adecuación de drenajes para permitir el paso de mustélidos semiacuáticos también se ha revelado como una causa de mortalidad de especies de este grupo que se ven obligados a cruzar por las calzadas de las vías. Otro impacto, que en este caso causa mortalidad de aves, son las colisiones con pantallas transparentes instaladas en los bordes de las vías. Las medidas a aplicar en estos casos son tan diversas como los efectos observados.

- Los elementos de drenaje perimetral o transversal que causen mortalidad de fauna deben ser modificados de manera que cuenten con rampas que permitan la salida de los animales atrapados. Estas rampas se pueden construir con encachados o con hormigón, con acabados rugosos, y con una inclinación máxima de 45°.

- En los tramos en los que las cunetas cuentan con bordillos verticales y en los que se detecte concentración de atropellos de pequeños vertebrados (anfibios, reptiles e incluso se han detectado tramos de concentración de mortalidad de polluelos de ánade azulón *Anas platyrhynchos* por esta causa) deberá procederse a la eliminación de los bordillos o su sustitución por otros que cuenten con paredes inclinadas que no supongan un obstáculo insalvable para la pequeña fauna y les permitan el retorno al medio natural después de cruzar las calzadas.

- En vías de alta capacidad que cuentan con elementos separadores de hormigón en las medianas puede producirse una concentración de atropellos cuando los animales que han conseguido alcanzar el punto central de la vía ven impedido su avance y retroceden. Estos casos tienen difícil solución y la medida que se recomienda en ocasiones de practicar grandes aperturas en la base de la mediana puede suponer un riesgo para la seguridad vial, en caso de que un vehículo sin control alcance estos elementos. Una mejor opción es plantear, en el tramo de concentración de atropellos, la sustitución de los elementos de hormigón por otro tipo de barrera que permita la libre circulación de fauna debajo de la misma sin comprometer su efectividad por lo que a seguridad vial respecta.



Figura 5.4. Las pantallas acústicas transparentes son una trampa para las aves que pueden impactar con ellas debido a su reducida visibilidad. Foto: Minuartia.

- En puntos en los que se produzca atropello reiterado de especies como la nutria o el visón europeo, mustélidos semiacuáticos de alto interés de conservación, debe verificarse si existen en las proximidades del punto conflictivo drenajes completamente inundados. En este caso, puede reducirse la probabilidad de que estos animales crucen por la calzada instalando en ambos lados del drenaje banquetas laterales situadas por encima del nivel máximo habitual de las aguas. Estas banquetas –que pueden ser de madera o de hormigón– deben mantener su continuidad con los sectores con vegetación que bordean los cursos de agua por los que acostumbran a desplazarse estos carnívoros.

- En el caso de pantallas transparentes en los que se detecte mortalidad reiterada de aves por colisión de aves (efecto que es especialmente probable en pantallas instaladas sobre estructuras que cruzan acequias, canales o cursos fluviales) el problema puede solventarse con la aplicación de adhesivos de franjas verticales claras que consiguen que las pantallas sean más visibles para las aves, especialmente durante el orto y el crepúsculo, momentos en los que las aves intensifican sus desplazamientos. La aplicación de adhesivos con siluetas de rapaces se ha revelado una medida poco efectiva.

VII. Gestión del tráfico de una vía

- Las actuaciones destinadas a reducir (o restringir completamente) la intensidad de tráfico en un determinado tramo de vía se justifican solo en casos extremos en los que la mortalidad de fauna causada por una determinada vía suponga un grave impacto para especies amenazadas y que no pueda ser evitada mediante la aplicación de otras medidas. Es más habitual en cambio, recurrir a actuaciones destinadas a forzar una drástica reducción de la velocidad de circulación de los vehículos en algún tramo particularmente conflictivo que comporte mortalidad de especies amenazadas.

- La restricción temporal del tráfico rodado en una vía puede justificarse cuando la circulación de vehículos, y la perturbación humana que comporta, pueda alterar el comportamiento de especies en peligro de extinción como es el caso de las vías que cruzan el área de cría del oso pardo en zonas del Cantábrico que se cierran al tráfico en los períodos de máxima sensibilidad de la especie. También puede aplicarse el cierre temporal de tramos de carreteras que cuentan con otras alternativas de circulación en casos en los que una elevada mortalidad de fauna se concentra en un corto período de

tiempo, como puede ser el caso de vías que cruzan las rutas de migraciones reproductivas de anfibios.

- En otros casos la elevada mortalidad detectada en un determinado tramo puede conseguirse reduciendo la velocidad de circulación. Este objetivo puede alcanzarse aplicando distintas medidas (combinadas en todo caso con la señalización de advertencia; véase punto IV de este apartado):

- Modificación del firme para alertar a los usuarios que se encuentran en un tramo conflictivo (pavimento rugoso o con pigmentación diferenciada).
- Forzar la reducción de velocidad mediante bandas rugosas (aunque estas aumentan la contaminación acústica generada por la infraestructura; véase apartado 5.5) o mediante otras técnicas como los badenes que se endurecen y generan un obstáculo solo cuando el vehículo supera una determinada velocidad.
- Realización de controles de velocidad por radar.

5.2 Construcción o adaptación de estructuras que aumenten la permeabilidad de la vía al paso de fauna

Objetivo

Facilitar puntos por los cuales la fauna terrestre pueda cruzar las vías sin riesgo de mortalidad. Con ello se permite que algunos individuos amplíen sus áreas de campeo y se desplacen entre los distintos sectores en los que puedan obtener los recursos necesarios para su supervivencia, y también se facilita la dispersión o la migración de individuos entre distintos núcleos poblacionales de una determinada especie.

Aspectos generales

Las medidas para reducir el efecto barrera de las vías son el tipo de actuación más aplicado en el ámbito de la desfragmentación de hábitats afectados por infraestructuras y, son numerosas ya las prácticas ejecutadas o en proyecto en España (véase capítulo 6).

Cuando se abordan este tipo de actuaciones, un paso previo indispensable es el diagnóstico de la permeabilidad de la vía sobre la que se pretende actuar y para ello debe realizarse una evaluación de la situación de partida determinando cuáles

son las especies o táxones de referencia a los que irán destinadas las actuaciones y cuáles son las estructuras de paso ya disponibles en función de los requerimientos de cada especie o taxon. A continuación deberá determinarse si la densidad de pasos y la distancia entre ellos es suficiente (véase apartado 3.4 del Documento 1 de esta serie, MMA 2006), o es necesario aumentarla, y se identificarán los puntos más adecuados para construir nuevas estructuras o para adecuar las existentes para facilitar su uso por parte de la fauna. Cabe destacar que la correcta elección de la ubicación de las estructuras es indispensable para garantizar su efectividad.

Para conseguir que estas estructuras sean funcionales como pasos de fauna se requerirá en muchos casos la instalación de un cerramiento perimetral adecuado a los táxones de referencia (véase punto I en el apartado 5.1). En otras ocasiones la conducción de los animales hacia los pasos puede facilitarse con un adecuado tratamiento de las revegetaciones y su correcta conexión con los hábitats o los corredores ecológicos por los que se desplaza la fauna. Otro aspecto a tener en cuenta es el mantenimiento de las estructuras, ya que la falta de tareas adecuadas de conservación de los pasos de fauna y sus accesos puede conducir a la pérdida de su efectividad.

Actuaciones

I. Acondicionamiento de estructuras transversales ya existentes con el fin de adecuarlas para el paso de fauna

- Las infraestructuras de transporte disponen de un elevado número de estructuras transversales diseñadas para distintos usos (drenaje, cruce de caminos y vías pecuarias, etc.) que algunas especies de fauna utilizan como pasos para cruzar la vía y cuyo uso se puede incentivar con ligeras modificaciones de las estructuras o de sus accesos. La compatibilidad del paso de fauna con otros usos es posible en gran medida, aunque requiere un óptimo diseño de los acondicionamientos de las estructuras; los pasos multifuncionales constituirán en muchos casos las alternativas que presentarán un mejor balance coste-beneficio.

- Las **prescripciones para adaptar las estructuras de drenaje** y facilitar el paso de fauna terrestre se encuentran ampliamente descritas en la Ficha 9 del Documento 1 de esta serie (MMA 2006), así como la adaptación de drenajes para facilitar el paso de fauna acuática (véase Ficha 10 en el mismo documento). Para facilitar el paso de fauna terrestre, y en particular, de pequeños y medianos vertebrados (reptiles,

micromamíferos, lagomorfos y carnívoros) las principales adaptaciones consisten en:

- Construcción de banquetas laterales en los drenajes que presenten inundación permanente (cruce de acequias o canales) o frecuente, de manera que se mantengan franjas secas situadas por encima del nivel del agua. Los accesos a las banquetas deberán mantener continuidad con los hábitats del entorno.

- Eliminación de obstáculos para los animales en las embocaduras de los pasos. La presencia de socavaciones, escalones o grandes bajantes escalonados pueden sustituirse por encachados de piedra que faciliten el paso de fauna.

- Restauración y revegetación de los accesos de las estructuras de manera que se conecte adecuadamente con la vegetación del entorno y que faciliten la conducción de los animales hacia la entrada al paso (véase Ficha 12 de MMA 2006).

- Los drenajes atravesados por cursos fluviales y contruidos mediante grandes estructuras como bóvedas o puentes son muy adecuados para su adaptación al paso de fauna ya que también son utilizados por mamíferos de gran tamaño –incluso cérvidos–, y por otros grupos como los murciélagos que vuelan a través de ellos. Los acondicionamientos de los accesos deben seguir las mismas pautas ya indicadas, y en este caso, será muy importante el acondicionamiento de la base de la estructura que preferentemente será de sustrato natural, con la parte central más deprimida y concentrando el paso del agua, mientras que las dos franjas laterales se mantendrán secas y se revegetarán en los sectores próximos a los accesos donde la luz y el agua permitan el crecimiento de vegetación (véase Ficha 7 de MMA 2006).

- Las **prescripciones para facilitar el paso de fauna a través de los pasos inferiores o superiores a las vías destinados a la restitución de caminos y vías pecuarias** se describen en las Fichas 3 y 7 del Documento 1 de esta serie (MMA 2006). En general, las adaptaciones consisten en:

- Acondicionamiento de las franjas laterales de las estructuras en una anchura mínima de 1 m que se mantendrán con sustrato natural, y si se trata de pasos superiores, se revegetarán con las especies herbáceas o arbustivas presentes en las comunidades vegetales del entorno y capaces de crecer en las condiciones que se dan en la superficie del paso, que pueden ser de alta insolación y aridez. En caso de cruce de caminos, no es necesario separar las bandas laterales revegetadas de la parte central por la que circulan vehículos mediante barreras o bordillos.



Figura 5.5. Los pasos superiores pueden acondicionarse para facilitar el paso de fauna adecuando márgenes con cobertura vegetal y con apantallamientos para evitar las perturbaciones generadas por el tráfico. Fotos: Minuartia.

- En los pasos superiores es aconsejable la instalación de pantallas opacas en los laterales de la estructura para atenuar las perturbaciones generadas por el tráfico de vehículos.
- En los pasos inferiores ubicados bajo vías con elevada intensidad de tráfico, también es aconsejable instalar pantallas opacas, en este caso en el borde de la vía, en el tramo situado sobre el paso inferior. Con ello se consigue reducir las perturbaciones generadas en los accesos del paso por el ruido y la luz (cabe recordar que la mayor parte de especies de mamíferos son más activos al atardecer y durante la noche) de los vehículos que circulan por la vía.
- La restauración y revegetación de los accesos de las estructuras como en todos los casos requiere una particular atención (véase Ficha 12 de MMA 2006).

- Cabe destacar que no es aconsejable la adaptación al paso de fauna de estructuras por las que discurren carreteras con una alta intensidad de tráfico.

II. Construcción de nuevas estructuras específicas para la permeabilización de las vías

- La construcción de pasos específicos para la fauna se justificará en aquellos casos en los que en los que se detecte que el efecto barrera de una infraestructura viaria pueda suponer una amenaza para la conservación de poblaciones de especies amenazadas y en aquellos tramos de vías en los que no existan estructuras transversales susceptibles de ser adaptadas como pasos para la fauna objetivo de la actuación.
- Las **prescripciones para la construcción de pasos específicos para la fauna** se describen con detalle en la Fichas 2 y 6 del Documento 1 de esta serie (MMA 2006). Cabe destacar que la

elección del tipo de paso específico más adecuado vendrá determinado por:

- Las especies a las que va destinada la actuación y las características de sus hábitats.
- La sección transversal de la infraestructura y características topográficas de la zona.

En función de estos aspectos podrá optarse por pasos inferiores o superiores a las vías. Una diferencia importante entre estos dos tipos de estructuras es que las estructuras situadas bajo las vías no permiten una conexión completa de la cobertura vegetal ya que en los sectores centrales del paso no hay suficiente luz y humedad para permitir el crecimiento de vegetación. Aunque la ausencia de un corredor continuo de vegetación en el interior del paso no supone un obstáculo para el uso de la estructura por la mayor parte de especies de medianos y grandes mamíferos (y tampoco de las especies de micro-mamíferos más antropófilos), si es aconsejable contar con un corredor de vegetación para facilitar el uso de los pasos por parte de pequeños invertebrados (y algunos vertebrados), más dependientes de las características de los micro-hábitats. La penetración de estos táxones en el interior de la estructura puede incentivarse con la disposición de hileras de tocones de árboles, de piedras u otros elementos que faciliten refugios a los pequeños animales.

Se desaconseja la construcción de los llamados lucernarios, consistentes en aperturas para facilitar la entrada de luz que se realizan en el centro de las estructuras, en el sector de las medianas de las vías. Ello es debido a que, en función de cuál sea la disposición de las plataformas de circulación y de las características de la apertura, pueden causar una notable perturbación del paso por el aumento del ruido en su interior.



Figura 5.6. Paso inferior específico construido aprovechando el proyecto de mejora de una carretera. Foto: Minuartia.

5.3 Construcción o adaptación de estructuras que permitan restablecer la continuidad de los hábitats entre ambos márgenes de la vía

Objetivo

Restaurar la continuidad física de los hábitats entre ambos lados de la infraestructura, garantizando así la permeabilidad de la vía para todo tipo de organismos asociados a estos hábitats.

Aspectos generales

La principal diferencia de estas estructuras con los pasos de fauna descritos en el apartado anterior radica en que, en este caso, las estructuras deben permitir el restablecimiento de la continuidad de las comunidades vegetales de los hábitats del entorno, ya que no se trata únicamente de permitir el paso de determinadas especies de fauna, sino de conectar los hábitats y toda la riqueza de organismos que albergan.

La restauración de la conexión entre estas teselas de hábitat requiere grandes estructuras que permitan restablecer la continuidad de la cobertura vegetal. Ello puede conseguirse mediante viaductos adaptados que permiten restablecer la conexión de hábitats bajo las plataformas de circulación, o mediante ecoductos construidos sobre las vías.

Cabe destacar que la actuación que mejor garantiza la consecución de este objetivo son los túneles

perforados, si bien estos no pueden contemplarse en el marco de las actuaciones de desfragmentación, ya que solo son aplicables en nuevas vías.

Actuaciones

I. Restablecimiento de la continuidad de hábitats mediante viaductos

- En caso de que se deban desfragmentar hábitats en un tramo de vía que discorra sobre terraplén, será necesario proceder a la sustitución de este por un viaducto. Esta es una medida técnicamente viable y relativamente sencilla, aunque tiene un alto coste, por lo que debe reservarse para garantizar la conexión de hábitats estratégicos.
- Se trata de la mejor opción para reconectar corredores fluviales encauzados a través de pequeños drenajes, ya que muchos de estos cursos tienen una importancia estratégica para la conectividad ecológica. También es una solución óptima cuando se trata de restablecer la conexión entre hábitats de humedales.
- En el caso de restaurar la conexión en un corredor fluvial, el viaducto deberá restituir no solo la continuidad del lecho y de los hábitats acuáticos, sino también la de los hábitats riparios de los márgenes del curso.
- Esta medida puede contemplarse también para la desfragmentación de zonas en terreno llano, aunque en este caso requieren una ele-



Figura 5.7. Con la construcción de la LAV junto a la línea de ferrocarril convencional fue posible la sustitución de una pequeña bóveda localizada en un corredor ecológico (izquierda) por un paso de fauna de grandes dimensiones bajo ambas infraestructuras (derecha). Fotos: Minuartia.

vacación de la rasante de la vía y ello conlleva costes significativos y además puede generar un impacto paisajístico importante.

II. Restablecimiento de la continuidad de hábitats mediante ecoductos

- Los ecoductos son especialmente adecuados para desfragmentar hábitats cuando la infraestructura discurre por tramos en trinchera en terrenos montañosos y también en terrenos llanos. Pueden construirse con tipologías constructivas variadas, aunque es habitual construirlos mediante túneles artificiales.

- La elección de una tipología u otra condicionará las posibilidades posteriores de acondicionamiento de la parte superior del paso. Algunos aspectos a considerar son si se podrá restaurar únicamente la vegetación herbácea y arbustiva o si también será necesario restaurar la cubierta arbórea; si únicamente se dispondrá una superficie llana o si es posible modelar el terreno de manera que se consiga una heterogeneidad de hábitats; etc.

- Los ecoductos contruidos sobre túneles artificiales son una óptima solución cuando la intervención deba realizarse en tramos en los que la vía discurre entre trincheras ya que estas estructuras permiten incorporar gran cantidad de excedentes de excavación y evitan con ello la necesidad de trasladarlos a vertederos. Por ello, es una opción a considerar en los proyectos de ampliación de vías en funcionamiento que generen una cantidad importante de materiales excedentes. En este caso, el ecoducto permitirá reducir los costes de traslado de estos materiales, así como el impacto ambiental asociado a los vertederos.

- La colaboración de los expertos en ecología y los ingenieros responsables del proyecto es indispensable desde el momento inicial de los trabajos para conseguir estructuras que realmente permitan restablecer la continuidad de los hábitats fragmentados y que a la vez generen otro tipo de beneficios, económicos y ambientales.

5.4 Restauración de hábitats de conexión entre los sectores permeables de la vía y otros hábitats de interés de conservación o áreas naturales o seminaturales

Objetivo

Conectar adecuadamente los puntos permeables de las vías (pasos de fauna, ecoductos, viaductos, etc.) con los hábitats naturales de interés y garantizar la conservación de la conectividad a través de la matriz territorial. Este tipo de medidas requieren actuar más allá del dominio público de las vías y restaurar hábitats en territorios que pueden encontrarse relativamente alejados de las infraestructuras.

Aspectos generales

Las infraestructuras se encuentran inmersas en una matriz territorial en la que se han inducido cambios en la configuración y distribución de los fragmentos de hábitats, en los desplazamientos de organismos y en otros flujos biológicos. Las barreras en estos flujos afectan notablemente a la conectividad ecológica del conjunto de la matriz territorial y a la conservación de los hábitats naturales y las especies.

Mediante las estructuras de permeabilización de las vías y de conexión entre los hábitats de ambos márgenes (véase apartado 5.3) se facilita la desfragmentación en un ámbito local, en la intersección con la propia infraestructura. No obstante, para que la medida sea realmente efectiva, se debe garantizar que estos puntos permeables de la vía se integran adecuadamente en la matriz territorial y en su entramado de hábitats y que conecta con ellos.

Actuaciones

I. Restauración de hábitats en terrenos próximos a los puntos permeables de las vías

- Más allá de las actuaciones de revegetación en los accesos de las estructuras de permeabilización, ampliamente descritas en la Ficha 12 del Documento 1 de esta serie (MMA 2006), estas actuaciones requieren una restauración de hábitats para conectar las embocaduras de las estructuras con los hábitats naturales del entorno y especialmente con aquellos de especial significación por lo que respecta a la conectividad ecológica.

- Esta actuación requiere el diagnóstico previo de cuáles son los hábitats clave para la conservación de táxones amenazados o de interés comunitario, y del análisis de su distribución en el territorio, así como de los puntos de las vías en los que existen estructuras permeables al paso de fauna o que den continuidad a los hábitats (ecoductos, túneles y viaductos). Posteriormente se deben identificar en qué lugares se ha producido una desconexión entre los puntos permeables de la vía y las teselas de hábitats adecuados. Una vez identificados los hábitats a conectar y los sectores en los que deben llevarse a cabo las actuaciones, deben establecerse los mecanismos legales necesarios para permitir la restauración de los hábitats en estos sectores del territorio, con frecuencia alejados de las vías. La expropiación o compra de terrenos será uno de los mayores escollos a superar, aunque también puede recurrirse a fórmulas de acuerdos de custodia del territorio que fomenten la cooperación de los propietarios, colectivos locales y organizaciones de conservación de la naturaleza.

- Para realizar estas actuaciones de restauración en todo momento se deberán utilizar especies autóctonas y características de las comunidades vegetales de los hábitats a restaurar, a ser posible partiendo de ejemplares o bancos de semillas locales y cumpliendo en cualquier caso, la normativa vigente al respecto.

II. Actuaciones de restauración de corredores ecológicos

- Este tipo de intervenciones comportan, como en el caso anterior, la ejecución de actuaciones de restauración en terrenos alejados de las vías y son aplicables todas las observaciones realizadas para el caso del restablecimiento de continuidad entre los puntos permeables de las vías y los hábitats naturales. No obstante, la identificación de los sectores en los que se aplicará esta medida requiere un análisis más global de la conectividad en un territorio más extenso que permita identificar los sectores críticos en los que existen conflictos de conservación de la biodiversidad generados por la fragmentación de hábitats (véanse orientaciones sobre los métodos a aplicar en los apartados 4.3 y 4.4).

- El restablecimiento de corredores ecológicos es particularmente aplicable en los casos en los que se restauren corredores entre los espacios protegidos integrados en la Red Natura 2000 y, en general, entre aquellos espacios naturales de singular relevancia para la biodiversidad, ya que en estos casos las actuaciones cuentan con el apoyo normativo de la Ley 42/2007 del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad (véase Anexo II).

- Estas actuaciones pueden contemplarse en el marco de las medidas compensatorias de nuevos proyectos de infraestructuras o de intervenciones urbanísticas que planteen transformaciones de usos en áreas fuertemente afectadas por la fragmentación de hábitats causada por vías de transporte en funcionamiento.

5.5 Medidas para reducir las perturbaciones generadas por la infraestructura y el tráfico y para evitar alteraciones en los ecosistemas de los márgenes de las vías

Objetivo

Reducir la alteración de los hábitats del entorno de la vía generada por diversos factores asociados al tráfico o a elementos de las infraestructuras, como la iluminación de las vías u otros aspectos.

Aspectos generales

Entre los impactos generados por las infraestructuras de transporte existe un grupo de efectos integrados bajo la denominación de efectos de borde, que se manifiestan en el entorno más pró-

ximo a las infraestructuras pero más allá de sus propios márgenes. Estos efectos incluyen aspectos como la difusión de contaminantes, el ruido, la contaminación lumínica o el aumento de la frecuentación antrópica en las zonas adyacentes a vías que permitan el acceso al entorno de las mismas.

La mitigación de algunos de estos efectos puede ser alcanzada con medidas más generales como puede ser la gestión del tráfico (véase apartado 5.1), o la reducción de las emisiones contaminantes de los vehículos, cuestiones que superan el ámbito de esta publicación. No obstante, también puede recurrirse a la aplicación de determinadas medidas en los márgenes de las vías que permitan reducir los efectos de la contaminación, el ruido o la iluminación en los hábitats de los márgenes de las vías.

Actuaciones

I. Instalación de pantallas acústicas

- La contaminación acústica que genera una infraestructura sobre los hábitats más cercanos se ha revelado como un factor que afecta negativamente a algunos táxones especialmente vulnerables, como las aves durante el período de nidificación. Por ello, deberán plantearse medidas para reducir el ruido cuando se detecte una reducción significativa de la presencia de aves en zonas próximas a vías en funcionamiento que alberguen hábitats de

interés para las aves (particularmente en Zonas de Especial Protección para las Aves –ZEPA– y Áreas Importantes para las Aves –IBA–).

- Para mitigar este impacto, puede recurrirse a la instalación de pantallas acústicas. La colocación de las mismas debe ejecutarse en los tramos en los que se ha identificado el impacto. En la instalación de estas pantallas, no obstante, debe ponerse especial atención para que no se intensifiquen otros efectos adversos, como puede ser la aparición de un punto de mortalidad de aves por colisión con las mismas (véase apartado 5.1).

- Otra medida aplicable para la reducción de la perturbación generada por el ruido es la construcción de caballones de tierras que se describen en el punto siguiente.

II. Construcción de caballones de tierra

- La construcción de caballones de tierra en los márgenes de las vías permiten evitar que la infraestructura y el tráfico sean visibles desde los entornos próximos a las infraestructuras y, por ello, consiguen reducir diversos impactos asociados a la visión de los vehículos. Se aplican también para reducir la contaminación acústica de las infraestructuras.
- Los caballones deben tener una altura suficiente para reducir la visión de los vehí-



Figura 5.8. Los caballones de tierra en los márgenes de infraestructuras reducen los impactos generados por estas sobre los hábitats naturales del entorno. Foto: Minuartia.

culos y su longitud debe extenderse por todos los márgenes de las vías cuando estas crucen los hábitats en los que se hayan detectado conflictos de reducción de la presencia de fauna atribuibles a los impactos de la infraestructura.

- Es una medida a considerar particularmente en los proyectos de ampliación de vías. Requiere la disponibilidad de una franja de terreno relativamente extensa en los márgenes de la infraestructura pero, como se ha comentado en el caso de los ecoductos sobre túneles artificiales, permite la absorción de excedentes de excavación y, en ocasiones, puede facilitar la consecución de un mejor balance de los movimientos de tierra que requiere la ampliación de la vía.

III. Utilización de pavimentos absorbentes que atenúan el ruido

- El cambio del pavimento es otra medida a considerar en tramos en los que se detecte una importante afectación por el ruido generado en la vía en los hábitats de especial sensibilidad.
- Gran parte de la contaminación acústica generada en las carreteras se produce por el rozamiento de los neumáticos de los vehículos con el pavimento. La aplicación de pavimentos absorbentes que reducen el ruido de rodadura permite reducir también los niveles de ruido en los hábitats del entorno de las vías y preservar así la calidad sonora de estos.

IV. Gestión de la iluminación de las vías

- Este aspecto ya ha sido comentado en el apartado relativo a la reducción de mortalidad (véase apartado 5.1, punto V.) por lo cual en este apartado únicamente se refleja su aplicación en el contexto de la mitigación de la perturbación generada en los hábitats por la iluminación de tramos de vía.
- Como se ha indicado, en entornos particularmente sensibles debe evitarse la iluminación de las vías aplicándola únicamente cuando su uso venga establecido por la normativa de seguridad vial. En estos casos, deberá prestarse especial atención a los puntos de luz seleccionando tipos de lámparas no atractivas para los insectos y con luminarias orientadas solo a la plataforma y que no dispersen luz hacia el entorno.
- La reducción de los efectos de la iluminación de los vehículos, en casos en los que se

considere necesaria esta medida puede conseguirse mediante la instalación de apantallamientos o de caballones en los bordes de las vías.

5.6 Desmantelamiento de tramos de vía y restauración de los hábitats

Objetivo

Eliminar todos los efectos de la fragmentación de hábitats generados por un determinado tramo de la infraestructura y restaurar los terrenos afectados.

Aspectos generales

Esta medida, la única que permite la eliminación de los impactos causados por una infraestructura, puede verse justificada en el caso de que un tramo de una infraestructura viaria genere impactos críticos para un taxón en peligro de extinción. Puede plantearse en los casos en los que el tramo cuente con una vía alternativa o cuando sea posible construir una alternativa de trazado. Esto es particularmente viable en el marco de los proyectos de mejora o ampliación de la infraestructura.

Actuación

I. Desmantelamiento de un tramo de vía y restauración de la superficie afectada

- El desmantelamiento de la vía existente es el primer paso y debe realizarse de acuerdo con la aplicación de la normativa vigente, y trasladando los materiales extraídos a centros de tratamiento adecuados.
- El proyecto de restauración de la superficie deberá establecerse a partir del diagnóstico de la situación de los hábitats del entorno. Aunque con carácter genérico se recomienda la restitución de los hábitats originales, ello no siempre será la opción más adecuada. Por ejemplo, en zonas en las que la cubierta forestal se ha expandido comportando la pérdida de hábitats abiertos, como las comunidades de pastos, la opción inicial de restaurar el bosque original puede no ser la mejor alternativa. En estos casos cabe considerar la conveniencia de restaurar hábitats que pueden tener un mayor interés para la conservación de la diversidad y, en particular, de taxones o hábitats amenazados o de interés comunitario, como pueden ser determinadas comunidades herbáceas que,

además, pueden ser de utilidad para prevenir la expansión de incendios forestales.

- El mantenimiento de las superficies restauradas requiere una particular atención, como se ha comentado ya para el caso de la restauración de corredores ecológicos (véase apartado 5.4). Ello debe tenerse en consideración tam-

bién, en relación con el tipo de hábitats que se pretenda restaurar; así, si la recuperación de bosque autóctono puede requerir intervenciones solo durante los primeros años, el mantenimiento de sistemas abiertos de pastos, requerirá de acuerdos con otros agentes que realicen, por ejemplo, labores periódicas de pastoreo del sector.

1

Presentación

2

Conceptos
generales y
antecedentes

3

Marco legal y
orientaciones
para promover la
desfragmentación
de hábitats

4

Métodos para la
identificación de
zonas prioritarias
a desfragmentar

5

Orientaciones
para la selección
de medidas de
desfragmentación

6

Fichas
descriptivas de
actuaciones de
desfragmentación

7

Anexos

En este apartado se reúne la información sobre una selección de experiencias pioneras en el diseño y ejecución de medidas de desfragmentación de hábitats desarrolladas en el Estado español. Aunque no se trata de una revisión exhaustiva son una muestra de la diversidad de ámbitos desde los que puede abordarse la desfragmentación.

La información básica sobre cada caso se ha incorporado en una ficha en la que se comenta cómo se ha desarrollado el proceso, el método que ha permitido identificar el conflicto, las medidas concretas que se han aplicado, así como otros aspectos como las organizaciones implicadas o la procedencia de los fondos que han permitido realizar la actuación. Con todo ello se pretende, no solo reflejar la diversidad de mecanismos que pueden conducir a desfragmentar una zona, sino reflejar la intensa cooperación entre administraciones ambientales y de transporte que se requiere para llevar a cabo este tipo de medidas y, también, aportar ideas que estimulen la aplicación de medidas semejantes en otras muchas zonas que puedan requerir este tipo de actuaciones.

En cada una de las fichas se ha destacado el objetivo principal que se pretende alcanzar con la actuación, aunque cabe destacar que no son excluyentes entre sí, sino que con frecuencia una actuación contribuye a alcanzar más de un objetivo. Los objetivos que se han diferenciado concuerdan con los enunciados en el apartado 2.1 y

se ha añadido también como objetivo el diagnóstico aplicado para identificar las zonas prioritarias a desfragmentar, que se concreta en algunos ejemplos para los cuales esta tarea ha tenido particular relevancia. Concretamente los objetivos son:

- Identificar las zonas prioritarias a desfragmentar.
- Reducir la mortalidad de fauna y los accidentes causados por fauna silvestre.
- Reducir el efecto barrera de las infraestructuras en funcionamiento facilitando el paso de fauna.
- Restablecer la continuidad física entre los fragmentos de hábitats seccionados por las infraestructuras.
- Restablecer la conectividad ecológica entre hábitats o áreas de especial interés de conservación.
- Mitigar las perturbaciones que afectan a la composición y calidad de los hábitats de los márgenes.
- Eliminar el conjunto de impactos de la vía.

Seguidamente se presentan las fichas descriptivas de las actuaciones de desfragmentación de hábitats que se resumen en la Tabla 6.1.

Tabla 6.1. Actuaciones de desfragmentación ejecutadas o en proyecto en el Estado español.

Ficha	Actuación	Objetivo ¹	Año de ejecución
1	Delimitación de la Red de Corredores Ecológicos en el País Vasco y propuesta de actuaciones de desfragmentación	● ● ● ●	2005
2	Identificación de tramos de concentración de accidentes causados por ungulados en las carreteras de Cataluña y propuesta de actuaciones para reducir el conflicto	● ● ● ●	2007 (actualizado en 2012)
3	Identificación de tramos de concentración de atropellos de fauna en el entorno del Parque Natural de la Albufera (Valencia) y propuestas para reducir la mortalidad	● ● ●	2008
4	Evaluación de proyectos de ampliación de carreteras y propuestas para aumentar su permeabilidad en el entorno del Espacio Natural Protegido de Les Gavarres (Girona)	● ● ● ●	2005
5	Medidas aplicadas en vías asfaltadas para la conservación del lince ibérico en las comarcas de Doñana-Aljarafe y del Condado (Sevilla y Huelva)	● ● ●	1994-2011
6	Construcción de pasos para el lince ibérico en las carreteras del Espacio Natural de Doñana y su entorno (Sevilla y Huelva)	● ● ●	2010-2011
7	Medidas para reducir la mortalidad de lince ibérico y de anfibios en la vía forestal HF-6248 del entorno del Espacio Natural de Doñana (Huelva)	● ●	2001-2002
8	Adecuación de pasos de fauna para restablecer la conectividad de los corredores fluviales para el visón europeo en las carreteras de Navarra	● ●	2007
9	Adecuación de un paso inferior para el visón europeo y la nutria en la intersección entre la carretera NA-134 y el río Longar (Navarra)	● ●	2009
10	Propuesta de actuaciones para reducir la mortalidad de visón europeo por atropello en las carreteras de La Rioja	● ● ●	2008
11	Construcción de pasos de fauna para mejorar la permeabilidad de la carretera C-260 a su paso por la Reserva Natural Integral Els Estanys (Girona)	● ●	1998 - 2000
12	Adecuación de pasos de fauna para pequeños vertebrados en carreteras que interceptan el Corredor Ecológico de Sakana (Navarra)	● ●	2008
13	Construcción de un ecoducto para la mejora de la permeabilidad de la carretera C-25 a su paso por Santa Maria d'Oló (Barcelona)	● ● ● ●	2012

Ficha	Actuación	Objetivo ¹	Año de ejecución
14	Construcción de un viaducto en una carretera del Parque Natural de Els Aiguamolls de l'Empordà (Girona) para restablecer la continuidad del corredor fluvial de la Mugueta	● ● ●	2008-2009
15	Reducción de los efectos de la contaminación lumínica sobre la pardela cenicienta en la autopista TF-1 (Santa Cruz de Tenerife)	●	2008-2009
16	Desmantelamiento de un tramo de carretera para restaurar la conectividad entre núcleos de población de oso cantábrico en la construcción del túnel de Rañadoiro (Asturias)	● ●	2007-2009

¹ Objetivos más relevantes de las actuaciones (véase apartado 2.1):

- Identificar las zonas prioritarias a desfragmentar.
- Reducir la mortalidad de fauna y los accidentes causados por fauna silvestre.
- Reducir el efecto barrera de las infraestructuras en funcionamiento facilitando el paso de fauna.
- Restablecer la continuidad física entre los fragmentos de hábitats seccionados por las infraestructuras.
- Restablecer la conectividad ecológica entre hábitats o áreas de especial interés de conservación.
- Mitigar las perturbaciones que afectan a la composición y calidad de los hábitats de los márgenes.
- Eliminar el conjunto de impactos de la vía.

Descripción de la actuación

Se definió la *Red de Corredores Ecológicos de la Comunidad Autónoma del País Vasco* mediante la elaboración de un mapa de resistencias de los usos del suelo al desplazamiento de las especies-objetivo seleccionadas y mediante el cálculo de las rutas de mínimo coste de desplazamiento. Una vez diseñada la Red se identificaron las áreas críticas de intersección entre estos corredores ecológicos y la red viaria (autovías y autopistas), se realizó un inventario de los pasos transversales existentes en estos sectores y se realizó una propuesta de medidas para mejorar la permeabilidad de estas estructuras transversales.

Objetivo

- ✓ ● Identificar las zonas prioritarias a desfragmentar
 - Reducir la mortalidad de fauna y los accidentes causados por fauna silvestre
- ✓ ● Reducir el efecto barrera de las infraestructuras en funcionamiento facilitando el paso de fauna
- ✓ ● Restablecer la continuidad física entre los fragmentos de hábitats seccionados por las infraestructuras
- ✓ ● Restablecer la conectividad ecológica entre hábitats o áreas de especial interés de conservación
 - Mitigar las perturbaciones que afectan a la composición y calidad de los hábitats de los márgenes
 - Eliminar el conjunto de impactos de la vía

Especies o hábitats a los que va destinada

Ungulados: corzo (*Capreolus capreolus*), jabalí (*Sus scrofa*), ciervo (*Cervus elaphus*).

Carnívoros semiacuáticos: nutria (*Lutra lutra*), visón europeo (*Mustela lutreola*).

Carnívoros forestales: marta (*Martes martes*), gato montés (*Felis silvestris*), gineta (*Genetta genetta*), turón (*Mustela putorius*), tejón (*Meles meles*), garduña (*Martes foina*).

Anfibio forestal: rana ágil (*Rana dalmatina*).

Otras especies beneficiarias de micromamíferos, anfibios, quirópteros y aves.

Localización

Vía: autopistas y autovías de la Comunidad Autónoma del País Vasco en sus tramos de intersección con los corredores ecológicos previamente delimitados.

Municipio y comunidad autónoma: País Vasco.

Espacios naturales próximos: Red de Espacios Naturales Protegidos y Red Natura 2000 del País Vasco.

Diagnóstico

La preocupación por la problemática de pérdida de la conectividad ecológica llevó a incorporar en el Programa Marco Ambiental de la Comunidad Autónoma del País Vasco 2002-2006, el compromiso de establecer una Red de Corredores Ecológicos con el objetivo principal de fomentar la conexión y la coherencia ecológica de la Red Natura 2000, como establece el artículo 10 de la Directiva 92/43/CEE del Consejo, relativa a la conservación de los hábitats naturales y de la fauna y flora silvestres.

Para el diseño de los corredores entre los espacios-núcleo, se calcularon las rutas lineales de mínimo coste de desplazamiento para las especies-objetivo (rutas de máxima conectividad o permeabilidad del paisaje entre espacios-núcleo), mediante un modelo SIG de coste-distancia y basándose en la elaboración de un mapa de resistencias de los usos del suelo al desplazamiento de las especies-objetivo.

En torno a las rutas de mínimo coste de desplazamiento obtenidas se delimitaron bandas de anchura variable, que constituyeron los corredores de enlace entre espacios-núcleo. Se delimitaron adicionalmente áreas de enlace entre espacios-núcleo (sectores relevantes que interceptaban los corredores de enlace), áreas de amortiguación (alrededor de los espacios-núcleo), tramos fluviales de especial interés conector y áreas de restauración ecológica (áreas degradadas situadas en los elementos anteriormente citados).

Una vez diseñada la red de corredores ecológicos se identificaron áreas críticas, correspondientes a lugares donde la funcionalidad de los corredores

ecológicos se encontraba especialmente comprometida por la interacción con autovías y autopistas; estos sectores se denominaron 'tramos de tensión'.

Se inventariaron y cartografiaron las estructuras transversales a las carreteras existentes en estos tramos de tensión, 168 en total. Se valoraron las características estructurales y dimensiones de los pasos, así como las condiciones ambientales en el entorno en el que se ubicaban, con el objetivo de estimar su grado de permeabilidad potencial al paso de la fauna silvestre. Los factores que se consideraron para valorar la permeabilidad potencial de los pasos transversales existentes se indican a continuación:

Dimensiones de los pasos:

Grandes

- Grandes pasos (viaductos, túneles).
- Pasos inferiores anchura > 12 m.
Apto para el paso del ciervo.

Medias

- Pasos inferiores anchura > 7 m.
Apto para corzo y jabalí.

Medias-pequeñas

- Pasos inferiores 2,5 m < anchura < 7 m.
Apto para mustélidos y zorro (*Vulpes vulpes*).
- Pasos superiores anchura > 7 m.

Pequeñas

- Pasos inferiores 1m < anchura < 2,5 m.
Apto para gineta y algún mustélido.
- Pasos superiores anchura < 7 m.

Muy pequeñas

- Pasos inferiores radio < 1 m.

Ubicación del paso: según se localice en entorno boscoso, de mosaico agroforestal, de zona de cultivos, periurbano o urbanizado.

Integración en el relieve.

Medidas

El estudio propone medidas de mejora de la permeabilidad de estructuras transversales de interés para el paso de la fauna silvestre en las que se detectó algún aspecto corregible que dificultaba su utilización por los animales (41 en total). Los tipos de medidas correctoras propuestas fueron:

- Mejora de la cobertura vegetal en el entorno a las entradas de los pasos.
- Sustitución del sustrato del paso por material liso en pasos inferiores de acero corrugado.
- Traslado de objetos almacenados en el paso.
- Habilitación de una plataforma con lecho seco en drenajes inundados.
- Modificación del vallado que dificultaba el acceso a la entrada del paso.

Se identificaron también los tramos del trazado previsto de la línea ferroviaria de alta velocidad (LAV) en el País Vasco en el año 2001 que discurrían por superficie o en viaducto y que interceptaban corredores o áreas de enlace de la red de corredores ecológicos, con el objetivo de que fuesen tomados con especial consideración en los estudios para la definición del trazado definitivo de la LAV.

Posteriormente, en los tramos de tensión se comparó la densidad existente de estructuras transversales adecuadas para el paso de mesomamíferos (número de estructuras por unidad de longitud), en relación a la densidad recomendada en las prescripciones técnicas para proyectos de nuevas infraestructuras. Se detectaron seis sectores con una densidad inferior a la recomendada para el paso de ungulados, de forma que se propuso habilitar diversos pasos de fauna específicos. Asimismo se detectaron siete sectores con una densidad insuficiente para carnívoros, en los cuales se conseguiría solventar este déficit sobredimensionando los drenajes con perímetro insuficiente.

Otros datos

Administración responsable: Departamento de Medio Ambiente y Ordenación del territorio. Gobierno Vasco.

Financiación: Administración responsable.

Seguimiento previsto o realizado: -

Fuentes de información

Gurrutxaga, M. 2004. *Conectividad ecológica del territorio y conservación de la biodiversidad. Nuevas perspectivas en Ecología del Paisaje y ordenación territorial*. Vitoria-Gasteiz: Servicio Central de Publicaciones del Gobierno Vasco.

Gurrutxaga, M. 2005. *Red de Corredores Ecológicos de la Comunidad Autónoma de Euskadi*. Dirección de Biodiversidad y Participación Ambiental, Departamento de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio, Gobierno Vasco.

Gurrutxaga, M. 2010. Diagnóstico de la permeabilidad de carreteras de gran capacidad entre espacios protegidos y propuesta de medidas correctoras en el País Vasco. *Boletín de Europarc* 29: 26-31.

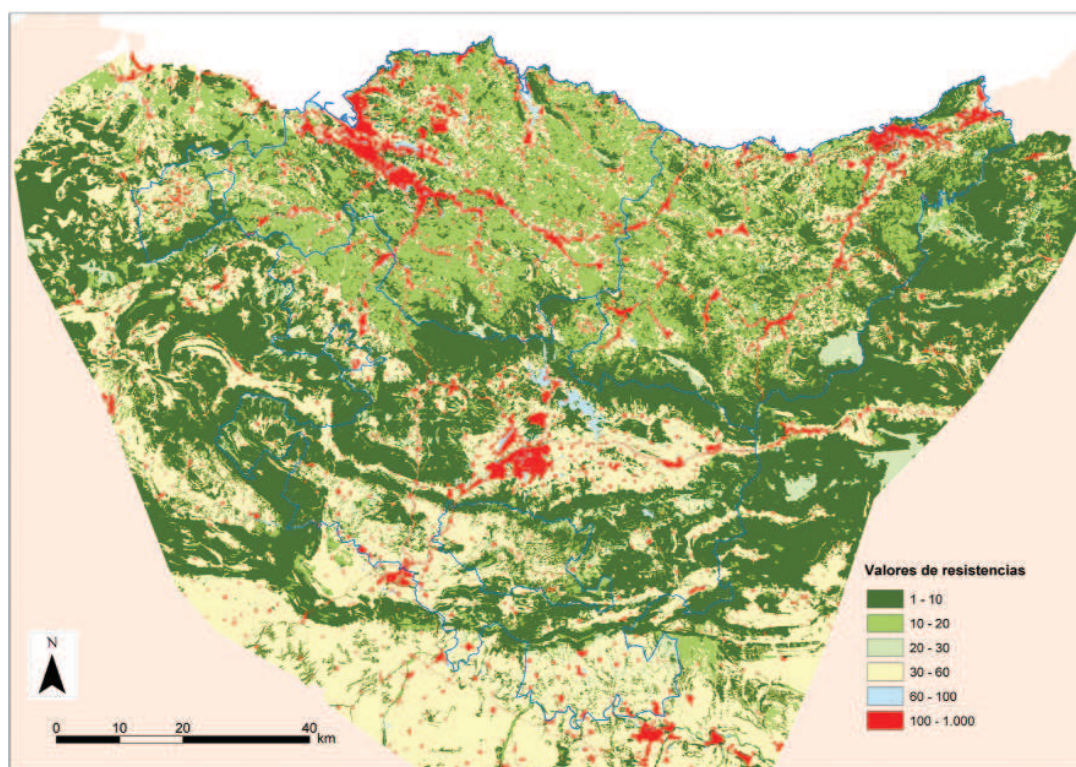


Figura 6.1. Mapa de resistencias de los usos del suelo al desplazamiento de las especies objetivo de la red de Corredores Ecológicos del País Vasco. Fuente: Gurrutxaga (2005).

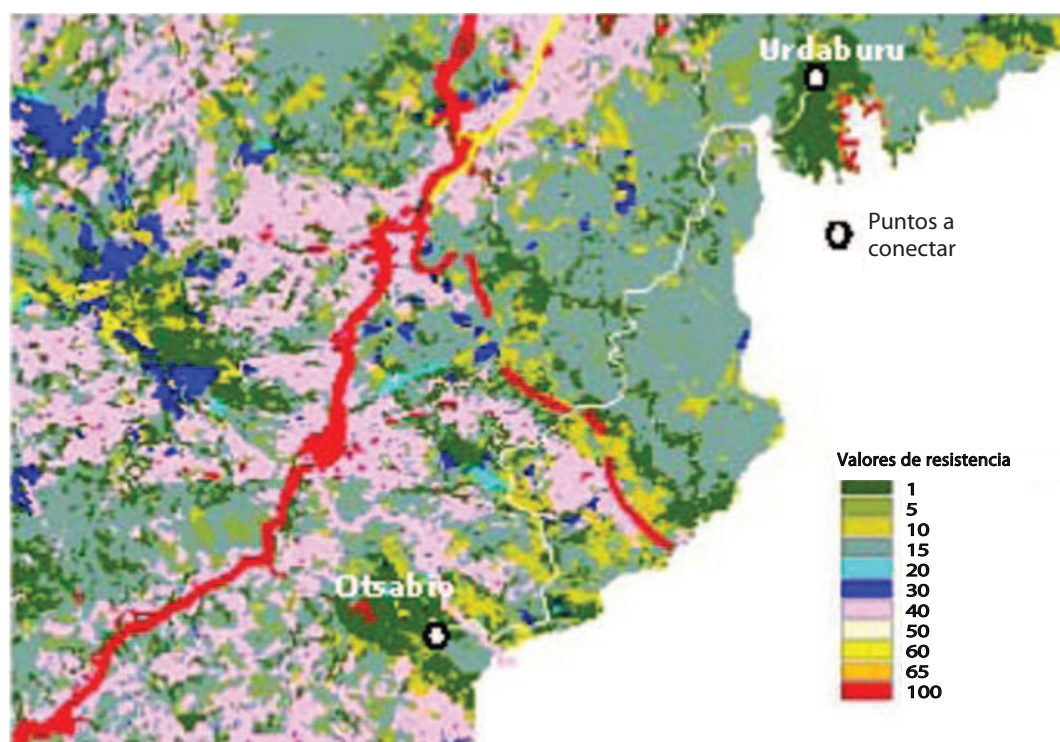


Figura 6.2. Ejemplo de conexión entre bosques de la vertiente cantábrica. La ruta de mínimo coste entre las masas boscosas de los montes Urdaburu y Otsabio (línea blanca) pone de manifiesto la importancia de la presencia de los túneles de la autovía Irurzun – Andoain junto al monte Urdelar. Fuente: Gurrutxaga (2004).

Descripción de la actuación

Las administraciones de carreteras y de medio ambiente de la Generalitat de Catalunya llevaron a cabo conjuntamente un inventario de los principales tramos de concentración de accidentes con ungulados. A partir del análisis de más de 3.000 colisiones ocurridas entre los años 2000 y 2006 se identificaron 178 tramos de concentración de accidentes causados por ungulados, se realizó una descripción de posibles medidas a aplicar para reducir este conflicto y se realizó una propuesta concreta de actuaciones en los 36 tramos más conflictivos que se van aplicando de manera progresiva y, especialmente, cuando se ejecutan proyectos de mejora de las vías. En 2012 se llevó a cabo la actualización del estudio.

Objetivo

- ✓ ● Identificar las zonas prioritarias a desfragmentar
- ✓ ● Reducir la mortalidad de fauna y los accidentes causados por fauna silvestre
- ✓ ● Reducir el efecto barrera de las infraestructuras en funcionamiento facilitando el paso de fauna
- ✓ ● Restablecer la continuidad física entre los fragmentos de hábitats seccionados por las infraestructuras
 - Restablecer la conectividad ecológica entre hábitats o áreas de especial interés de conservación
 - Mitigar las perturbaciones que afectan a la composición y calidad de los hábitats de los márgenes
 - Eliminar el conjunto de impactos de la vía

Especies o hábitats a los que va destinada

Jabalí (*Sus scrofa*), corzo (*Capreolus capreolus*), ciervo (*Cervus elaphus*), gamo (*Dama dama*) y otros ungulados.

Localización

Vía: toda la red de carreteras en Cataluña

Municipio y comunidad autónoma: Cataluña

Espacios naturales próximos: -

Diagnóstico

En las últimas décadas se está produciendo un aumento de las colisiones con ungulados a nivel autonómico, estatal y europeo. En Cataluña, los datos disponibles mostraban un aumento notable de las colisiones con ungulados entre los años 1997 y 2003, con el consecuente aumento de los riesgos para la seguridad vial. Las principales causas que explican esta tendencia son: la expansión –demográfica y geográfica– de las poblaciones de ungulados, especialmente del jabalí y del corzo; la expansión de la red viaria y el aumento de los flujos de circulación; y la mayor velocidad de circulación de los vehículos, asociada a la construcción de nuevas vías rápidas y la ampliación de numerosos tramos de carreteras preexistentes.

Para promover la mitigación de este conflicto, el Departament de Política Territorial i Obres Públiques y el Departament de Medi Ambient i Habitatge de la Generalitat de Catalunya llevaron a cabo un estudio conjunto (DPTOP-DMAH 2007) con el objetivo principal de identificar los tramos de la red de carreteras en Cataluña con mayor concentración de accidentes causados por irrupción de ungulados en la calzada. Asimismo se elaboró una propuesta general de posibles medidas correctoras aplicables a las diferentes situaciones de cada tramo conflictivo y se plantearon propuestas concretas de medidas correctoras para los tramos considerados de actuación prioritaria.

El estudio recopiló datos de 3.057 accidentes correspondientes a los años 2000 a 2006. Estos fueron aportados por distintos organismos, siendo la principal fuente de información los servicios territoriales de medio ambiente, organismos que reciben las peticiones de las compañías aseguradoras de información sobre los cotos de caza en los que se ha producido alguna colisión, con el objetivo de presentar reclamaciones por daños a los vehículos a los titulares de estos terrenos. El resto de datos de colisiones procedían de otras unidades de las administraciones responsables del estudio, así como del Ministerio de Fomento (en ambos casos directamente o a través de las empresas concesionarias del mantenimiento de las carreteras), de la policía autonómica de Cataluña, y de otras fuentes.

Debido a las numerosas fuentes de información utilizadas fue necesario un proceso previo de depuración de los datos (principalmente eliminación de duplicidades), por el cual se pasó de los 5.860 registros de colisiones recogidos inicialmente, a los cerca de 3.000 registros analizados. El 42% de los accidentes se registraron en la demarcación de Girona, seguida de Lleida con el 26%, Barcelona 22% y Tarragona, que registró el 10% de las colisiones.

El estudio identificó 178 Tramos de Concentración de Colisiones con Ungulados (TCCU) que sumaron un total de unos 100 km en 23 carreteras distintas. 36 de estos tramos se identificaron como de 'atención prioritaria' por la alta frecuencia con la que se producen los accidentes.

Medidas

En el estudio se aportó una recopilación general de actuaciones aplicables para reducir las colisiones con ungulados y, además, se elaboraron fichas con propuestas detalladas de actuación para los 36 tramos de atención prioritaria. Las actuaciones comprendían:

- Corrección del cerramiento perimetral en tramos vallados que presentaban deficiencias.
- Instalación de cerramiento perimetral combinado con pasos de fauna en 27 tramos. En la mayor parte de los casos se proponía la adaptación de estructuras transversales ya existentes (drenajes o pasos inferiores y superiores de sustitución de caminos) para facilitar el paso de fauna a través de ellas. Estas propuestas se aplican básicamente cuando se llevan a cabo proyectos de mejora de las vías o en algún caso de nueva construcción.
- Refuerzo de la señalización de advertencia con limitación de velocidad e instalación de radares de control de velocidad en seis tramos.
- Refuerzo de la señalización de advertencia combinada con sensores de infrarrojo de detección de fauna. Se proponía esta medida, con carácter experimental, en dos tramos.

El estudio también plantea la posibilidad de recurrir a medidas de efecto temporal en algunos tramos, ya que en el caso del jabalí se advierte una importante estacionalidad del conflicto con un período crítico que concentra la mayor parte de accidentes,

situado en los meses de octubre a diciembre (véase Figura 6.5). En estos casos se proponía:

- Instalación de advertidores olfativos (barreras de olor) o refuerzo de la señalización de advertencia (paneles luminosos intermitentes) durante el período conflictivo.
- Desbroce de la vegetación de los márgenes en los tramos localizados en entorno forestal al inicio del período crítico.

La mayor parte de las medidas propuestas han sido ejecutadas por los servicios de mantenimiento de las respectivas vías o en el marco de proyectos de mejora o ampliación de las vías en las que se localizan los tramos conflictivos. Además, la localización de estos tramos, así como las propuestas prescritas se ha puesto a disposición de los equipos que redactan los estudios de impacto ambiental de los proyectos de acondicionamiento y mejora de vías, para que los tengan en consideración en el diagnóstico ambiental y en la incorporación de las medidas correctoras.

Otros datos

Administración responsable: Departament de Política Territorial i Obres Públiques, Departament de Medi Ambient i Habitatge. Generalitat de Catalunya.

Financiación: administraciones responsables.

Seguimiento previsto o realizado: en algunos de los tramos identificados y localizados en espacios naturales protegidos se realiza un seguimiento de la conflictividad y, en su caso, de las actuaciones implantadas. Las principales conclusiones son:

- La adecuación de pasos de fauna y el mantenimiento adecuado del cerramiento perimetral en una vía desdoblada ha mostrado su efectividad y ha permitido una reducción significativa de los accidentes en uno de los tramos en el que se han aplicado las actuaciones (carretera C-260).
- El uso de los pasos por parte de la especie conflictiva (el jabalí) y por diversas especies de lagomorfos y carnívoros (entre ellos la nutria *Lutra lutra*) se ha verificado mediante técnicas de fototrampeo.

- Los reflectores olfativos aplicados en uno de los tramos, en una carretera local, se reveló efectivo cuando se aplicó en cortos períodos de tiempo y perdió efectividad con su uso reiterado.
- En 2012 se lleva a cabo una revisión exhaustiva, actualización de diagnóstico y propuesta de nuevas medidas.

Fuentes de información

DPTOP-DMAH. 2007. *Anàlisi de les col·lisions amb ungulats a les carreteres de Catalunya*. Departament de Política Territorial i Obres Públiques – Departament de Medi Ambient i Habitatge, Generalitat de Catalunya. Realizado por Minuartia. 12 pp + Anexos. Informe inédito



Figura 6.3. Jabalí atropellado en uno de los Tramos de Concentración de Colisiones con Ungulados. Foto: Minuartia.

ESPECIES DE UNGULADOS IMPLICADOS EN COLISIONES EN LAS CARRETERAS DE CATALUÑA (2000-2006; N=2.896)

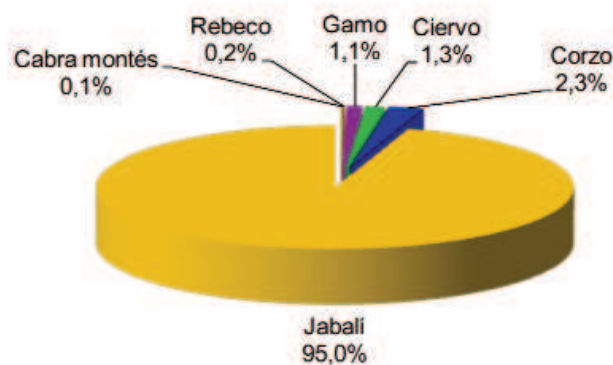


Figura 6.4. El jabalí es el ungulado que causa el mayor número de accidentes registrados, aunque el corzo manifiesta una tendencia al aumento. Fuente: DPTOP-DMAH (2007).

ATROPELLOS DE JABALÍ EN CATALUÑA
(2000-2006; N=2.519)

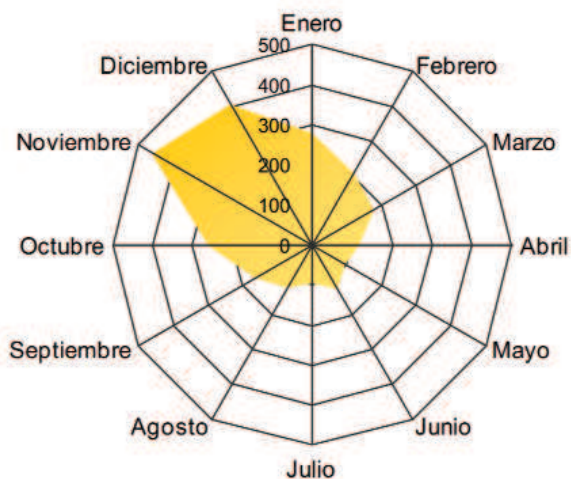


Figura 6.5. Los atropellos de jabalí se concentran principalmente entre los meses de octubre y enero.

Fuente: DPTOP-DMAH (2007).



Figura 6.6. Refuerzo de la señalización instalada en uno de los Tramos de Concentración de Colisiones con Ungulados de atención prioritaria. En este Tramo se realiza un seguimiento de las colisiones para determinar la efectividad de las actuaciones implantadas. Foto: Minuartia.



Figura 6.7. Paso de fauna y cerramiento perimetral instalados en un Tramo de Concentración de Colisiones con Ungulados de atención prioritaria. Foto: Minuartia.

Descripción de la actuación

Se llevó a cabo un estudio para la identificación de los tramos de la red viaria del Parque Natural de la Albufera en los que se registraba una mayor concentración de atropellos de fauna silvestre. Se realizaron prospecciones de atropellos en los tramos seleccionados como representativos de la red durante seis meses en los años 2007 y 2008 y se realizó el análisis de los mismos, con el objetivo de identificar las variables más significativas como factores de atropello. Posteriormente se realizó una propuesta de medidas correctoras para reducir la mortalidad de fauna por atropello en la red viaria del Parque.

Objetivo

- ✓ ● Identificar las zonas prioritarias a desfragmentar
- ✓ ● Reducir la mortalidad de fauna y los accidentes causados por fauna silvestre
- ✓ ● Reducir el efecto barrera de las infraestructuras en funcionamiento facilitando el paso de fauna
 - Restablecer la continuidad física entre los fragmentos de hábitats seccionados por las infraestructuras
 - Restablecer la conectividad ecológica entre hábitats o áreas de especial interés de conservación
 - Mitigar las perturbaciones que afectan a la composición y calidad de los hábitats de los márgenes
 - Eliminar el conjunto de impactos de la vía

Especies o hábitats a los que va destinada

Humedales mediterráneos y hábitats asociados.

Especies de fauna vertebrada terrestre presentes en la zona de estudio (mamíferos, aves, reptiles y anfibios).

Localización

Vía: carreteras CV-401 (tramo Alfafar-El Saler), CV-500 (tramo Valencia-Sueca), CV-502, CV-503 y otras vías (locales y agrícolas).

Municipio y comunidad autónoma: diversos municipios de las comarcas de la Horta Sud, Ribera Baixa, Ribera Alta y Valencia. Comunidad Valenciana.

Espacios naturales próximos: el estudio se llevó a cabo en la red viaria del Parque Natural de la Albufera, Lugar de Importancia Comunitaria (LIC) y Zona de Especial Protección para las Aves (ZEPA) incluido en la Red Natura 2000, y humedal RAMSAR.

Diagnóstico

En el Parque Natural de la Albufera existen diferentes tipos de infraestructuras viarias: una carretera nacional (N-332), carreteras autonómicas (CV-401, CV-500, CV-502, CV-503), carreteras locales (Camí Vell de Russafa) y caminos agrícolas.

Distintos trabajos de seguimiento pusieron de manifiesto que en las carreteras se producía una importante mortalidad de especies protegidas y, teniendo en cuenta la afectación de los valores ambientales y de diversidad que se encuentran protegidos específicamente, se valoró muy necesaria la toma de medidas para mitigar el impacto ejercido por la red viaria sobre la fauna del Parque Natural, por lo que se planteó la realización de un estudio de diagnóstico, identificación de puntos negros y propuesta de soluciones.

La metodología de los trabajos realizados fue:

- Selección de tramos representativos de la red viaria del Parque. Distinción de tramos de prospección periódica (cuyo recorrido se realizaba semanalmente) y tramos de prospección esporádica (recorrido con periodicidad mensual). Estos últimos se centran en la localización y registro de especies catalogadas y no en la obtención de un patrón o causas de atropello. Cada tramo fue dividido en subtramos atendiendo a las características físicas de la vía y de las estructuras o vegetación asociada.
- Registro de los atropellos de fauna vertebrada observados en los distintos subtramos. Muestreo llevado a cabo durante los meses de diciembre del 2007 hasta junio del 2008.
- Almacenamiento de los datos de campo en una base de datos vinculada a un Sistema de Información Geográfica (SIG). Análisis estadístico multivariante para identificar cuáles son los

factores de atropello significativos: vegetación, altura de la vegetación, relieve, vallado y quitamiedos, época, clima, tráfico, día de la semana.

- Obtención de la distribución de mortalidad registrada por grupos faunísticos, tipo de vías, y mes del año y del Índice Kilométrico de Abundancia (IKA). $IKA = n.º \text{ de atropellos} / n.º \text{ de kilómetros} \times \text{veces recorridos}$. Este indicador permitió comparar entre tramos de diferente longitud, otros estudios de atropellos y diferentes especies, clases o grupos faunísticos.

Medidas

Las medidas correctoras propuestas para mitigar el impacto de fragmentación de hábitats causada por las infraestructuras viarias en el Parque fueron:

- Reducción de la velocidad de circulación: colocación de señales informativas y de limitación de velocidad a 30-40 km/h; colocación de bandas sonoras.
- Limitación de la circulación de los vehículos no agrícolas por determinadas vías en el interior de la zona protegida.
- Adecuación de estructuras de drenaje como pasos de fauna: levantamiento de la rasante de la calzada en tramos que cruzan acequias y canales para facilitar el paso de aves acuáticas nadadoras.
- Construcción de un paso específico para anfibios.

- Actuación sobre los arcenes o márgenes: medidas de regulación y gestión de los márgenes de las vías: aumento de la altura de la vegetación, limpieza y retirada de materiales y cadáveres en los márgenes, regulación de la siega del carrizo y nitrófilas, etc.

Otros datos

Administración responsable: Conselleria de Medi Ambient, Aigua, Urbanisme i Habitatge. Generalitat Valenciana.

Financiación: Administración responsable.

Seguimiento previsto o realizado: -

Fuentes de información

Ballester, A. (coord.) 2008a. *Incidencia de la infraestructura viaria sobre la fauna en tres humedales de la Red Natura 2000 en la Comunitat Valenciana*. Conselleria de Medi Ambient, Aigua, Urbanisme i Habitatge, Generalitat Valenciana. 92 pp + Anexos.

Ballester, A. 2008b. Incidencia de la red viaria en humedales integrados en la Red Natura 2000 en la Comunidad Valenciana. Identificación de puntos negros y propuesta de actuaciones para reducir la mortalidad de fauna. Comunicación oral presentada en: *Jornadas Técnicas: Desfragmentación de hábitats afectados por infraestructuras viarias*. Parque Natural de la Albufera de Valencia, 25-26 de noviembre de 2008.

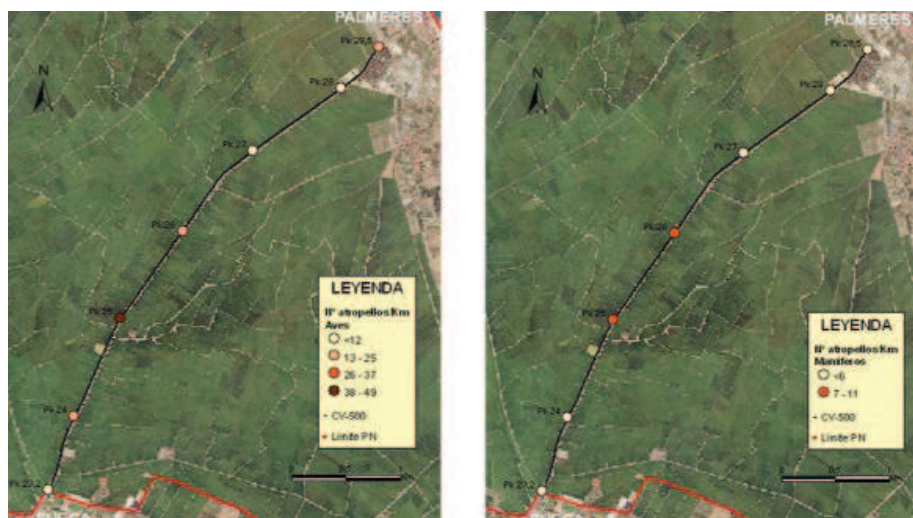


Figura 6.8. Índices Kilométricos de Abundancia por clases de vertebrados (aves, izquierda, y mamíferos, derecha) en la carretera CV-500 Sueca – Palmeres. Fuente: Ballester (2008a).

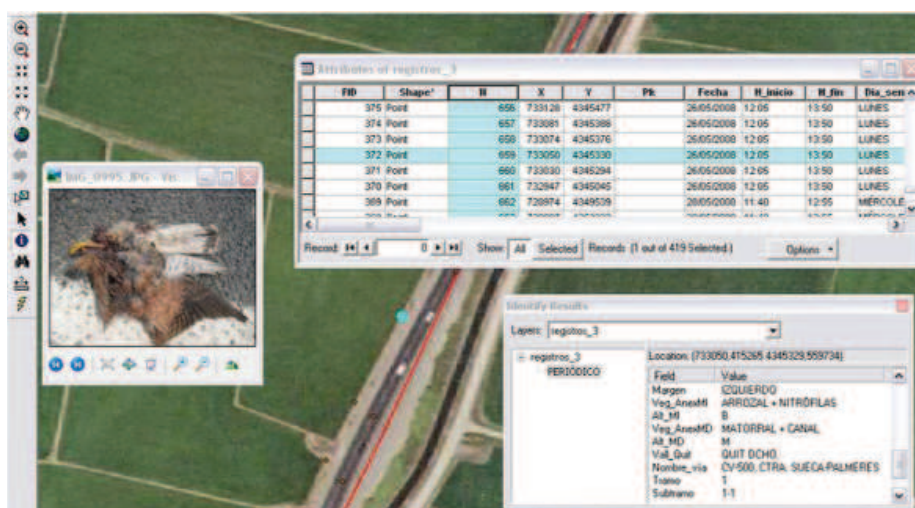


Figura 6.9. Introducción de la localización del punto en el que se ha identificado un animal atropellado y de las variables de campo en la base de datos. Fuente: Ballester (2008a).



Figura 6.10. Calamón muerto por atropello en el margen de una de las carreteras de estudio. Foto: Antonio Ballester.



Figura 6.11. Colocación de señales informativas para reducir la velocidad de circulación de los vehículos. Foto: Antonio Ballester.

Descripción de la actuación

El Espacio Natural Protegido (ENP) Les Gavarres, incluido en la Red Natura 2000, se encuentra rodeado por distintas carreteras que dan acceso a núcleos turísticos de la Costa Brava y que están siendo objeto de mejora y ampliación. En 2005 se realizó una evaluación global de 13 proyectos de acondicionamiento de diversos tramos de estas carreteras y se llevó a cabo la identificación de los principales corredores ecológicos que conectan este espacio con los espacios naturales del entorno. En estos proyectos se incluyeron más de 100 medidas para aumentar la permeabilidad en los puntos en los que se detectó la existencia de conflictos que reducían la funcionalidad de los corredores ecológicos. La mayor parte de las actuaciones propuestas se incorporaron en los proyectos constructivos posteriores, ya están construidas y han sido objeto de seguimiento para verificar que especies las utilizan.

Objetivo

- ✓ ● Identificar las zonas prioritarias a desfragmentar
- ✓ ● Reducir la mortalidad de fauna y los accidentes causados por fauna silvestre
- ✓ ● Reducir el efecto barrera de las infraestructuras en funcionamiento facilitando el paso de fauna
- ✓ ● Restablecer la continuidad física entre los fragmentos de hábitats seccionados por las infraestructuras
 - Restablecer la conectividad ecológica entre hábitats o áreas de especial interés de conservación
 - Mitigar las perturbaciones que afectan a la composición y calidad de los hábitats de los márgenes
 - Eliminar el conjunto de impactos de la vía

Especies o hábitats a los que va destinada

Principalmente mamíferos (lagomorfos, carnívoros y ungulados).

Localización

Vía: carreteras C-31, C-35, C-65, C-66 (entre otras), que conforman el denominado Anillo viario de Les Gavarres, que rodean el espacio natural del mismo nombre.

Municipio y comunidad autónoma: diversos municipios de la comarca del Baix Empordà, en Cataluña.

Espacios naturales próximos: Espacio de Interés Natural de Les Gavarres. Lugar de Importancia Comunitaria (LIC) incluido en la Red Natura 2000. Otros Espacios de Interés Natural de su entorno.

Diagnóstico

El denominado Anillo viario de Les Gavarres, formado por las vías de acceso a las playas y núcleos turísticos de la Costa Brava, genera una significativa fragmentación de los hábitats entre el espacio natural protegido del mismo nombre y su entorno, dificultando la conectividad funcional del mismo con los espacios naturales próximos. Debido a las elevadas densidades de tráfico de estas carreteras –especialmente en verano– se está llevando a cabo el acondicionamiento de estas vías y la mayor parte están siendo desdobladas para aumentar su capacidad.

El proyecto fue promovido por el órgano gestor del espacio natural protegido, y realizado por encargo del entonces Departament de Política Territorial i Obres Públiques, a través de la empresa pública Gestió d'Infraestructures, SA, y partió de la realización de un estudio (Minuartia 2005) que analizó la existencia de puntos de conflicto entre esta red viaria y la conectividad ecológica funcional de Les Gavarres con espacios de la red ecológica de su entorno. La cooperación entre la administración ambiental y de carreteras ha sido un factor clave para incorporar las medidas propuestas en los proyectos constructivos.

El estudio consistió en la realización de un análisis global del efecto de fragmentación de hábitats de 77 km de la red viaria que rodean el espacio natural, considerando las vías existentes en funcionamiento y, especialmente, de los proyectos de desdoblamiento previstos, y también incluyó las propuestas de medidas de permeabilización.

La metodología de análisis utilizada fue:

- Identificación de los principales corredores ecológicos: sectores del territorio con mayor probabilidad de canalizar los flujos de dispersión y, en general, de movimientos de fauna de referencia. Esta identificación se llevó a cabo mediante el modelo DISPERSA (Rosell *et al.* 2003) partiendo del análisis paisajístico mediante SIG.
- Revisión de la documentación existente en relación con 13 proyectos de acondicionamiento de carreteras. En cinco de estos proyectos habían finalizado las obras y la carretera estaba ya en servicio; tres proyectos tenían ya redactado (o estaba en redacción) el proyecto constructivo; y cinco se encontraban en fase de estudio informativo.
- Evaluación del impacto que los proyectos previstos tenían sobre la red de corredores ecológicos y análisis de las propuestas incluidas en cada uno de los proyectos en los sectores más próximos a estos corredores.
- Incorporación de la información existente sobre tramos de concentración de accidentes causados por colisiones con ungulados.
- Propuesta de actuaciones correctoras para los impactos detectados. La superposición de los sectores de interés para la conectividad con el trazado de la red viaria permitió una mejor selección de la ubicación de las medidas de desfragmentación, así como la selección del corredor de trazado con menor impacto (en los casos en los que el proyecto se encontraba en las fases iniciales).

Medidas

En el estudio se propuso la incorporación de cerramiento perimetral en los tramos en que se desdoblaba la vía, para prevenir la irrupción de animales a la calzada y para guiarlos hacia los pasos de fauna propuestos, así como la construcción o adaptación de distintas estructuras transversales; concretamente:

- Adaptación de 85 drenajes para facilitar el paso de fauna terrestre.
- Adaptación de 12 pasos multifuncionales (inferiores y superiores). Estructuras transversales ya incluidas en los proyectos con función de drenaje o restitución de caminos que se adaptaban para facilitar el paso de fauna.

- Construcción de un paso superior específico para la fauna.
- Adaptación de 12 viaductos para facilitar el paso de fauna.
- Construcción de un ecoducto y alargamiento de un túnel.

Dependiendo de la fase en la que se encontraba el proyecto, las medidas pudieron ser incorporadas en mayor o menor grado. En el caso de los tramos que se encontraban en las fases más tempranas del proyecto (estudio informativo) se facilitó notablemente la incorporación de medidas de permeabilización.

Otros datos

Administración responsable: Departament de Política Territorial i Obres Públiques. Generalitat de Catalunya.

Financiación: Administración responsable Consorci de les Gavarres. El seguimiento del uso de los pasos de fauna se incorporó en el pliego de contratas de mantenimiento de las carreteras.

Seguimiento previsto o realizado: entre los años 2008 y 2010 el organismo gestor del ENP, el Consorci de les Gavarres, llevó a cabo el seguimiento del grado de incorporación en los proyectos de las medidas propuestas. Se analizaron los proyectos constructivos que en 2005 se encontraban en fase de estudio informativo observando un alto grado de concordancia entre las propuestas realizadas y las incorporadas finalmente. Para los proyectos que se encontraban en construcción se realizaron visitas a las obras para verificar la correcta ejecución de las medidas y asesorar a las empresas constructoras en distintos aspectos relacionados con las medidas correctoras.

Posteriormente, en los años 2009 y 2010, la empresa pública Gestió d'Infraestructures, SA (GISA) a través de las empresas adjudicatarias del mantenimiento de los tramos, encargó estudios de seguimiento de los pasos de fauna en determinados tramos de las vías, cuyos resultados permitieron analizar la efectividad de los pasos, verificando la alta tasa de uso de algunos de ellos, y también identificar recomendaciones para optimizar los diseños.

Fuentes de información

GISA. 2006. *Millora general. Desdoblament de la carretera C-66. Tram: Palafrugell – Forallac (Clau: IA-DG-03127)*. Departament de Política Territorial i Obres Públiques. Generalitat de Catalunya.

Minuartia. 2005. *Connectivitat funcional de les Gavarres amb els Espais d'Interès Natural de*

l'entorn. Gestió d'Infraestructures SA (GISA), Departament de Política Territorial i Obres Públiques. Generalitat de Catalunya.

Rosell, C., Planas, V. & Navàs, F. 2003b. Location of fauna passages. How to find the optimal location? *Proceedings Habitat Fragmentation due to transport infrastructures*. Bruselas, 13-15 nov. 2003.



Figura 6.12. Plano de localización de los tramos de carretera incluidos en el análisis de permeabilidad. En verde se muestran los espacios de interés natural, y se observa cómo la red viaria rodea el Espacio Natural Protegido de Les Gavarres. Fuente: Minuartia (2005).

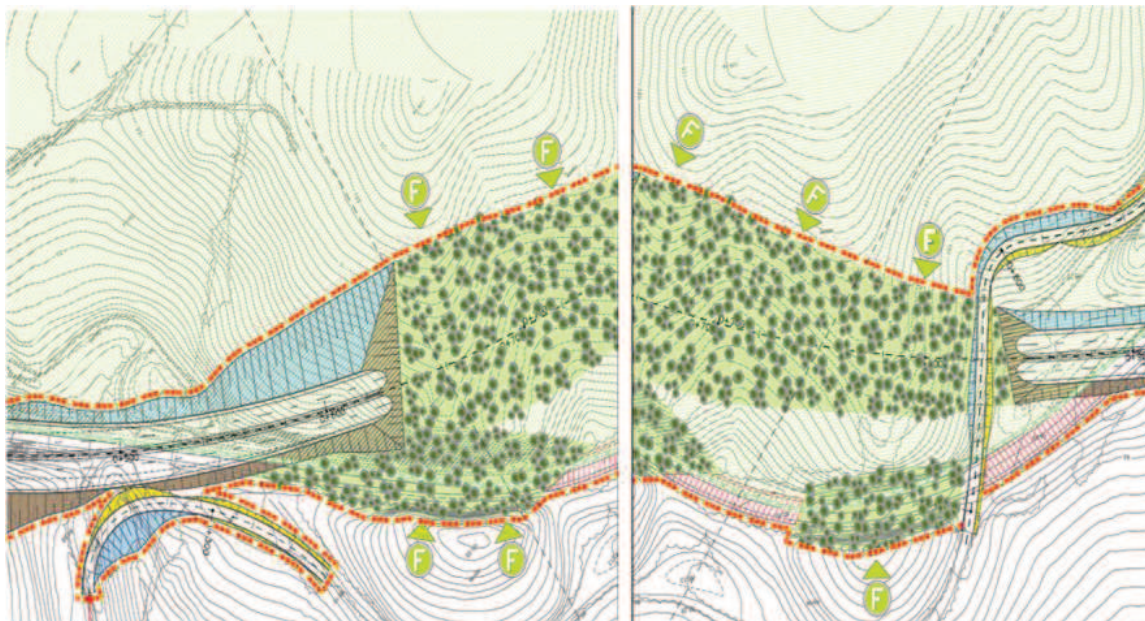


Figura 6.13. Propuesta de ecoducto incorporado en el estudio de impacto ambiental del desdoblamiento de la carretera C-66 en el tramo Palafrugell-Forallac. Fuente: GISA, 2006a.



Figura 6.14. Obra de drenaje adaptada para el paso de fauna. Se conservó la base de sustrato natural, se construyó una banqueta lateral y se revegetaron adecuadamente los accesos. Foto: Minuartia.



Figura 6.15. Para evitar el acceso de los ungulados a la vía, se propuso la instalación de cerramiento perimetral en todos tramos con desdoblamiento previsto y de pasos canadienses en los accesos de los caminos a la carretera. Foto: Minuartia.

Descripción de la actuación

Desde la década de 1980 se han venido ejecutando un conjunto de actuaciones de desfragmentación encaminadas a minimizar el impacto de las vías pavimentadas (camino asfaltados y carreteras) sobre la población de lince ibérico (*Lynx pardinus*) en el suroeste andaluz. En los últimos años, las adecuaciones se han realizado en el marco de un mismo proyecto Life-Naturaleza (LIFE06NAT/E/209), coordinando el trabajo de diversas organizaciones y aplicando criterios multidisciplinares que han facilitado la correcta ejecución de las medidas. Se ha promovido la coherencia biofísica entre actuaciones antes inconexas, logrando reducir el impacto de la mortalidad por atropello, y contribuyendo a la desfragmentación de una parte importante del área de distribución de la especie. Las soluciones adoptadas comprenden medidas para reducir la velocidad de circulación de los vehículos, la construcción de pasos de fauna o ecoductos, la adecuación de puentes y drenajes, el desbroce de arces y la instalación de cerramientos entre otros.

Objetivo

- Identificar las zonas prioritarias a desfragmentar
- ✓ ● Reducir la mortalidad de fauna y los accidentes causados por fauna silvestre
- ✓ ● Reducir el efecto barrera de las infraestructuras en funcionamiento facilitando el paso de fauna
- ✓ ● Restablecer la continuidad física entre los fragmentos de hábitats seccionados por las infraestructuras
 - Restablecer la conectividad ecológica entre hábitats o áreas de especial interés de conservación
 - Mitigar las perturbaciones que afectan a la composición y calidad de los hábitats de los márgenes
 - Eliminar el conjunto de impactos de la vía

Especies o hábitats a los que va destinada

Lince ibérico (*Lynx pardinus*)

Localización

Vía: diversas carreteras y caminos forestales y agrícolas.

Municipios y comunidad autónoma: diversos municipios de la provincia de Sevilla. Andalucía.

Espacios naturales próximos: Espacio Natural de Doñana (Parque Natural y Parque Nacional de Doñana). Lugares de Importancia Comunitaria (LIC) y Zonas de Especial Protección para las Aves (ZEPA) de la Red Natura 2000.

Diagnóstico

El lince ibérico es una especie endémica de la Península Ibérica. Actualmente su población presenta dos poblaciones reproductoras situadas en Sierra Morena y en Doñana, con un mínimo de ejemplares estimado en 2012 de alrededor de 300 individuos. Su acelerada regresión y escasos efectivos lo hicieron ser considerado por la UICN 'En Peligro Crítico de Extinción'. Es el felino más amenazado a nivel mundial y está calificado como especie 'En peligro de Extinción' en el Catálogo Español de Especies Amenazadas, en el Catálogo Andaluz de Especies Amenazadas y en el Libro Rojo de los Vertebrados Amenazados de Andalucía.

La protección del Parque Nacional de Doñana permitió conservar en el suroeste andaluz una de las dos únicas poblaciones reproductoras que este felino ha perpetuado hasta el siglo XXI. En las últimas décadas se han ido realizando numerosas actuaciones con el objetivo de aumentar la población, reduciendo para ello las causas de mortalidad que la afectan: mortalidad por atropello, descenso de su presa principal, el conejo, y pérdida de calidad o desaparición de su hábitat. El continuo goteo de lince muertos por atropello propició la alarma y compromiso de las administraciones competentes para empezar a trabajar de manera continua y coordinada en lo que se ha convertido en un conjunto de medidas integrales con el proyecto LIFE06NAT/E/209, diseñando el trabajo bajo una misma financiación independientemente del tipo de vía a adecuar o de la administración que lo debiera ejecutar (Consejería de Medio Ambiente –CMA– y la entonces Consejería de Obras Públicas y

MEDIDAS APLICADAS EN VÍAS ASFALTADAS PARA LA CONSERVACIÓN DEL LINCE IBÉRICO EN LAS COMARCAS DE DOÑANA-ALJARAFA Y DEL CONDADO (SEVILLA Y HUELVA)

Transportes –COPyT- de la Junta de Andalucía). Las diferentes medidas adoptadas para favorecer el aumento de la población de lince han permitido duplicar su número de efectivos y ampliar el área de distribución. Se estima que existen más territorios reproductores fuera del Parque Nacional de Doñana que en su interior; ello supone un riesgo muy elevado para la población con respecto al efecto de las vías asphaltadas. La estructura del hábitat en teselas hace que la conexión entre ellas esté siempre atravesada por una o varias vías, y estos sectores se consideran zonas prioritarias de actuación cuando están situadas junto (o atraviesan) territorios en los que se establecen lince adultos. La actuación integrada está permitiendo que tanto estos núcleos como los corredores de conexión sean lo más seguros posibles. El enfoque planteado no se centra, por tanto, únicamente en la vía, sino en el conjunto de núcleos poblacionales y sus conexiones.

El seguimiento a nivel poblacional que desde el año 2001 lleva realizando la CMA de la Junta de Andalucía a través de los Programas de Actuaciones y Proyectos Life-Naturaleza (LIFE02NAT/E/8609 y LIFE06NAT/E/209), ha permitido en una primera fase trabajar en la eliminación de los puntos negros de mortalidad detectados con anterioridad y en una segunda, en la adecuación de los lugares que los lince han ido recolonizando. En algunas ocasiones se han podido diseñar las mejoras en las vías adelantando la adecuación de territorios al establecimiento por parte de los felinos en los mismos.

Las actuaciones aplicadas durante las últimas décadas han potenciado la conducción de los lince a los pasos inferiores a las vías. Los dos primeros pasos se construyeron en la carretera A-483, pero los cerramientos destinados a conducir a los felinos hacia los pasos no se instalaron hasta el año 2007 en que se realizó, entre otros, un vallado de encauce para unir los pasos de fauna e impedir que los lince continuaran cruzando la calzada por otros puntos sin estructuras transversales adaptadas para facilitar su paso.

El diseño de las medidas integradoras tuvo su base en las estructuras preexistentes y en los cambios en la vegetación de la comarca – que habían hecho variar las rutas de conexión de los lince-. La detección y seguimiento de los antiguos y nuevos núcleos poblacionales de lince así

como los lugares que potencialmente iban a ser ocupados, dotaron al equipo de seguimiento de un mapa de los lugares por los que los lince transitarían con mayor probabilidad. Este cambio de visión fue importante, ya que permitió adelantar las obras, con procesos lentos de ejecución, a los movimientos de los lince. El éxito de esta metodología de trabajo está siendo posible, gracias al trabajo conjunto de las dos consejerías competentes.

Medidas

Las principales medidas aplicadas, y las razones para seleccionarlas han sido las siguientes:

- En los caminos asphaltados se han implantado resaltos para disminuir la velocidad de circulación de los vehículos, acompañados de desbroces perimetrales a la vía, para aumentar la visibilidad por parte del conductor y poder prevenir un atropello. Con el LIFE02NAT/E/8609 se colocaron en primera instancia resaltos de caucho, fijados al suelo con tornillería, que en pocos meses desaparecían. La reducción de la velocidad que se conseguía no era la deseada y provocaban numerosas perturbaciones sonoras en el medio. Por ello, en una segunda fase, hubo que sustituirlos por los citados resaltos de obra.
- En algunos caminos asphaltados de la zona de arroyos se han incorporado pasos inferiores, en los que se ha realizado un trabajo previo de restauración del entorno de la ubicación del paso, siguiendo líneas vegetales de encauce ya presentes en la zona que se completaron con reforestaciones para orientar a los animales hasta los accesos del paso. Con ello se pretende evitar la instalación de cerramientos y mejorar la integración paisajística de las medidas.
- En carreteras, las medidas principales han sido la incorporación de pasos de fauna inferiores, complementados con cerramientos que conducen a los animales hacia los accesos a los pasos, y revegetación de las embocaduras de los mismos. Estas actuaciones se acompañan de desbroces periódicos de la vegetación para minimizar el asentamiento de conejos en las proximidades de la vía y crear espacios poco atractivos para el lince. Los vallados se acompañan de los llamados ‘sistemas de retorno’ instalados en el

MEDIDAS APLICADAS EN VÍAS ASFALTADAS PARA LA CONSERVACIÓN DEL LINCE IBÉRICO EN LAS COMARCAS DE DOÑANA-ALJARAFE Y DEL CONDADO (SEVILLA Y HUELVA)

interior del tramo vallado con el objetivo de facilitar la salida a lince que hubieran podido entrar en el tramo vallado trepando por la malla y saltando.

- En zonas fuertemente transformadas (agrícolas o urbanas) donde esporádicamente llegan lince dispersantes, estos suelen moverse protegiéndose en vestigios de vegetación natural, que relictamente aparece unida a los arroyos. En estos puntos se ha realizado la adecuación de puentes y grandes drenajes preexistentes, creando franjas laterales secas y adecuando la vegetación para conducir a los animales hasta los accesos del paso.

En total se han ejecutado las siguientes medidas:

- Pasos de fauna y ecoductos: 20 pasos de fauna inferiores en caminos asfaltados y 15 en carreteras y dos pasos superiores o ecoductos. Los pasos inferiores iniciales de 3 m de ancho, han ido ampliándose hasta los 7 m. Las prescripciones técnicas de los vallados de encauce (de orientación hacia los accesos del paso) han ido ganando en calidad y eficiencia, colocándose actualmente vallados de 2,5 m de altura sobre el terreno y enterrados 0,5 m.
- Adecuación de drenajes: adecuación de 14 puentes o drenajes de grandes dimensiones.
- Desbroces de arceses: se ha trabajado para que esta labor pase a formar parte de encomiendas de gestión periódica para que se realice anualmente sin dependencia de la disponibilidad de fondos de proyectos concretos.
- Vallados de encauce y retornos: principalmente en carreteras y en caminos con altas velocidades de circulación. Encauce total de las vías A-483 (tramo Parque Nacional: 15 km), A-494 (tramo Matalascañas a Mazagón: 24 km) y tramos hasta zonas no aptas de la A-481, A-484 y

Camino de Villamanrique de la Condesa (en Parque Natural: 25 km).

- Resaltos en caminos: fabricados *in situ* con asfalto en frío, de sección trapezoidal, de 4 m de base, dos rampas de 0,75 m y 2,5 m de plataforma superior, de 8 cm de altura.
- Señalización de advertencia vertical y horizontal, así como paneles informativos.

Otros datos

Administración responsable: Consejería de Medio Ambiente y Consejería de Obras Públicas y Vivienda. Junta de Andalucía

Financiación: Administraciones responsables y, para la integración de las actuaciones en el periodo 2006-2011, LIFE-Naturaleza *Life-lince* (LIFE06NAT/E/209).

Seguimiento previsto o realizado: se realiza anualmente el seguimiento del uso de los pasos de fauna y del estado de las estructuras de desfragmentación.

Fuentes de información

Junta de Andalucía. 2006. *Proyecto LIFE06NAT/E/000209*.

Junta de Andalucía. 2007. *Proyecto de Construcción: Cerramientos en carreteras de Doñana para el lince Ibérico. Carretera A-483, tramo El Rocío-Matalascañas*.

Junta de Andalucía. 2008. *Proyecto de Construcción: Pasos para fauna en la A-483 y A-494. Medidas de adecuación en carretera de Doñana para el lince ibérico*.

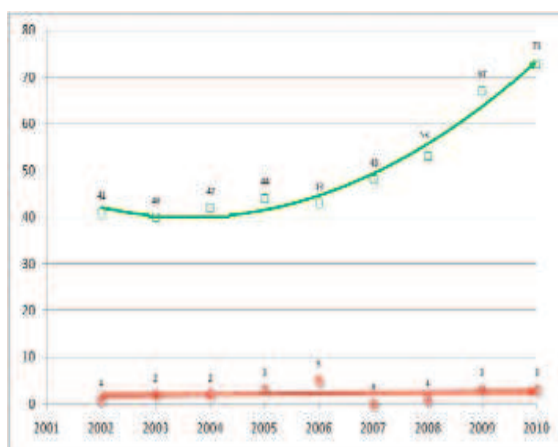


Figura 6.16. La mortalidad de linco ibérico por atropello (en rojo) parece estabilizada a pesar del aumento del tamaño de la población (en verde, número mínimo de individuos que conforman la población en Doñana). Fuente: Junta de Andalucía.



Figura 6.17. Linco en la vía A-481. Foto: Junta de Andalucía LIFE06NAT/E/209.



Figura 6.18. Reforestación para conducir a los animales hacia los accesos de un paso de fauna en la A-494. Foto: Junta de Andalucía LIFE02NAT/E/509



Figura 6.19. Adecuación de drenaje con banqueta lateral en Camino asfaltado. Foto: Junta de Andalucía LIFE06NAT/E/209.



Figura 6.20. Linco ibérico utilizando pasos de fauna en la HF-6245 y Camino Villamanrique de la Condesa a la A-483. Foto: Junta de Andalucía.

Descripción de la actuación

Una de las principales causas registradas de mortalidad del lince ibérico (*Lynx pardinus*) son los atropellos, especialmente en las carreteras ubicadas en el Espacio Natural de Doñana y su entorno. Para reducir esta causa de mortalidad –y facilitar la dispersión de juveniles de la especie y que se puedan crear nuevos núcleos de población– se han aplicado distintas medidas en varias carreteras del área de distribución de la especie en la comarca de Doñana. Las medidas aplicadas consisten, principalmente, en la construcción o adaptación de pasos de fauna para la especie, junto con otras medidas complementarias como la instalación de vallado perimetral y la gestión de la vegetación de los márgenes. El seguimiento realizado posteriormente ha puesto de relieve que los pasos de fauna son utilizados por el lince. Las actuaciones descritas en esta ficha se encuadran en el marco de las medidas integrales para el lince ibérico detalladas en la Ficha 5, siendo un ejemplo concreto de ellas, realizadas en este caso con un proyecto Life-Naturaleza (LIFE06NAT/E/209).

Objetivo

- ☐ Identificar las zonas prioritarias a desfragmentar
- ✓ ☒ Reducir la mortalidad de fauna y los accidentes causados por fauna silvestre
- ✓ ☒ Reducir el efecto barrera de las infraestructuras en funcionamiento facilitando el paso de fauna
- ✓ ☒ Restablecer la continuidad física entre los fragmentos de hábitats seccionados por las infraestructuras
 - ☐ Restablecer la conectividad ecológica entre hábitats o áreas de especial interés de conservación
 - ☐ Mitigar las perturbaciones que afectan a la composición y calidad de los hábitats de los márgenes
 - ☐ Eliminar el conjunto de impactos de la vía

Especies o hábitats a los que va destinada

Lince ibérico (*Lynx pardinus*)

Localización

Vía: carretera A-483 entre El Rocío y Matalascañas, y A-494, entre Mazagón y Matalascañas.

Municipio y comunidad autónoma: diversos municipios en las provincias de Huelva y Sevilla. Andalucía.

Espacios naturales próximos: todos los pasos se encuentran en Parque Natural o en Parque Nacional de Doñana. Lugar de Importancia Comunitaria (LIC) y Zona de Especial Protección para las Aves (ZEPA) de la Red Natura 2000.

Diagnóstico

En la Ficha 5 se expone el diagnóstico respecto a la situación actual del lince ibérico –especie endémica de la Península Ibérica considerado el felino más amenazado de extinción a nivel mundial– y se describen las soluciones integrales de desfragmentación adoptadas en las vías del ámbito de estudio.

En el caso concreto de las carreteras, el desplazamiento de los territorios reproductores del lince fuera del Parque Nacional de Doñana, motivado en parte por el descenso de la abundancia de conejo, ocasiona una mayor frecuencia de paso sobre las carreteras que atraviesan o circundan Doñana. Hasta el momento, la clase de edad más afectada por este tipo de muerte eran los juveniles dispersantes. Por ello se pretende conseguir que los nuevos núcleos reproductores funcionen como fuentes de otros núcleos de población próximos, evitar la muerte de los adultos residentes y mejorar las conexiones para facilitar la dispersión de los jóvenes.

Los esfuerzos desarrollados para la conservación y recuperación del lince ibérico en Andalucía, dentro de los programas LIFE de la Unión Europea, se orientaron a la mejora del hábitat y de la presa principal, el conejo, y al descenso de su mortalidad antropogénica. Antes de usar herramientas de conservación directa como la adición de ejemplares a la población (silvestres o de cautividad) se consideró imprescindible reducir significativamente una de las principales causas de mortalidad directa, los atropellos, y reducir la fragmentación para un correcto flujo de dispersantes que favorezcan el aumento de la variabilidad genética.

Aun concentrándose en los principales ejes de penetración a la costa, A-483 entre El Rocío y Matalascañas, y A-494, entre Mazagón y Matalascañas, que sostienen los mayores tráficos estacionales, suceden también atropellos en otras carreteras, y en caminos forestales asfaltados. Diversos organismos (Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía y Consejo Superior de Investigaciones Científicas) subrayan la existencia de este conflicto.

Medidas

Las actuaciones más recientes desarrolladas para la desfragmentación del hábitat del lince, incluidas en el proyecto LIFE06NAT/E/209, entre los años 2006 y 2011 se centran en siete carreteras que, de acuerdo con los conocimientos que se tienen de desplazamientos, obtenidos a partir de seguimiento de individuos mediante telemetría, suponen un importante riesgo para el asentamiento definitivo o continuidad de determinados núcleos de lince en la comarca de Doñana. La elección de estas vías también es fruto de la localización de indicios de presencia de lince muy próximos a estas carreteras, que corresponden a individuos de los nuevos asentamientos de cría de lince ibérico en la comarca.

Las actuaciones tienen como objetivo reducir el riesgo de atropellos, pero evitando el efecto barrera y el aislamiento de poblaciones. Se trata de las siguientes:

- Construcción de nueve pasos de fauna específicos (dos superiores y siete inferiores), y adecuación y reforestación de sus embocaduras. Los pasos superiores tienen un tablero de 20 m de anchura y se han ubicado en sectores en los que la vía intercepta una duna.
- Cerramiento perimetral de la vía en 96 km. Con un vallado adaptado, de 3 m de altura, con los 50 cm de la base enterrados y la parte superior en visera.
- Desbroce perimetral de la vía en 148 km. Se desbrozan periódicamente ambos márgenes de la vía.
- Adecuación de drenajes preexistentes. Se acondicionan puentes y obras de drenaje ya existen-

tes para facilitar el paso de fauna, mediante limpieza, modificación de márgenes y habilitación de bandas secas.

Otros datos

Administración responsable: Dirección General de Carreteras. Consejería de Obras Públicas y Vivienda. Junta de Andalucía.

Financiación: Cofinanciación de la Junta de Andalucía y la Unión Europea, a través de fondos LIFE. Proyecto LIFE06/NAT/E/000209 *Acción C.4.1: Adecuación de carreteras en el área de distribución actual, expansión y reintroducción.*

Seguimiento previsto o realizado: se realiza un seguimiento sistemático de las estructuras de paso y revisión del resto de las actuaciones por parte del equipo LIFE-LINCE de la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía, constatándose el uso de pasos de fauna por parte del lince, así como de otras especies presentes en los alrededores a través de un sistema combinado de fototrampeo y registro de huellas.

Se ha previsto también contrastar la información sobre el uso de los pasos con la presencia en las proximidades de los mismos de lince equipados con collares emisores. Estos datos permitirán realizar manejos adaptativos de las estructuras que mejoren su efectividad.

Fuentes de información

Junta de Andalucía. 2006. *Proyecto LIFE06NAT/E/000209.*

Junta de Andalucía. 2007. *Proyecto de Construcción: Cerramientos en carreteras de Doñana para el lince Ibérico. Carretera A-483, tramo El Rocío-Matalascañas.*

Junta de Andalucía. 2008. *Proyecto de Construcción: Pasos para fauna en la A-483 y A-494. Medidas de adecuación en carretera de Doñana para el lince ibérico*



Figura 6.21. Vallado perimetral adaptado para el lince, de 3 m de altura, enterrado 50 cm, y con visera superior. Foto: Junta de Andalucía



Figura 6.22. Construcción de pasos inferiores con módulos prefabricados. Foto: Junta de Andalucía



Figura 6.23. Paso inferior de reciente construcción entre Matalascañas y Mazagón. Foto: Junta de Andalucía



Figura 6.24. Construcción de pasos superiores. Foto: Junta de Andalucía

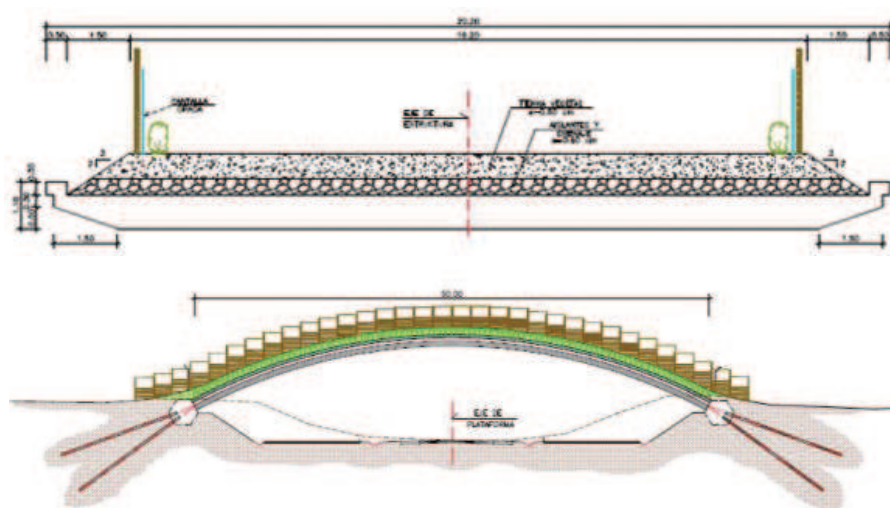


Figura 6.25. Secciones longitudinal y transversal de un paso superior. Fuente: Proyecto de Construcción: Pasos de fauna en A-483 y A-494. Junta de Andalucía (2008).

Descripción de la actuación

En 1998 se iniciaron los trámites para transformar en carretera una vía forestal asfaltada, situada en el municipio de Almonte, en la comarca de Doñana. Aunque se adaptó una vía ya existente, la actuación se trató bajo la consideración de proyecto de nuevo trazado y, por lo tanto, fue sometida a Evaluación de Impacto Ambiental. Para reducir los impactos sobre la fauna del lugar se aplicaron algunas actuaciones de desfragmentación de los hábitats, consistentes en la modificación del trazado inicial de la vía para alejarlo de una zona con lagunas, la adaptación o construcción de pasos de fauna (especialmente destinados a lince ibérico, *Lynx pardinus*, y a distintas especies de anfibios), la instalación de cerramiento perimetral para evitar los atropellos y otras actuaciones encaminadas a concienciar a los usuarios de la vía y a reducir la velocidad de circulación por la misma.

Objetivo

- Identificar las zonas prioritarias a desfragmentar
- ✓ ● Reducir la mortalidad de fauna y los accidentes causados por fauna silvestre
- ✓ ● Reducir el efecto barrera de las infraestructuras en funcionamiento facilitando el paso de fauna
- Restablecer la continuidad física entre los fragmentos de hábitats seccionados por las infraestructuras
- Restablecer la conectividad ecológica entre hábitats o áreas de especial interés de conservación
- Mitigar las perturbaciones que afectan a la composición y calidad de los hábitats de los márgenes
- Eliminar el conjunto de impactos de la vía

Especies o hábitats a los que va destinada

Lince ibérico (*Lynx pardinus*)
Anfibios, como el sapo de espuelas (*Pelobates cultripes*), la ranita meridional (*Hyla meridionalis*) o el sapo corredor (*Bufo calamita*).

Localización

Vía: carretera HF-6248 (desde la Intersección con la A-483 al cruce con la HF-6245, en Los Cabezudos)

Municipio y comunidad autónoma: Almonte (comarca de Doñana), Huelva. Andalucía.

Espacios naturales próximos: Parque Natural de Doñana, y Parque Nacional de Doñana, Lugares de Importancia Comunitaria (LIC) y Zonas de Especial Protección para las Aves (ZEPA) incluidos en la Red Natura 2000.

Diagnóstico

El lince ibérico está considerado por la UICN como el felino más amenazado de extinción a nivel mundial y está calificado como especie 'En peligro de Extinción' en el Catálogo Español de Especies Amenazadas, en el Catálogo Andaluz de Especies Amenazadas y en el Libro Rojo de los Vertebrados Amenazados de Andalucía (véase Ficha 5).

Las obras de acondicionamiento de la vía forestal HF-6248 (desde la Intersección con la A-483 al cruce con la HF-6245, en Los Cabezudos), se integran dentro del programa de infraestructuras definido específicamente para el entorno de Doñana, e inicialmente consistían en la transformación de una pista forestal asfaltada en una nueva carretera de una calzada y con sección de 7 m para el acceso a Doñana y al frente costero.

Esta vía forestal cruza, en sus primeros dos kilómetros, una zona muy transformada por la actividad humana del municipio de Almonte, con marcada vocación agrícola, para posteriormente internarse y atravesar una extensa formación de pino piñonero (*Pinus pinea*) sobre arenas que forma parte de las grandes masas forestales del entorno de Doñana. Este tramo no atraviesa espacios naturales protegidos, aunque posee titularidad de monte público y se encuentra incluido en el catálogo provincial del Plan Especial de Protección del Medio Físico, contando con los valores naturales comunes al resto de formaciones forestales de Doñana y su entorno.

La comunidad faunística es ampliamente conocida y valorada destacando la presencia del lince

ibérico. También la existencia de zonas lagunares cercanas a la traza evidencian el riesgo de atropellos de anfibios.

El proyecto de acondicionamiento inicial fue aprobado en 1998. Posteriormente, al considerar que se trataba de un proyecto de nuevo trazado, ya que la vía existente era legalmente solo una vía forestal y no carretera, se decidió iniciar procedimiento de Evaluación de Impacto Ambiental. La Declaración de Impacto Ambiental, de octubre de 2000, fue favorable, pero condicionaba su ejecución al cumplimiento de medidas preventivas y correctoras. Al proyecto finalmente ejecutado se añadieron medidas específicas para la fauna, destinadas principalmente a evitar el atropello de ejemplares de lince, y evitar la fragmentación de su habitat y la separación de poblaciones.

Las obras del proyecto modificado se iniciaron en marzo de 2001 y la puesta en servicio de la vía se produjo en febrero de 2002.

Medidas

Las medidas incorporadas al proyecto que permiten reducir los impactos de la vía preexistente son los siguientes:

- Modificación del trazado original de la pista forestal, para alejarla de una zona lagunar (Laguna de La Mar).
- Medidas correctoras sobre el efecto barrera, principalmente encaminadas a favorecer la permeabilidad:
- Sobredimensionado de obras de drenaje transversal.
- Inclusión de puentes y pequeñas estructuras, así como construcción de banquetas laterales en las mismas y pequeños diques transversales en las soleras al objeto de retener arenas.
- Instalación de pasos para anfibios.

Además, el proyecto incorporó medidas destinadas a evitar los atropellos de fauna silvestre, que podrían aumentar con el asfaltado de la vía y el aumento de la velocidad de circulación de los vehículos:

- Cerramiento perimetral del trazado en los tramos sensibles y colocación de rampas de escape del cerramiento para fauna vertebrada (diseño específico para lince).
- Creación de una franja disuasoria para el cruce de fauna, consistente en el mantenimiento de franjas de terrenos desbrozados a ambos lados del trazado.
- Colocación de reflectores para la fauna.

Además, en los tramos sensibles, se aplicaron otras medidas tendentes a limitar la velocidad de circulación y concienciar al usuario:

- Limitación de velocidad hasta un máximo de 40 km/h.
- Tratamiento específico del pavimento para alterar a los conductores del cruce por un tramo especialmente sensible, mediante la pigmentación en verde del pavimento y otros efectos.
- Construcción de glorietas.
- Instalación de carteles informativos sobre el objetivo de las medidas para informar y sensibilizar a los usuarios de las vías.

Otros datos

Administración responsable: Dirección General de Carreteras. Consejería de Obras Públicas y Vivienda. Junta de Andalucía.

Financiación: Administración responsable del proyecto.

Seguimiento previsto o realizado: se realizaron informes semestrales durante los dos primeros años, por la entonces Consejería de Obras Públicas y Transportes de la Junta de Andalucía.

Fuentes de información

Junta de Andalucía. 2001. *Proyecto de Construcción del Acondicionamiento de la carretera HF-6248. Tramo: Intersección A-483 al PK. 1,200 de la HF-6245 (Los Cabezudos)*. GLASA-Dirección General de Infraestructuras Viarias. Consejería de Obras Públicas y Transportes.



Figura 6.27. Acceso a un paso para anfibios. Foto: Junta de Andalucía.



Figura 6.28. Perfiles metálicos para guiar a los anfibios hasta el paso. Foto: Junta de Andalucía.



Figura 6.29. Estructura sobre un cauce con banquetas laterales y diques entre orillas. Foto: Junta de Andalucía.



Figura 6.30. Paso específico para lince. Foto: Junta de Andalucía.



Figura 6.31. Rampas de escape, construidas mediante madera y tierra. Foto: Junta de Andalucía.



Figura 6.32. Firme coloreado y glorietas para ralentizar el tráfico. Foto: Junta de Andalucía.

Descripción de la actuación

En el marco del proyecto LIFE-GERVE (Gestión Ecosistémica de Ríos con Visión Europeo) se llevó a cabo la identificación de los puntos negros de atropello de visón europeo (*Mustela lutreola*) en carreteras de Navarra, la mayor parte de los cuales fueron localizados en sectores en los que las carreteras interceptan cursos de agua. Esta identificación llevó a la posterior aplicación de medidas para reducir los atropellos (primera causa de mortalidad de la especie en Navarra) y facilitar asimismo los desplazamientos de la especie a lo largo de los cauces. El seguimiento posterior realizado puso de relieve la elevada utilización de las banquetas laterales instaladas en drenajes por parte del visón europeo –y de la nutria (*Lutra lutra*)–, aunque otras medidas adoptadas para reducir la mortalidad de la especie precisan de un elevado mantenimiento o se revelan como poco efectivas.

Objetivo

- Identificar las zonas prioritarias a desfragmentar
- ✓ ● Reducir la mortalidad de fauna y los accidentes causados por fauna silvestre
- ✓ ● Reducir el efecto barrera de las infraestructuras en funcionamiento facilitando el paso de fauna
- Restablecer la continuidad física entre los fragmentos de hábitats seccionados por las infraestructuras
- Restablecer la conectividad ecológica entre hábitats o áreas de especial interés de conservación
- Mitigar las perturbaciones que afectan a la composición y calidad de los hábitats de los márgenes
- Eliminar el conjunto de impactos de la vía

Especies o hábitats a los que va destinada

Visón europeo (*Mustela lutreola*).
Nutria (*Lutra lutra*).

Localización

Vía: carreteras NA- 5500, NA-660, NA-128, NA-124 y NA-122.

Municipio y comunidad autónoma: Carcastillo, Murillo el Fruto, Mélida, Santacara, Murillo el Cuende, Caparroso, Marcilla, Funes, Peralta, Falces y Villafranca. Navarra.

Espacios naturales próximos: Lugar de Importancia Comunitaria (LIC) Tramos Bajos del Aragón y del Arga, incluido en la Red Natura 2000. Las actuaciones se realizan en el interior del espacio natural y en carreteras del entorno.

Diagnóstico

El visón europeo es, junto al lince ibérico (*Lynx pardinus*), el carnívoro más amenazado de todo el Paleártico y una de las especies en mayor riesgo de desaparición de todo el planeta. Esta especie se encuentra calificada como especie 'En peligro de Extinción' por el Catálogo Español de Especies Amenazadas y como 'Vulnerable' por el Catálogo de Especies Amenazadas de Navarra. Está incluida en el Libro Rojo de los vertebrados y 'En Peligro Crítico' a nivel europeo desde mayo de 2007. Navarra constituye uno de los últimos y más destacados refugios para la población Ibérica de esta desconocida y singular especie. En la confluencia de los ríos Arga y Aragón se ha detectado el núcleo de mayor densidad de la población occidental europea.

La primera causa de mortalidad del visón europeo en toda su área de distribución en Navarra son los atropellos. La detección de visones europeos muertos por atropello (y también de nutrias –calificada como especie 'En peligro de extinción' por el Catálogo de Especies Amenazadas de Navarra–), se da especialmente en los puntos de intersección de las vías con cursos de agua que no disponen de estructuras de paso adecuadas para la especie.

En el marco del proyecto LIFE-GERVE, impulsado por el Gobierno de Navarra a través de Gestión Ambiental, Viveros y Repoblaciones de Navarra, SA (GAVRN) y desarrollado entre 2005 y 2007, se llevó a cabo la adecuación de las estructuras de

ADECUACIÓN DE PASOS DE FAUNA PARA RESTABLECER LA CONECTIVIDAD DE LOS CORREDORES FLUVIALES PARA EL VISÓN EUROPEO EN LAS CARRETERAS DE NAVARRA

paso de cursos fluviales en su intersección con la red viaria para facilitar el desplazamiento de la especie, así como medidas complementarias para reducir los puntos negros de atropello.

La detección de puntos negros se realizó tanto por los técnicos de GAVRN encargados del seguimiento del visón europeo en la zona, como por el cuerpo de guardería de Medio Ambiente del Gobierno de Navarra. Recopilada la información, el equipo técnico de GAVRN y de la Sección de Hábitats del Gobierno de Navarra diseñó las medidas a adoptar en cada caso. Las acciones aquí presentadas fueron promovidas por la Sección de Hábitats del Gobierno de Navarra y financiadas conjuntamente con la Comisión Europea. La redacción, dirección y ejecución del proyecto corrió a cargo de GAVRN.

Medidas

Las principales medidas aplicadas fueron las siguientes:

- Adecuación de banquetas laterales en obras de drenaje, consistentes en plataformas de postes cilíndricos de madera tratada anclados a las paredes, para mejorar la permeabilidad del paso. El objetivo era facilitar bandas laterales de paso para conectar de manera efectiva los corredores fluviales utilizados por el visón europeo en sus desplazamientos. Estas banquetas están conectadas mediante rampas secas con los márgenes de los cursos de agua y permiten al visón en sus desplazamientos atravesar la intersección entre estos y las carreteras sin abandonar el cauce y, por lo tanto, reducir así el riesgo de atropello.
- Construcción de pasos de fauna específicos, construyendo una banqueta lateral en una de las orillas de la obra de drenaje y un paso seco en la otra margen, fuera del marco de hormigón. De esta manera se asegura la existencia de pasos secos en las dos márgenes del cauce, a la vez que no disminuye significativamente la sección de desagüe del drenaje.
- Adecuación de las zapatas de la obra de drenaje como banquetas laterales y colocación de piedras de escollera que actúen como repisa y faciliten la conexión entre las banquetas y la orilla.

- Eliminación de la vegetación de los márgenes de la vía encima de las estructuras mediante hormigonado o colocación de geotextil, con el objeto de impedir el desarrollo de la vegetación en estas zonas para crear una zona inhóspita para el visón europeo antes de alcanzar la calzada e incrementar la visibilidad, la cautela y la detección de la aproximación de los vehículos por parte del animal.
- La actuación se completó con la instalación de rejas metálicas para evitar la entrada de los visones europeos en elementos del sistema de drenaje de las carreteras (sifones) de los que no tiene posibilidad de salida.

Otros datos

Administración responsable: Departamento de Desarrollo Rural y Medio Ambiente. Dirección General de Medio Ambiente y Agua. Gobierno de Navarra / GAVRN.

Financiación: financiación conjunta por Gobierno de Navarra y Comunidad Europea (CE).

Seguimiento previsto o realizado: durante el año posterior a las obras se realizó el seguimiento de obras de adecuación de los pasos de fauna mediante fototrampeo y bandas de marmolina para comprobar su uso por el visón europeo y la nutria. Además, se realizaron inspecciones de campo para determinar la eficacia de las medidas de eliminación de la vegetación en las intersecciones de las acequias con la carretera y también de las rejillas colocadas en los sifones de los sistemas de riego. Las principales conclusiones del seguimiento fueron:

- Las medidas de permeabilización de estructuras existentes basadas en la adecuación de banquetas laterales (de madera o piedra), la colocación de rampas en zapatas y también la construcción de pasos de fauna específicos son efectivas para el visón europeo y la nutria.
- Las medidas adoptadas para la ruptura de la continuidad vegetal resultaron eficaces, pero necesitan de mantenimiento periódico.
- La colocación de rejillas no es un método efectivo para evitar el ahogamiento del visón europeo en sifones ya que necesitan de un mantenimiento intensivo que evite su obstrucción, independientemente del grado de inclinación de las mismas.

Fuentes de información

LIFE-GERVE. 2006.: Gestión Ecosistémica de Ríos con Visión Europeo. LIFE Naturaleza.



Figura 6.33. Obra de drenaje adecuada para el visón europeo en el proyecto LIFE GERVE, antes y después de la actuación: colocación de banquetas laterales a lo largo de la obra de drenaje. Fotos: GAVRN.



Figura 6.34. Combinación de marco prefabricado con banquetta lateral en la margen izquierda y un tubo seco en la margen derecha. Foto: GAVRN, LIFE GERVE.



Figura 6.35. Instalación de geotextil que evita el desarrollo de la vegetación en el tramo de intersección entre la acequia y el sifón con la carretera. Foto: GAVRN, LIFE GERVE.



Figura 6.36. Visón europeo (izquierda) y nutria (derecha) utilizando banquetas laterales de enchachado y hormigón para atravesar sendos drenajes. Fotos: GAVRN, LIFE GERVE.

Descripción de la actuación

El río Longar constituye un corredor ecológico entre dos espacios de interés para la conservación del visón europeo (*Mustela lutreola*): el embalse de las Cañas y el río Ebro. Sin embargo, se detectó un punto de concentración de atropellos de la especie en la intersección de este corredor con la carretera NA-134, debido a que el puente bajo esta carretera no permitía el paso de la especie y los visones debían cruzar la carretera por encima de la calzada. Se llevó a cabo la adecuación del puente mediante la construcción de banquetas laterales y se realizó un seguimiento en el año posterior a las obras, en el que se constató la utilización del mismo por parte de la especie, así como por la nutria (*Lutra lutra*).

Objetivo

- Identificar las zonas prioritarias a desfragmentar
- ✓ ● Reducir la mortalidad de fauna y los accidentes causados por fauna silvestre
- ✓ ● Reducir el efecto barrera de las infraestructuras en funcionamiento facilitando el paso de fauna
- Restablecer la continuidad física entre los fragmentos de hábitats seccionados por las infraestructuras
- Restablecer la conectividad ecológica entre hábitats o áreas de especial interés de conservación
- Mitigar las perturbaciones que afectan a la composición y calidad de los hábitats de los márgenes
- Eliminar el conjunto de impactos de la vía

Especies o hábitats a los que va destinada

Visón europeo (*Mustela lutreola*)
Nutria (*Lutra lutra*)

Localización

Vía: carretera NA-134 (tramo límite provincial – Mendavia).

Municipio y comunidad autónoma: Viana. Navarra.

Espacios naturales próximos: proximidad al espacio protegido Embalse de las Cañas, Lugar de Importancia Comunitaria (LIC) y Zona de Especial Protección para las Aves (ZEPA) incluido en la Red Natura 2000, y al LIC Sotos y Riberas del Ebro (en La Rioja), incluido en la Red Natura 2000.

Diagnóstico

El visón europeo es, junto al lince ibérico (*Lynx pardinus*), el carnívoro más amenazado de todo el Paleártico y una de las especies en mayor riesgo de desaparición de todo el planeta. Esta especie se encuentra calificada como especie 'En peligro de Extinción' por el Catálogo Español de Especies Amenazadas y como 'Vulnerable' por el Catálogo de Especies Amenazadas de Navarra. Está incluida en el Libro Rojo de los vertebrados y 'En Peligro Crítico' a nivel europeo desde mayo de 2007. Navarra constituye uno de los últimos y más destacados refugios para la población Ibérica de esta desconocida y singular especie.

La población de visón europeo presente en el embalse de Las Cañas no es una población aislada sino que mantiene continuidad con la del río Ebro con la que está conectada a través del río Longar, el cual es utilizado como corredor también por la nutria y otras especies. La conexión entre ambas subpoblaciones es vital para su conservación y para ello es necesario asegurar que pueda haber intercambio de individuos entre ellas. Determinados tramos de este corredor no se encuentran en un estado favorable de conservación, lo que disminuye su funcionalidad y la conectividad entre ambos espacios naturales.

La mayor amenaza a la funcionalidad del corredor era la existencia de un punto negro de mortalidad de visón europeo por atropello en la carretera, en el puente de Artilleros, punto de intersección entre la NA-134 y el río Longar. Si dicho río ya se vio reducido a un estrecho canal con una banda de vegetación muy somera, en este punto se encontraba totalmente encajado por las paredes estructurales del puente, sin que existiera paso seco permanente por encima del nivel del agua en ninguna de las orillas. Tampoco existía un acceso favorable en el entorno inmediato al puente que favoreciera el paso de fauna silvestre hacia su interior.

Considerando esta situación, la Sección de Hábitats del Gobierno de Navarra promovió la adecuación de este puente como paso de fauna. La redacción, dirección y ejecución del proyecto estuvo a cargo de Gestión Ambiental, Viveros y Repoblaciones de Navarra SA (GAVRN).

Medidas

Las medidas aplicadas fueron las siguientes:

- Tratamiento de la vegetación existente. Limpieza de las zarzas presentes junto al río, aguas arriba y abajo del puente para facilitar la localización de los accesos del paso. Corta de ramas secas de árboles que impedían el acceso al puente.
- Colocación de estructuras para facilitar el paso de fauna:
 - Colocación de una pasarela de madera sobre escuadras metálicas instalada en la pared izquierda del puente, siempre por encima del nivel de aguas altas, para garantizar la existencia de al menos un paso seco durante las mayores avenidas.
 - Colocación de una estructura longitudinal compuesta de gaviones de malla electrosoldada que conecta ambos extremos del margen derecho del puente. En este caso como podía quedar inundada, se diseñó de forma que pudiera resistir las posibles avenidas.
- Adecuación de márgenes.
 - Reperfilado de la orilla izquierda aguas arriba del puente de Artilleros, mediante retroexcavadora, hasta conseguir dar continuidad al tramo de orilla que cuenta con una repisa natural a 1 m sobre el nivel del agua.

- Colocación de gaviones flexibles de 40 cm de diámetro y 2 m de longitud, rellenos de gravas, a lo largo de las orillas. Esta estructura con el objetivo de generar orillas artificiales donde al cabo de poco tiempo se desarrollase vegetación natural que facilitara el movimiento de las especies de fauna a lo largo del río Longar.

Otros datos

Administración responsable: Departamento de Desarrollo Rural y Medio Ambiente. Dirección General de Medio Ambiente y Agua. Gobierno de Navarra / GAVRN.

Financiación: Administración responsable y fondos de la Obra Social La Caixa.

Seguimiento previsto o realizado: durante el año posterior a las obras se realizó el seguimiento de obras de adecuación de los pasos de fauna mediante fototrampeo para comprobar su utilización por los carnívoros silvestres. El seguimiento fue realizado por parte de GAVRN, y se constató el uso del puente como paso de fauna por parte del visón europeo y la nutria.

Fuentes de información

Gestión Ambiental, Viveros y Repoblaciones de Navarra S.A. 2009. Proyecto de permeabilización del puente de Artilleros (Cruce NA-134 – río Longar) al paso de mamíferos semiacuáticos. Gobierno de Navarra / Obra Social La Caixa.



Figura 6.37. Estado del interior de la estructura antes de la actuación. Año 2009. Foto: GAVRN.



Figura 6.38. Estado de los accesos a la estructura antes de la actuación. Año 2009. Foto: GAVRN.



Figura 6.39. Trabajos de desbroce en los accesos a la estructura. Año 2009 Foto: GAVRN.



Figura 6.40. Estado de los accesos tras las obras de adecuación. Año 2009. Foto: GAVRN.



Figura 6.41. Nutria y huellas de visón europeo en el interior del puente de Artilleros. Año 2010. Foto: GAVRN.



Descripción de la actuación

Los atropellos en las carreteras representan una de las principales causas de mortalidad no natural del visón europeo (*Mustela lutreola*). En La Rioja se realiza el registro de los atropellos de la especie desde la década de 1980, hecho que permitió identificar los principales puntos negros de atropello en las carreteras de esta comunidad autónoma, la mayor parte ubicados en puntos en los que estas interceptan cursos fluviales. En el año 2008 se llevó a cabo una evaluación de los 22 puntos negros identificados con el objetivo de analizar las características de las carreteras y hábitats de su entorno en estos puntos y determinar las deficiencias que inciden en la presencia de esta causa de mortalidad. En el estudio se realizaron propuestas para la mejora de la permeabilidad en estos puntos consistentes en la adecuación de drenajes o su sustitución por viaductos (en carreteras con previsión de acondicionamiento futuro) y en la adecuación de los hábitats.

Objetivo

- ✓ ● Identificar las zonas prioritarias a desfragmentar
- ✓ ● Reducir la mortalidad de fauna y los accidentes causados por fauna silvestre
- ✓ ● Reducir el efecto barrera de las infraestructuras en funcionamiento facilitando el paso de fauna
 - Restablecer la continuidad física entre los fragmentos de hábitats seccionados por las infraestructuras
 - Restablecer la conectividad ecológica entre hábitats o áreas de especial interés de conservación
 - Mitigar las perturbaciones que afectan a la composición y calidad de los hábitats de los márgenes
 - Eliminar el conjunto de impactos de la vía

Especies o hábitats a los que va destinada

Visón europeo (*Mustela lutreola*)

Localización

Vía: carretera N-232 y otras de la red viaria en La Rioja (LO-20, LR-111, LR-113, LR-134, LR-200, LR-256, LR-259, N-120).

Municipio y comunidad autónoma: diversos municipios de La Rioja.

Espacios naturales próximos: -

Diagnóstico

El visón europeo es, junto al lince ibérico (*Lynx pardinus*), el carnívoro más amenazado de todo el Paleártico y una de las especies en mayor riesgo de desaparición de todo el planeta. Esta especie se encuentra calificada como especie 'En peligro de Extinción' por el Catálogo Español de Especies Amenazadas y por el Catálogo Regional de Especies Amenazadas de la Flora y Fauna Silvestre de La Rioja. Es una especie incluida en el Libro Rojo de los vertebrados y 'En Peligro Crítico' a nivel europeo desde mayo de 2007. En 2007 se estimó en La Rioja una población de unos 140 ejemplares adultos (TRAGSA 2008), población que se viene manteniendo estable desde los primeros censos realizados a finales de los 90. Recientemente parece que la especie está ampliando su área de distribución hacia el este (Aragón) y a su vez desapareciendo de algunos ríos en el norte peninsular (País Vasco), debido principalmente a la fragmentación del hábitat y a la presencia del visón americano.

En La Rioja, el visón europeo cuenta con un Plan de Recuperación (Decreto 14/2002, de 1 de marzo), y las actuaciones para su conservación han sido financiadas con fondos europeos a través del Proyecto LIFE-Naturaleza de conservación del visón europeo en La Rioja, llevado a cabo entre los años 2001 y 2004.

En un estudio realizado en el contexto global de la población de visón europeo en el Estado español (Palazón *et al.* 2008), se concluyó que los atropellos son la principal causa de mortalidad no natural de esta especie, llegando a suponer hasta el 90% de las muertes registradas en las décadas de 1980 a 2000. En La Rioja, la mortalidad por atropello destaca en el primer lugar de mortalidad de origen antrópico según el Plan de Recuperación de la especie.

Por todos estos motivos, en 2008 se realizó un análisis de los puntos de la red viaria en La Rioja en los que se habían registrado previamente atropellos de visón europeo. En este estudio (Minuartia 2008) se analizaron datos de 25 atropellos ocurridos entre 1997 y 2008 localizados en 22 puntos diferentes.

Medidas

De la caracterización de los atropellos de visón europeo en La Rioja, a partir de los resultados del estudio realizado en 2008, destacaban los siguientes aspectos:

- Se observó una concentración de atropellos en torno a la época de apareamiento de la especie (de marzo a abril), y afectaba mayoritariamente a machos.
- Uno de cada cuatro atropellos se produjo a menos de 5 km del río Ebro, en zonas con elevadas densidades de población de visón europeo y a partir de las cuales los animales se desplazan hacia sus afluentes. Además, en esta franja se concentran las infraestructuras viarias con más intensidad de tráfico de La Rioja.
- El 84% de los atropellos se produjeron en zonas cercanas a hábitats acuáticos.
- 19 atropellos se localizaron en vías integradas en la red básica o secundaria de carreteras de La Rioja; tres atropellos tuvieron lugar en autovías o carreteras con cerramiento perimetral; y tres atropellos ocurrieron en caminos agrícolas.

El estudio aportaba orientaciones generales para el diseño de medidas correctoras para ser aplicadas en futuros proyectos de acondicionamiento o construcción de infraestructuras de transporte, especialmente cuando afecten a espacios de interés, pero también para aplicar en proyectos de construcción o mejora de infraestructuras hidráulicas.

Las propuestas para reducir los impactos en los puntos analizados en el estudio se centraban básicamente en dos ejes:

- Adecuación del interior de las estructuras de drenaje, puentes o viaductos, con el objetivo de facilitar el paso de visones a través de ellos incluso durante épocas de crecidas de agua (mantenimiento de franjas laterales similares a las condiciones del entorno o, como mínimo, banquetas elevadas).

- Adecuación de los hábitats en los accesos y el entorno más próximo a la estructura, para facilitar la conducción de los animales a puntos de cruce seguros y evitar que abandonen los márgenes del cauce por donde se desplazan y accedan a la calzada.

Partiendo de estas premisas, las propuestas realizadas para corregir los puntos negros detectados fueron las siguientes:

- En cinco de los puntos de atropello inspeccionados se recomendó aplicar medidas correctoras a corto plazo, principalmente basadas en la construcción o instalación de plataformas en el interior de las estructuras y adecuación de los hábitats.
- En un punto de atropello (considerado de actuación prioritaria) se propuso la sustitución de la estructura de drenaje existente por otra de mayores dimensiones y con plataformas laterales adecuadas.
- En tres puntos (todos localizados en la carretera N-232) se recomendó incorporar en los proyectos de acondicionamiento de la vía (estaba previsto su desdoblamiento) la sustitución de las estructuras existentes por otras de mayores dimensiones (pudiendo requerir elevar la rasante de la carretera) y la adecuación de los hábitats en las proximidades de las estructuras.

Cabe destacar también que en dos puntos se recomendaba realizar un análisis de los tramos de canales o acequias paralelos a la carretera, para identificar las medidas aplicables para evitar el acceso de los visones desde estos cursos de agua hacia la calzada.

Finalmente, en diez de los puntos de atropello analizados no se proponía ninguna actuación, ya que se localizaban en sectores en los que habían desaparecido los hábitats adecuados para la especie (por cambios en los usos del suelo) o en los que se había producido un solo atropello y no era previsible que se produjeran nuevos atropellos.

A partir de los resultados de este estudio, el Gobierno de La Rioja editó el *Manual técnico para reducir el riesgo de atropellos de visón europeo en la Comunidad Autónoma de La Rioja* (Tragsega 2008), con el objetivo de poder incorporar medidas correctoras en otros puntos de atropello que pudieran ser identificados posteriormente.

Otros datos

Administración responsable: Consejería de Turismo, Medio Ambiente y Política Territorial. Gobierno de La Rioja.

Financiación: Administración responsable.

Seguimiento previsto o realizado: en el estudio realizado se recomendaba mantener el registro de atropellos de visón europeo y, una vez aplicadas las actuaciones propuestas, realizar inspecciones periódicas a las estructuras acondicionadas para el paso de los animales para verificar el estado de las medidas y realizar un control del uso de pasos por parte de los animales.

Fuentes de información

Minuartia. 2008. *Propuesta de medidas correctoras para reducir la mortalidad por atropello de visón europeo en las carreteras de La Rioja*. Tragsega-Consejería de Turismo, Medio Ambiente y Política

Territorial, Gobierno de La Rioja. 56 pp + Anexos. Informe inédito.

Palazón, S., Gómez, A. & López de Luzuriaga, J. 2008. Non natural mortality of European mink (*Mustela lutreola*) in northern Spain. Comunicación en formato poster presentado en: *Colloque Les mammifères semi-aquatiques des Pyrénées. De la connaissance à la conservation*. Saint-Girons, Ariège (Francia), 5 a 8 de junio de 2008.

Tragsa. 2008. *Monitorización de la población de visón europeo (Mustela lutreola) en la comunidad autónoma de La Rioja*, 2007. Consejería de Turismo, Medio Ambiente y Política Territorial, Gobierno de La Rioja. 67 pp. Informe inédito.

Tragsega 2008. *Manual técnico para reducir el riesgo de atropellos de visón europeo en la Comunidad Autónoma de La Rioja*. Consejería de Turismo, Medio Ambiente y Política Territorial, Gobierno de La Rioja. 15 pp. Informe inédito.



Figura 6.42. El Plan de Recuperación del visón europeo define tramos de río como área de interés para la especie (como el tramo del Najerilla en la imagen izquierda). Otros hábitats acuáticos y riparios se incluyeron en la Red Natura 2000 debido a la presencia de la especie (como el tramo del río Ebro de la imagen derecha, perteneciente al LIC Sotos y Riberas del Ebro). Fotos: Minuartia.



Figura 6.43. Visón europeo. Foto: Asun Gómez.



Figura 6.44. La ausencia de franjas secas en las estructuras de drenaje por las que cruzan acequias o canales favorece que los visones europeos accedan por el talud a la calzada, incrementando el riesgo de atropello. Fotos: Minuartia.

Descripción de la actuación

En el año 2000, el proyecto de desdoblamiento de un tramo de la carretera C-260, que afectaba a la Reserva Natural Integral Els Estanys (en el Parque Natural de Aiguamolls de l'Empordà), incorporó –a petición del equipo gestor del Parque– la construcción de 16 pasos de fauna, además de la instalación de vallado perimetral, así como otras medidas para evitar la mortalidad de aves. En 2001 y en 2009 se llevaron a cabo sendos seguimientos de esta actuación y los resultados de los mismos permitieron realizar propuestas para mejorar la efectividad de las medidas implantadas y reducir los conflictos existentes.

Objetivo

- Identificar las zonas prioritarias a desfragmentar
- ✓ ● Reducir la mortalidad de fauna y los accidentes causados por fauna silvestre
- ✓ ● Reducir el efecto barrera de las infraestructuras en funcionamiento facilitando el paso de fauna
- Restablecer la continuidad física entre los fragmentos de hábitats seccionados por las infraestructuras
- Restablecer la conectividad ecológica entre hábitats o áreas de especial interés de conservación
- Mitigar las perturbaciones que afectan a la composición y calidad de los hábitats de los márgenes
- Eliminar el conjunto de impactos de la vía

Especies o hábitats a los que va destinada

Pasos de fauna para distintos grupos faunísticos y en particular para carnívoros (nutria, *Lutra lutra*, y turón, *Mustela putorius*) y para ungulados (jabalí, *Sus Scrofa*, y gamo, *Dama dama*).

Localización

Vía: carretera C-260 (tramo Castelló d'Empúries – Roses).

Municipio y comunidad autónoma: Castelló d'Empúries y Roses (comarca del Alt Empordà), Girona. Cataluña.

Espacios naturales próximos: Reserva Natural Integral Els Estanys del Parque Natural de Aiguamolls de l'Empordà, Lugar de Importancia Comunitaria (LIC) y Zona de Especial Protección para las Aves (ZEPA) incluido en la Red Natura 2000, y humedal RAMSAR.

Diagnóstico

La carretera C-260 es una vía con una elevada intensidad de tráfico, especialmente durante el período estival, por ser un acceso preferente al sector norte de la Costa Brava. Cruza el Parque Natural de Els Aiguamolls de l'Empordà, espacio natural protegido que alberga poblaciones de anfibios, reptiles y aves de elevado interés, así como poblaciones de nutria, turón, jabalí o gamo, por citar algunos mamíferos.

En el tramo objeto de estudio (de poco más de dos kilómetros de longitud), la carretera fue ampliada y desdoblada en el año 2000, afectando a un sector declarado Reserva Natural Integral. Por ello, a petición del Parque Natural, se incorporó la construcción de varios pasos para la fauna.

Las características de la carretera desdoblada son: vía segregada con doble carril por sentido de circulación y mediana de separación de hormigón, sin calzadas de servicio y construida en su totalidad sobre un terraplén de unos 4 m de altura.

La carretera discurre por una zona con poblaciones densas de jabalí que ocasiona notables conflictos de seguridad vial. Por ese motivo se instaló vallado perimetral a la carretera, pero únicamente en el tramo que discurre por el interior del Parque Natural.

Medidas

Las medidas que se aplicaron fueron las siguientes:

- Incorporación de 16 estructuras de permeabilización:
 - Cuatro pasos de dimensiones reducidas: entre 1 y 3 m de anchura, principalmente destinadas a mustélidos como el tejón (*Meles meles*) y el turón.
 - Tres pasos de mayores dimensiones: 10 – 11 m de anchura, principalmente destinados a jabalí y gamo y que cuentan con adaptaciones para facilitar el paso de nutria.
 - Nueve pasos para anfibios (80 cm de diámetro), aunque no se instalaron las estructuras de guía indispensables en estos casos.
- Instalación de vallado perimetral para evitar el acceso de los animales a la calzada y guiarlos hacia los pasos de fauna.
- De manera complementaria se adoptaron medidas específicas para forzar el levantamiento del vuelo de las aves y evitar las colisiones con los vehículos mediante la plantación de tarais (*Tamarix* sp.) en una mota de tierra de 1,2 m construida al margen de la vía.
- También se instalaron dos pantallas acústicas para reducir la perturbación por ruido en dos zonas en las que nidifica una elevada densidad de aves.

Otros datos

Administración responsable: Departament de Política Territorial i Obres Públiques. Direcció General de Carreteres-Gestió d'Infraestructures SA (GISA). Generalitat de Catalunya.

Financiación: Administración responsable.

Seguimiento previsto o realizado: con posterioridad a la entrada en funcionamiento de la nueva carretera, el entonces Departament de Política Territorial i Obres Públiques encargó la realización del seguimiento de la efectividad de los pasos de fauna construidos. Se realizó un año de seguimiento de las medidas en 2001 (Minuartia 2002), que se basó en la determinación del uso de las distintas estructuras para cada grupo fau-

nístico; la identificación de los recorridos habituales de la fauna a través del análisis de rastros; la realización de campañas de seguimiento de atropellos y el propio seguimiento del uso de los pasos mediante la instalación de trampas de huellas y fototrampeo. Las principales observaciones del primer seguimiento fueron:

- Los pasos de fauna fueron utilizados por distintos grupos de mamíferos. Las especies de carnívoros de mayor interés para la conservación, como la nutria y el turón, fueron detectadas en varios pasos. El jabalí también utilizó algunas estructuras, dos de las de mayores dimensiones, si bien se constató que intentaba cruzar la vía por la calzada en algunos puntos, debido al mal estado del vallado perimetral (que posteriormente fue corregido).
- En relación con la avifauna, las medidas adoptadas no se consideraron efectivas. La construcción de motas y la plantación de tarais (que alcanzaron un mínimo desarrollo), no consiguieron evitar los atropellos de aves, ya que se registró una elevada mortalidad de este grupo, incluyendo algunas especies con un elevado interés de conservación y con poblaciones reducidas en la zona. Las pantallas acústicas transparentes causaron mortalidad de aves por colisión y por ello se instalaron siluetas de rapaces que tampoco fueron efectivas para prevenir los impactos. Finalmente, las pantallas se han equipado con bandas verticales claras, medida que si se ha revelado efectiva.

A partir de los resultados obtenidos en el seguimiento, se propusieron medidas correctoras y actuaciones de mantenimiento necesarias para reducir el riesgo de accidentes y favorecer el uso de las estructuras transversales. Asimismo, se identificaron posibilidades de mejora de los pasos.

En el año 2009 se llevaron a cabo nuevos estudios, en el marco de un proyecto de investigación (Minuartia-Universitat Politècnica de València 2011) que incluyó campañas de seguimiento de algunos de los pasos incluidos en este tramo de carretera, así como el registro de atropellos en la vía, constatando un aumento de la frecuencia de uso de los pasos de fauna, especialmente notable en el caso del jabalí, así como una reducción del número de accidentes causados por esta especie. No obstante, se constató

que persisten tramos de concentración de atropellos de pequeños vertebrados, por ejemplo, de reptiles, de anfibios y también de quirópteros, que motivan la propuesta de nuevas medidas complementarias.

Fuentes de información

GISA. 2000. Projecte de *desdoblament C-260. Tram: Empúriabrava – GI-614*. Direcció General de Carreteres, Departament de Política Territorial i Obres Públiques, Generalitat de Catalunya.

Minuartia. 2002. *Avaluació de l'efectivitat de passos de fauna en dos trams de les carreteres C-65 i C-260 i proposta de prescripcions tècniques per*

condicionar passos de fauna en carreteres en funcionament. GISA-Direcció General de Carreteres. Departament de Política Territorial i Obres Públiques. Generalitat de Catalunya. Informe inédito.

Minuartia-Universitat Politècnica de València 2011. *Evaluación de impactos sobre la fauna debidos a la fragmentación del hábitat por las infraestructuras viarias en humedales mediterráneos*. Proyecto de Desarrollo Experimental financiado por el Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino (Programa Nacional de Proyectos de Desarrollo Experimental en el marco del Plan Nacional de Investigación Científica, Desarrollo e Innovación Tecnológica, 2008-2011). Informe inédito.



Figura 6.45. Vista general de la carretera C-260 a su paso por la Reserva Natural Integral I Els Estanys. Foto: Minuartia.



Figura 6.46. Cerramiento perimetral instalado en el tramo que discurre por dentro de la Reserva Natural Integral. Foto: Minuartia.



Figura 6.47. Paso de fauna bajo la carretera C-260. Foto: Minuartia.



Figura 6.48. Grupo de jabalíes (hembra con sus crías) utilizando uno de los pasos de fauna específicos. Foto: Minuartia.



Figura 6.49. Gineta (*Genetta genetta*) cruzando el drenaje de un canal por la banquetta lateral instalada. Foto: Minuartia.

Descripción de la actuación

El valle de Sakana funciona como corredor ecológico entre las sierras de Aralar y de Urbasa-Andía (ambas incluidas en la Red Natura 2000). Estudios previos detectaron que las infraestructuras existentes que interceptan este corredor (autovía A-10, carretera NA-2410 y línea de ferrocarril Castejón-Alsasua) eran altamente impermeables a los desplazamientos de la fauna, por lo que se realizaron actuaciones para mejorar la permeabilidad ecológica a través de la adecuación de once pasos inferiores y drenajes en estas vías, especialmente para mantener la conectividad ecológica del río Arakil, así como la instalación de vallado perimetral y adecuación de los accesos a los pasos. El seguimiento realizado ha detectado el uso de los pasos por parte de doce especies, siendo el más utilizado el puente sobre el río Arakil.

Objetivo

- ☐ Identificar las zonas prioritarias a desfragmentar
- ✓ ☒ Reducir la mortalidad de fauna y los accidentes causados por fauna silvestre
- ✓ ☒ Reducir el efecto barrera de las infraestructuras en funcionamiento facilitando el paso de fauna
- ☐ Restablecer la continuidad física entre los fragmentos de hábitats seccionados por las infraestructuras
- ☐ Restablecer la conectividad ecológica entre hábitats o áreas de especial interés de conservación
- ☐ Mitigar las perturbaciones que afectan a la composición y calidad de los hábitats de los márgenes
- ☐ Eliminar el conjunto de impactos de la vía

Especies o hábitats a los que va destinada

Mamíferos medianos: zorro (*Vulpes vulpes*), comadreja (*Mustela nivalis*), garduña (*Martes foina*), tejón (*Meles meles*), gineta (*Genetta genetta*), gato montés (*Felis silvestris*), ardilla roja (*Sciurus vulgaris*), liebre europea (*Lepus europaeus*), nutria (*Lutra lutra*), visón europeo (*Mustela lutreola*)

Micromamíferos y reptiles.

Localización

Vía: autovía A-10 (tramo PK 1 a PK 22), carretera NA-2410 y línea de ferrocarril Castejón – Alsasua.

Municipio y comunidad autónoma: Arakil, Irañeta, Arruazu, Lakuntza, Etxarri-Aranatz. Navarra

Espacios naturales próximos: las actuaciones se localizan en el corredor existente entre la Zona Especial de Conservación (ZEC) Sierra de Urbasa-Andía y el Lugar de Importancia Comunitaria (LIC) Sierra de Aralar, incluidos en la Red Natura 2000.

Diagnóstico

El valle de Sakana, por el que discurre el río Arakil, actúa como corredor ecológico entre las sierras de Aralar y de Urbasa-Andía (incluidas en la Red Natura 2000). No obstante, es también un corredor de infraestructuras de transporte y energéticas entre Álava y Navarra que comportan una disminución de la conectividad ecológica entre las mencionadas sierras. Por el fondo de este valle discurren una autovía (A-10), una carretera (NA-2410) y una línea férrea convencional (Castejón-Alsasua).

La autovía de la Barranta (A-10), inaugurada en 1994, tiene un recorrido de unos 29 km en territorio navarro (entre Irurtzun y Alsasu/Alsasua). Consta de doble calzada de 9,5 m cada una, separadas entre sí por una mediana de 10 m de anchura, excepto en un tramo comprendido entre Bakaiku e Iturmendi, en el que los dos sentidos de la calzada solo están separados por mediana de hormigón. La autovía está circundada por un vallado de 1,5 m de altura, con postes de tensión cada 5,5 m y luz de malla de 30 x 10 cm. Estudios previos confirmaron la escasa o casi nula permeabilidad de la autovía A-10 a lo largo del corredor de Sakana, atribuida a que los diversos pasos inferiores y superiores carecían de las características adecuadas para permitir el paso de fauna y al haber disminuido en muchas áreas las zonas de setos y bordes de cultivo tradicionales que facilitan el desplazamiento de la fauna. Por otro lado, dadas las particularidades de la zona de estudio, en esta autovía no hay túneles, falsos túneles ni viaductos que le confieran permeabilidad potencial, por lo que se estimó necesario tratar de

aprovechar la potencialidad del río Arakil y la existencia de varios drenajes y pasos inferiores bajo la autovía como elementos favorecedores de la conectividad en las zonas de cruce con la A-10.

También se pudo comprobar una elevada mortalidad por atropellos de vertebrados de pequeño y mediano tamaño que revelaba la existencia de zonas donde el vallado no cumplía su función.

El río Arakil cruza la autovía en tres puntos, creando zonas potenciales de paso para vertebrados, aunque en algunas áreas se rompe la continuidad de las zonas de ribera (debido especialmente a las características constructivas de algunos de los puentes de más antigüedad). Para mejorar la conectividad en el valle de Sakana y en virtud de la gran riqueza faunística asociada a los ecosistemas de ribera y a su función como corredores se consideró básico el mantenimiento de la conectividad ecológica en el río Arakil.

Dentro de los objetivos del Plan de Gestión de la ZEC de Urbasa y Andía, aprobado por el Gobierno de Navarra, se establece la necesidad de mejorar la conectividad entre Aralar y Urbasa-Andía mediante la adecuación de los pasos inferiores existentes en la autovía A-10, y de estudiar la posibilidad de mejora de la continuidad en zonas de ribera del río Arakil, que cruza la citada autovía. La Sección de Hábitats del Gobierno de Navarra promovió la realización de las actuaciones. La redacción, dirección y ejecución del proyecto estuvo a cargo de Gestión Ambiental, Viveros y Repoblaciones de Navarra SA (GAVRN).

Medidas

Para reducir la mortalidad de la fauna y aumentar la permeabilidad de la vía se aplicaron las siguientes actuaciones:

- Permeabilización de las orillas del río Arakil, mediante la construcción de una plataforma seca adosada al estribo de un puente sobre dicho río. El objetivo era salvar la desconexión de los hábitats terrestres de la orilla provocada por su inundación periódica. Para ello se construyó una banqueta lateral de hormigón de 15 m de largo y 1 m de anchura, a una altura supe-

rior al nivel máximo del agua, de modo que se mantuviese siempre seca y permitiera el paso de la fauna silvestre.

- Adecuación de banquetas laterales en diez drenajes o puentes existentes interceptados por la autovía, carretera o vía del tren, consistentes en plataformas de cemento o de madera adosadas a las paredes. Estas banquetas se conectaron mediante rampas secas con los márgenes de los cursos de agua. El objetivo era permitir los desplazamientos de los animales por las orillas de los pequeños riachuelos que atraviesan las vías de comunicación, sin que estos tengan que abandonar el cauce y, por lo tanto, exponerse a atropellos.
- Impermeabilización del cercado de la autovía y encauzamiento de los animales silvestres hacia pasos de fauna. El objetivo era evitar los atropellos de fauna impidiendo su acceso a la calzada y forzar el tránsito de la misma hacia los pasos.
- Eliminación y desbroce de la vegetación de las zonas de acceso al paso. Colocación de manta orgánica de coco con tejido antihierbas y aporte de material granular de cantera para la creación de un firme naturalizado. El objetivo de la actuación era favorecer y dirigir a la fauna hacia determinados pasos habilitados.

Otros datos

Administración responsable: Departamento de Desarrollo Rural y Medio Ambiente. Dirección General de Medio Ambiente y Agua. Gobierno de Navarra / GAVRN.

Financiación: Administración responsable y fondos de la Obra Social La Caixa.

Seguimiento previsto o realizado: Durante los años 2008 y 2009 se realizó el seguimiento del uso por parte de la fauna silvestre de once pasos en el corredor de Sakana, mediante trampas de huellas, fototrampeo e indicios de presencia. Se detectaron doce especies silvestres que usaban los pasos: ginetas, garduñas y zorros fueron las que utilizaron el mayor número de pasos (73% del total). Hay que destacar la presencia y uso de los pasos por parte de la nutria y del visón europeo. El paso habilitado en el puente viejo del río Arakil (banqueta lateral adosada al estribo del puente) fue el utilizado por un mayor número de especies.

Fuentes de información

Consultora de Recursos Naturales, SL. 2007. *Soluciones técnicas para la mejora de la permeabilidad ecológica y para la disminución de atropellos de vertebrados en el corredor de Sakana*. Gestión Ambiental Viveros y Repoblaciones de Navarra, S.A. Informe inédito.

Consultora de Recursos Naturales, SL. 2009. *Seguimiento de obras de mejora en pasos para la fauna en la autovía de Sakana y estudio del uso de los mismos por los diferentes tipos de verte-*

brados. Gestión Ambiental Viveros y Repoblaciones de Navarra, S.A. Informe inédito.

Gestión Ambiental, Viveros y Repoblaciones de Navarra, SA. 2007. *Bases Técnicas para el Plan de Gestión del LIC Urbasa-Andía (ES 2200021)*. Gobierno de Navarra. Informe inédito.

Gestión Ambiental, Viveros y Repoblaciones de Navarra, SA. 2008. *Proyecto para la mejora de la permeabilidad ecológica y disminución de atropellos de vertebrados. Corredor de Sakana*. Gobierno de Navarra/Obra Social La Caixa.



Figura 6.50. Situación previa a la adecuación del paso (imagen izquierda), con las aguas del río Arakil alcanzando el estribo del puente y rompiendo la continuidad terrestre de la orilla, y solución adoptada (imagen derecha), banqueta de hormigón adosada al estribo del puente. Fotos: GAVRN.



Figura 6.51. La banqueta lateral de este paso no tenía continuidad hacia el talud, por lo que se prolongó mediante una rampa de madera. Foto: GAVRN.



Figura 6.52. Detalle de una banqueta lateral construida en una obra de drenaje. Foto: GAVRN.



Figura 6.53. Grupo familiar de ginetas pasando por la banqueta lateral de hormigón en el puente sobre el río Arakil. Foto: Consultora de Recursos Naturales.



Figura 6.54. Tejón utilizando la banqueta lateral de hormigón en el puente sobre el río Arakil. Foto: Consultora de Recursos Naturales.

Descripción de la actuación

La redacción del Estudio de Impacto Ambiental del proyecto de desdoblamiento de un tramo de la carretera C-25 (Eix Transversal) incorporó un estudio de identificación de los corredores ecológicos interceptados por el trazado. En este estudio se realizaron propuestas de actuaciones de desfragmentación, consistentes en la mejora de las estructuras transversales existentes para aumentar su funcionalidad como pasos de fauna, así como de construcción de nuevos pasos de fauna. Entre estos, destaca la construcción de un ecoducto –que se ha ejecutado aprovechando parte del excedente de tierras previsto– para restablecer la conexión entre el Espacio de Interés Natural el Moianès i la Riera de Muntanyola y el Lugar de Importancia Comunitaria Riera de Merlès.

Objetivo

- ✓ ● Identificar las zonas prioritarias a desfragmentar
- ✓ ● Reducir la mortalidad de fauna y los accidentes causados por fauna silvestre
- ✓ ● Reducir el efecto barrera de las infraestructuras en funcionamiento facilitando el paso de fauna
- ✓ ● Restablecer la continuidad física entre los fragmentos de hábitats seccionados por las infraestructuras
 - Restablecer la conectividad ecológica entre hábitats o áreas de especial interés de conservación
 - Mitigar las perturbaciones que afectan a la composición y calidad de los hábitats de los márgenes
 - Eliminar el conjunto de impactos de la vía

Especies o hábitats a los que va destinada

Localización

Vía: carretera C-25 (Eix transversal), tramo Manresa-Vic.

Municipio y comunidad autónoma: Santa Maria d'Oló (comarca del Bages), Barcelona. Cataluña.

Espacios naturales próximos: Espacio de Interés Natural El Moianès i la Riera de Muntanyola y Espacio de Interés Natural Riera de Merlès, Lugar de Importancia Comunitaria (LIC) y Zona de Especial Protección para las Aves (ZEPA) incluido en la Red Natura 2000.

Diagnóstico

La carretera C-25 (Eix transversal) soporta una elevada intensidad de tráfico (de unos 11.000 vehículos/día en el tramo de la actuación, según datos de 2011). Este factor obligó a proyectar el desdoblamiento del eje en toda su longitud y transformar la infraestructura en una vía de alta capacidad de cuatro carriles. Ello supone un aumento significativo del efecto barrera de la vía.

En toda la infraestructura se ha optado por la prolongación de las estructuras potencialmente utilizables como paso de fauna y en algunos casos se aumentará la permeabilidad que mostraba la carretera antes de su ampliación. Esto se ha llevado a cabo cuando los estudios de impacto ambiental han identificado la necesidad de acondicionamiento de nuevos pasos.

En el estudio de impacto ambiental del tramo Artés–Vic (GISA 2005) se incluyó la redacción de un estudio de identificación de los corredores ecológicos interceptados por la carretera que incluía propuestas para su recuperación. En este marco se definió –mediante Sistemas de Información Geográfica (SIG) y el modelo DISPERSA– la ubicación en la que se proponía construir este ecoducto.

El objetivo que se persigue con esta actuación no es solamente mitigar los efectos del desdoblamiento sino reducir el efecto barrera de la vía en funcionamiento antes de la ampliación.

Medidas

Entre otras medidas previstas por el estudio de impacto ambiental, se incorporó la construcción de un ecoducto, de 80 m de ancho, adoptando una tipología constructiva en falso túnel, que fue incorporado en el anteproyecto y en el proyecto constructivo del desdoblamiento.

Para determinar la ubicación precisa del ecoducto, se aprovechó un sector en el que la rasante de la infraestructura transcurría deprimida respecto a la cota de terreno, de modo que se pudiese ejecutar el ecoducto sobre un túnel artificial.

La propuesta del ecoducto incorporaba también algunas recomendaciones de diseño y adecuación del entorno para aumentar su funcionalidad, en concreto:

- Realización de actuaciones de revegetación utilizando exclusivamente especies autóctonas. El diseño de la plantación debe mantener espacios más abiertos en el sector central de la estructura, con vegetación herbácea, mientras que en los sectores más exteriores se plantea una revegetación con especies arbustivas y arbóreas.
- Instalación de una pantalla opaca en los márgenes exteriores de la estructura para evitar las perturbaciones ocasionadas por el ruido y la visión de las luces de los vehículos.
- Mantenimiento de la continuidad del cerramiento perimetral con las pantallas laterales del paso y diseño de las plantaciones a los accesos que permita establecer una buena conexión con los hábitats de los alrededores.

La construcción de la estructura permite, además, el depósito de tierras excedentes de la obra, lo que evita la necesidad de uso de vertederos y reduce los costes del transporte de las mismas.

Otros datos

Administración responsable: Departament de Territori i Sostenibilitat. Direcció General de Carreteres-Gestió d'Infraestructures SA (GISA). Generalitat de Catalunya.

Financiación: Administración responsable y empresa concesionaria.

Seguimiento previsto o realizado: -

Fuentes de información

GISA. 2005. *Estudi d'impacte ambiental. Millora general. Desdoblament de l'Eix Transversal. Carretera C-25, PK 145+200 al 180+400. Tram: Artés-Vic.* Departament de Política Territorial i Obres Públiques, Generalitat de Catalunya.

GISA. 2006b. *Avantprojecte de construcció i explotació i projecte de traçat. desdoblament de l'eix transversal. Carretera C-25. pk 132+380 al 178+400. Tram: Manresa – Vic.* Departament de Política Territorial i Obres Públiques, Generalitat de Catalunya.

GISA. 2008. *Projecte constructiu. Millora general desdoblament de l'eix transversal. Carretera C-25. pk 157+730 al 169+100. Tram: Santa Maria d'Oló – Sant Bartomeu del Grau.* Departament de Política Territorial i Obres Públiques, Generalitat de Catalunya.



Figura 6.55. Estado original de la zona de actuación (imagen superior) y representación virtual de la carretera desdoblada y con la construcción del ecodeck. Fotos: GISA. Generalitat de Catalunya.

Descripción de la actuación

El Parque Natural de Els Aiguamolls de l'Empordà está formado por dos polígonos separados por núcleos urbanos y carreteras que dificultan el desplazamiento de los animales entre aquellos. El corredor de la Mugueta, una de las principales zonas de conexión entre ambos polígonos del Parque, está interceptado por la antigua carretera de Castelló d'Empúries a Roses, que generaba una barrera para la fauna debido al drenaje existente bajo ella compuesto por tres tubos de acero corrugado. La mejora de la permeabilidad de este corredor se planteó en el marco del proyecto de desdoblamiento de una carretera próxima (C-260), que incluyó como medida compensatoria la sustitución de los tubos de corrugado por un viaducto de más de 30 m, restableciendo de este modo la funcionalidad conectora del curso fluvial.

Objetivo

- Identificar las zonas prioritarias a desfragmentar
- Reducir la mortalidad de fauna y los accidentes causados por fauna silvestre
- ✓ ● Reducir el efecto barrera de las infraestructuras en funcionamiento facilitando el paso de fauna
- ✓ ● Restablecer la continuidad física entre los fragmentos de hábitats seccionados por las infraestructuras
- ✓ ● Restablecer la conectividad ecológica entre hábitats o áreas de especial interés de conservación
- Mitigar las perturbaciones que afectan a la composición y calidad de los hábitats de los márgenes
- Eliminar el conjunto de impactos de la vía

Especies o hábitats a los que va destinada

Corredor fluvial entre dos zonas de humedal.

Localización

Vía: antigua carretera de Castelló d'Empúries – Roses.

Municipio y comunidad autónoma: Castelló d'Empúries, Girona. Cataluña

Espacios naturales próximos: Parque Natural de Els Aiguamolls de l'Empordà, Lugar de Importancia Comunitaria (LIC) y Zona de Especial Protección para las Aves (ZEPA) incluido en la Red Natura 2000, y humedal RAMSAR.

Diagnóstico

El Parque Natural de Els Aiguamolls de l'Empordà es un espacio natural protegido que alberga poblaciones de elevado interés de anfibios, reptiles y aves, así como poblaciones de nutria (*Lutra lutra*), turón (*Mustela putorius*), jabalí (*Sus scrofa*) y gamo (*Dama dama*), por citar algunos mamíferos. El parque se encuentra ubicado en una zona con una elevada presión urbanística y está formado por dos polígonos separados por un núcleo urbano (Castelló d'Empúries), una carretera (C-260) y una marina residencial (Empuriabrava). En el polígono norte se encuentra la Reserva Natural Integral I Els Estanys, mientras que en el polígono sur se encuentra la Reserva Natural Integral II Les Llaunes.

Los desplazamientos de los animales entre las dos Reservas Naturales se realizan principalmente a través de la matriz agrícola dominante en la zona y por el corredor fluvial que constituyen los ríos Muga y Mugueta. Dos carreteras cruzan este corredor, la C-260 (que salva el río Muga mediante un viaducto) y la antigua carretera entre Castelló d'Empúries y Roses. La Mugueta discurre bajo esta última carretera a través de una obra de drenaje formada por tres tubos de acero corrugado, de unos 2 m de diámetro, que limitaban los desplazamientos de la fauna e impedían la continuidad de la vegetación riparia a través del corredor.

Para mejorar esta situación, el Departament de Medi Ambient i Habitatge solicitó la realización de actuaciones en esta carretera para mejorar la conectividad en este sector, actuaciones que fueron incluidas como medidas compensatorias del proyecto de acondicionamiento de la carretera C-260 (tramo Castelló d'Empúries – Empuriabrava) por el entonces Departament de Política Territorial i Obres Públiques.

Medidas

El proyecto de acondicionamiento de la carretera C-260 (tramo Castelló d'Empúries – Empuriabrava) incluía distintas actuaciones para evitar el acceso de ungulados a la calzada y reducir los accidentes causados por estos animales. Se trata de un sector dominado por paisaje agrícola y periurbano que se localiza entre las dos reservas naturales integrales del parque, por lo que los desplazamientos de gamos y jabalíes entre ambas se realizaban cruzando la carretera en este sector, hecho que favoreció que este tramo se convirtiera en un tramo de concentración de accidentes (véase Ficha 2). En concreto el proyecto incluyó la construcción de tres pasos de fauna para grandes mamíferos, la instalación de cerramiento perimetral y la ampliación de las dimensiones del viaducto existente sobre el río Muga. El objetivo de estas actuaciones era el de forzar a los animales a desplazarse hacia el corredor formado por los ríos Muga y Mugueta.

Como medida compensatoria de la afectación del acondicionamiento de este tramo de carretera sobre el Parque Natural, se incluyeron en el proyecto actuaciones para mejorar la funcionalidad del corredor en el tramo de la Mugueta.

Durante el año 2009 se procedió a la sustitución de los tres tubos de drenaje existentes en la carretera vieja de Castelló d'Empúries a Roses por un viaducto, de unos 36 m de longitud de plataforma, que mejoró notablemente la continuidad del corredor en este punto y permite el desarrollo completo de la vegetación en el curso fluvial.

Otras actuaciones previstas para mejorar la funcionalidad de este corredor (todavía sin aplicar) fueron el desmantelamiento de algunas edificaciones y el traslado de algunos usos incompatibles con la fauna en el ámbito de este corredor, así como la restauración de los hábitats del mismo.

Otros datos

Administración responsable: Departament de Política Territorial i Obres Públiques (actualmente Departament de Territori i Sostenibilitat). Generalitat de Catalunya.

Financiación: Administración responsable. Medida compensatoria del proyecto de acondicionamiento de la carretera C-260 (Tramo Castelló d'Empúries – Empuriabrava).

Seguimiento previsto o realizado: se llevaron a cabo algunas visitas y se comprobó el paso de jabalí por el corredor, en la zona bajo el viaducto.

Fuentes de información

GISA. 2006c. Proyecto *Desdoblament de la C-260 entre el PK 35+900 i 38+490*. Tram: Castelló d'Empúries – Empuriabrava. Direcció General de Carreteres, Departament de Política Territorial i Obres Públiques, Generalitat de Catalunya.



Figura 6.56. Tubos de acero corrugado bajo la antigua carretera de Castelló d'Empúries a Roses, que representaban un estrangulamiento del corredor de la Mugueta entre dos Reservas Naturales Integrales del Parque Natural de Els Aiguamolls de l'Empordà. Foto: Minuartia.



Figura 6.57. El viaducto que sustituyó a los tubos de acero corrugado aumenta de manera notable la permeabilidad de la carretera en su intersección con el corredor de la Mugueta. Fotos: Minuartia.

Descripción de la actuación

El seguimiento realizado de la población de pardela cenicienta (*Calonectris diomedea*) en Tenerife permitió detectar de una elevada concentración de juveniles muertos en la autopista TF-1. La evaluación de esta problemática determinó que la causa de la misma se encontraba en la iluminación de la vía, que provocaba la desorientación de estas aves en sus primeros vuelos nocturnos entre las zonas en las que se ubican los nidos y el mar, situado en el lado contrario de la vía. Durante los meses más conflictivos (octubre y noviembre), se modificó la iluminación de la vía, con el objetivo de reducir la mortalidad de la especie por esta causa.

Objetivo

- Identificar las zonas prioritarias a desfragmentar
- Reducir la mortalidad de fauna y los accidentes causados por fauna silvestre
- Reducir el efecto barrera de las infraestructuras en funcionamiento facilitando el paso de fauna
- Restablecer la continuidad física entre los fragmentos de hábitats seccionados por las infraestructuras
- Restablecer la conectividad ecológica entre hábitats o áreas de especial interés de conservación
- ✓ ● Mitigar las perturbaciones que afectan a la composición y calidad de los hábitats de los márgenes
- Eliminar el conjunto de impactos de la vía

Especies o hábitats a los que va destinada

Pardela cenicienta (*Calonectris diomedea*)

Localización

Vía: Autopista TF-1, entre Santa Cruz de Tenerife y Güímar (tramo enlace de Caletillas – Barranco Hondo).

Municipio y comunidad autónoma: Candelaria. Santa Cruz de Tenerife. Canarias.

Espacios naturales próximos: actuación próxima al Parque Natural de Corona Forestal, Zona de Especial Protección para las Aves (ZEPA) incluida en la Red Natura 2000.

Diagnóstico

La pardela cenicienta es una especie de ave marina calificada como 'Vulnerable' en el Catálogo Español de Especies Amenazadas, y 'De interés especial' en el Catálogo Canario de Especies Protegidas. En Canarias, durante los meses de octubre y noviembre, los pollos de pardela cenicienta realizan su primer vuelo nocturno desde sus nidos o huras, que construyen en el suelo, hacia el mar. La presencia de luces de elevada intensidad hace que se desvíen de su ruta y colisionen contra farolas, focos, etc., con lo que quedan desorientados e indefensos. Desde hace varios años, se organizan campañas de voluntariado ambiental para la recogida de los individuos juveniles de la especie que se han accidentado.

Las labores de seguimiento ambiental de las obras de ampliación del tercer carril de la autopista TF-1, entre las poblaciones de Santa Cruz de Tenerife y Güímar, identificaron que con la nueva iluminación de la autopista TF-1, en su tramo comprendido entre el enlace de Caletillas y el de Barranco Hondo, podría verse afectada dicha especie.

Con la colaboración del Grupo de Pronto Auxilio de Arafo (asociación que trabaja en la campaña de recogida de pollos de pardela cenicienta) y con el apoyo de la dirección de obra, se promovieron diversas medidas para minimizar la afectación.

Medidas

La medida aplicada consistió en reducir el número de luminarias encendidas en la autopista, durante los meses de octubre y noviembre y en los horarios de máxima intensidad de los primeros vuelos de los pollos (de 19:00 a 24:00 horas).

Otros datos

Administración responsable: Consejería de Obras Públicas. Gobierno de Canarias.

Financiación: -

Seguimiento previsto o realizado: dentro de las labores de Seguimiento Ambiental de las obras

del Tercer Carril de la TF-1, tramo Santa Cruz-Güímar, se realiza seguimiento de la medida en colaboración con el Grupo de Pronto Auxilio de Arafo.

Fuentes de información

-



Figura 6.58. Tramo iluminado de la Autopista TF-1. Foto: Ricardo González. Consejería de Obras Públicas y Transportes. Gobierno de Canarias.



Figura 6.59. Parcela Cenicienta. Foto: Viceconsejería de Medio Ambiente, Gobierno de Canarias.

Descripción de la actuación

La población de oso pardo (*Ursus arctos*) en la cordillera Cantábrica cuenta con dos subpoblaciones separadas, entre las cuales existen algunas infraestructuras viarias que comportan la fragmentación de los hábitats para la especie. En 2006 se redactó el proyecto de construcción de la variante de la carretera AS-15, que incluía un túnel en el puerto de Rañadoiro, situada en el área de distribución de la población occidental de oso pardo cantábrico. Como medida compensatoria a la construcción de la nueva vía, se incluyó el desmantelamiento de un tramo de 4,8 km de la antigua carretera (que quedaba completamente en desuso), junto con la restauración de los hábitats previamente ocupados por esta y la restauración de hábitats en 40 ha adicionales.

Objetivo

- ✓ ● Identificar las zonas prioritarias a desfragmentar
 - Reducir la mortalidad de fauna y los accidentes causados por fauna silvestre
 - Reducir el efecto barrera de las infraestructuras en funcionamiento facilitando el paso de fauna
 - Restablecer la continuidad física entre los fragmentos de hábitats seccionados por las infraestructuras
 - Restablecer la conectividad ecológica entre hábitats o áreas de especial interés de conservación
 - Mitigar las perturbaciones que afectan a la composición y calidad de los hábitats de los márgenes
- ✓ ● Eliminar el conjunto de impactos de la vía

Especies o hábitats a los que va destinada

Oso pardo (*Ursus arctos*)

Localización

Vía: carretera AS-15, Cornellana-Puerto de Ceredo

Municipio y comunidad autónoma: Cangas del Narcea, Principado de Asturias

Espacios naturales próximos: la actuación se ubica el Lugar de Importancia Comunitaria (LIC) y Zona de Especial Protección para las Aves (ZEPA) Fuentes del Narcea y del Ibias de la Red Natura 2000.

Diagnóstico

El oso pardo está calificado como especie 'En peligro de Extinción' por el Catálogo Español de Especies Amenazadas y por el Catálogo Regional de Especies Amenazadas de la Fauna Vertebrada del Principado de Asturias. Después de alcanzar números mínimos y situarse al borde de la extinción, la población de oso pardo en la cordillera Cantábrica está recuperándose. A causa de la alteración de su hábitat y de la persecución de la especie en las últimas décadas, los osos cantábricos se reparten actualmente en dos subpoblaciones separadas. La pérdida y fragmentación del hábitat y las barreras que dificultan la dispersión de ejemplares se sitúan entre los problemas principales para la conservación de la especie.

Las dos subpoblaciones están separadas por un espacio de unos 50 km de anchura atravesado por importantes infraestructuras viarias y ferroviarias: carreteras nacionales, autopista y líneas de ferrocarril convencionales y de alta velocidad. Un objetivo prioritario es conseguir la conexión efectiva de las dos subpoblaciones para mejorar la calidad genética de ambas y acelerar el proceso de recuperación. En el año 2004 se elaboró un estudio para determinar la viabilidad de la conexión entre las dos poblaciones, analizando todos los elementos estructurales y funcionales del territorio, los pasos posibles, etc. (Obeso & Naves 2004).

En 2006 se redactó el proyecto de construcción de la variante de la carretera AS-15, en el sector del puerto de Rañadoiro, dentro del área de distribución de la población occidental. La obra prevista contemplaba la construcción de 2.060 m de carretera de nuevo trazado para acceder al túnel de Rañadoiro (de 1.874 m de longitud; Figura 6.61). Con la puesta en funcionamiento del nuevo trazado, la carretera antigua quedaba prácticamente en desuso, a excepción del tráfico

DESMANTELAMIENTO DE UN TRAMO DE CARRETERA PARA RESTAURAR LA CONECTIVIDAD ENTRE NÚCLEOS DE POBLACIÓN DE OSO CANTÁBRICO EN LA CONSTRUCCIÓN DEL TÚNEL DE RAÑADOIRO (ASTURIAS)

generado para el acceso a las fincas existentes. En el entorno de este proyecto, el estudio de Obeso & Naves (2004) examinó y valoró las posibles pérdidas de calidad de hábitat para el oso pardo y el urogallo (*Tetrao urogallus*) que comportaría la construcción de la nueva carretera.

El planteamiento metodológico se basó en la utilización de modelos de selección y uso del hábitat para las especies consideradas. Estos modelos, contruidos sobre las interacciones de estas especies animales con diversos factores ambientales (presencia de carreteras, coberturas forestales, intensidad de tráfico, refugios, etc.), permiten valorar el efecto (positivo o negativo) que dichos factores tienen sobre el modelo de calidad de hábitat. De esta manera, lo que puede repercutir negativamente (aumento de perturbaciones por incremento de tráfico o construcción de una nueva carretera, por ejemplo) puede compensarse incrementando el valor de aquellos factores que puedan resultar positivos (por ejemplo, oferta de refugio o alimento). La idea, aunque sencilla en su planteamiento, necesita de una formulación científica y técnica suficientemente sólida para que el resultado sea robusto.

La posibilidad de restaurar el hábitat perdido por la obra proyectada contó con la limitación de que una recuperación (mediante incremento de superficie forestal, por ejemplo) sería realmente efectiva varios años o décadas después de iniciadas esas labores de recuperación, en una de las áreas más importantes para los osos y urogallos cantábricos hoy día (véase Figura 6.61). Era necesario buscar opciones que permitieran aumentar rápidamente la disponibilidad de hábitat para estas especies amenazadas, que compensaran prácticamente de manera simultánea su pérdida y además en el entorno inmediato de dicha obra. El cierre y eliminación de la carretera del puerto, sustituida por un túnel, se consideró como una de las alternativas más viables de compensación de la pérdida de calidad de hábitat para estas especies. Esta acción junto a la restauración de cobertura forestal (40 ha) constituyeron el eje de dichas medidas compensatorias.

Posteriormente se han desarrollado nuevos estudios y actuaciones para favorecer la comunicación entre las dos subpoblaciones.

Medidas

Las medidas compensatorias incluidas en la Declaración de Impacto Ambiental de la obra del túnel de Rañadoiro consistieron en:

- La demolición y escarificado de los dos tramos de carretera antigua en las inmediaciones del antiguo túnel, totalizando 4,8 km demolidos que posteriormente fueron sembrados y replantados.
- La reforestación de una superficie de 40 ha en el monte de utilidad pública denominado Manguero, del concejo de Degaña. Se utilizaron plantones de abedul, rebollo y roble albar suministrados por el Vivero La Mata del Principado de Asturias tras la recogida de semillas en la misma zona geográfica.

Otros datos

Administración responsable: Consejería de Medio Ambiente, Ordenación del Territorio e Infraestructuras. Principado de Asturias.

Financiación: Administración responsable. Fondos Mineros.

Seguimiento previsto o realizado: en el año 2008 la Fundación Oso Pardo (FOP) firmó un convenio con la UTE encargada de la ejecución de la obra. La FOP lleva a cabo el seguimiento de la presencia de oso y el asesoramiento de restauraciones ambientales y medidas compensatorias. Se efectúa un seguimiento mensual por parte de la FOP, consistente en la realización de recorridos específicos para la detección de la presencia de ejemplares o indicios de los mismos.

Fuentes de información

Martín, B., Ballesteros, F., Palomero, G. & Nores, C. 2008. Restauración de la conectividad entre las poblaciones de oso cantábrico. El efecto barrera de las infraestructuras viarias. Comunicación oral presentada en: *Jornadas Técnicas: DESfragmentación de hábitats afectados por infraestructuras viarias*. Parque Natural de la Albufera de Valencia, 25-26 de noviembre de 2008.

DESMANTELAMIENTO DE UN TRAMO DE CARRETERA PARA RESTAURAR LA CONECTIVIDAD ENTRE NÚCLEOS DE POBLACIÓN DE OSO CANTÁBRICO EN LA CONSTRUCCIÓN DEL TÚNEL DE RAÑADOIRO (ASTURIAS)

Obeso, J.R. y J. Naves 2004. *Caracterización de la calidad del hábitat y estimación de la posible incidencia sobre oso pardo y el urogallo del proyecto 'Túnel del Rañadoiro'*. Dpto. Biología de Organismos y Sistemas, Universidad de Oviedo. Consejería de Medio Ambiente, Ordenación del Territorio e Infraestructuras, Principado de Asturias.

Proyecto LIFE 92 NAT/E/014500. *'First phase of a conservation programme for the brown bear and its habitats in the Cantabrian mountains-Asturias'*.

Proyecto LIFE 94 NAT/E/004827. *'Action program for the conservation of the brown bear and its habitats in the Cantabrian mountains – 2nd phase (Asturias)'*.

Proyecto LIFE 95 NAT/E/0011465. *'Action program for the conservation of the brown bear and its habitats in the Cantabrian mountains – 3rd phase (Asturias)'*.

TECNIA Ingenieros. 2006. *Proyecto de la variante de la carretera AS-15, Cornellana-Puerto de Ceredo en el puerto del Rañadoiro (túnel del Rañadoiro)*. Consejería de Infraestructuras, Política Territorial y Vivienda. Gobierno del Principado de Asturias.

Varios autores. 2010. LIFE + Corredores Oso. *Quercus*, 295, pp. 4-18.

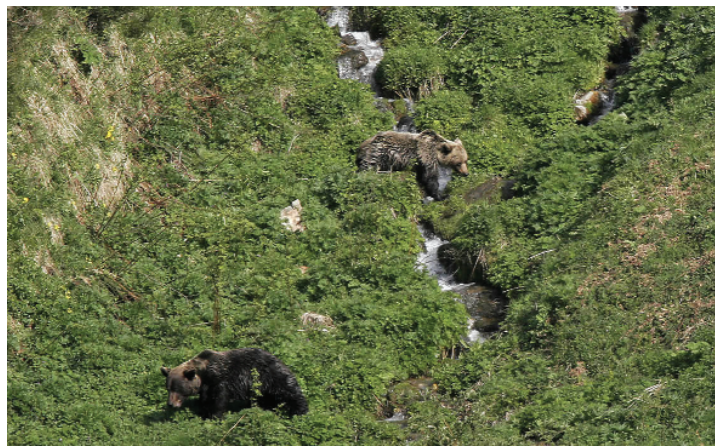


Figura 6.60. Osos pardos cantábricos Foto: Andoni Candela.

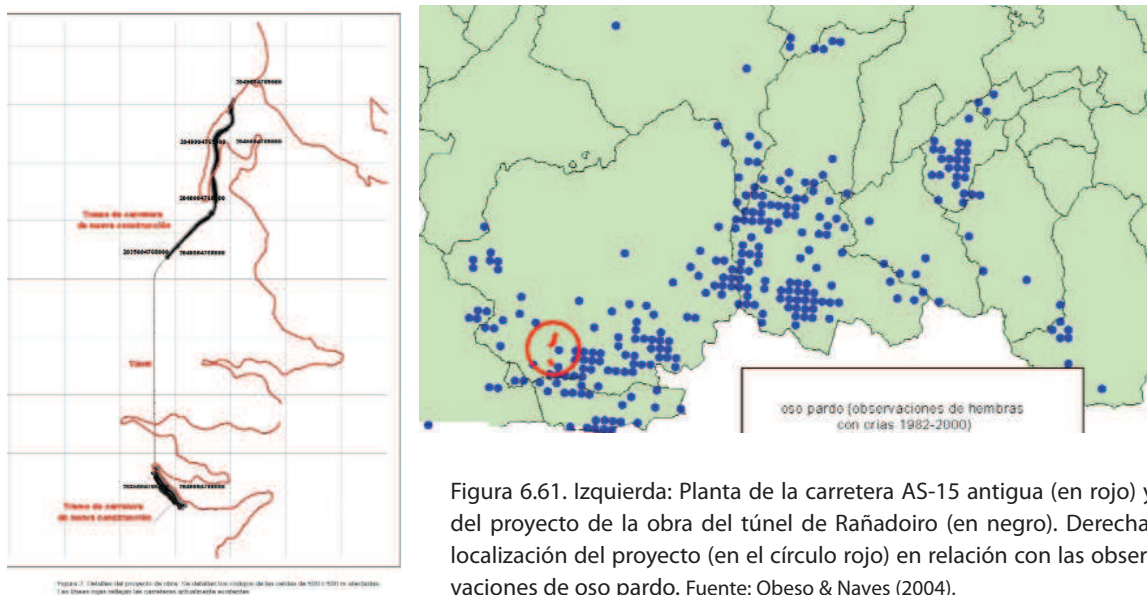


Figura 6.62. Escarificación de la antigua carretera, actualmente en desuso (izquierda) y vista de un sector en el que se llevó a cabo la repoblación forestal. Fotos: Consejería de Medio Ambiente, Ordenación del Territorio e Infraestructuras, Gobierno del Principado de Asturias.

7

Anexos



Presentación



Conceptos
generales y
antecedentes



Marco legal y
orientaciones
para promover la
desfragmentación
de hábitats



Métodos para la
identificación de
zonas prioritarias
a desfragmentar



Orientaciones
para la selección
de medidas de
desfragmentación



Fichas
descriptivas de
actuaciones de
desfragmentación



Anexos

Anexo I. Ejemplos de experiencias internacionales de desfragmentación de hábitats

Permeabilización de la Autopista Transcanadiense en el Parque Nacional de Banff

El Parque Nacional de Banff (Alberta, Canadá) es atravesado por la Autopista Transcanadiense, una arteria vital de transporte entre ambas costas del país y que soporta, a su paso por el Parque, máximos de 35.000 vehículos/día en la temporada turística. La cantidad de accidentes graves por colisiones con wapitis (*Cervus elaphus canadensis*) y otras especies de fauna de gran tamaño llevaron a las autoridades de transporte canadienses a vallar la autopista para impedir el acceso de los animales y a construir 22 pasos inferiores y dos pasos superiores específicos para mitigar la disrupción de los movimientos de la fauna causada por el vallado perimetral. Dichos pasos se construyeron en dos fases (la primera en 1986-1988 y la segunda en 1997) y han sido objeto de uno de los estudios más intensivos y a más largo plazo del efecto de medidas de desfragmentación sobre diversas especies de grandes mamíferos: el *Banff Wildlife Crossings Project* (Forman *et al.* 2003, Clevenger & Waltho 2000, 2005, Clevenger 2007). En diez años, los 24 pasos de fauna fueron utilizados 84.000 veces por animales de diez especies y la accidentalidad causada por grandes mamíferos en la autopista disminuyó un 80% (Clevenger 2007). Hasta una especie tan sensible como el oso grizzli (*Ursus arctos horribilis*) acabó utilizando con frecuencia los pasos de fauna.

Programa de desfragmentación en los Países Bajos

Probablemente no es casual que los Países Bajos sea el primer país del mundo en dotarse formalmente de un programa nacional de desfragmentación. Los Países Bajos figuran entre los países europeos con mayor densidad humana y con mayor densidad de infraestructuras de transpor-

te (3,4 km de carreteras asfaltadas/km²; Bekker 2009). Este hecho, unido a la escasa superficie que ocupan actualmente los hábitats naturales o semi-naturales en este país, ha llevado a aprobar una Política Nacional de la Naturaleza que define la Red Ecológica Nacional, entre cuyos objetivos figura el mantenimiento o restablecimiento de la conectividad ecológica mediante corredores ecológicos y medidas de desfragmentación. En este marco se ha adoptado un Plan a Largo Plazo de Desfragmentación, con el apoyo de tres ministerios, la aprobación del Parlamento y un presupuesto de 418 millones de euros en el período 2005-2018 (van der Grift 2005, Jaeger 2008, Bekker 2009). Entre las actuaciones se incluyen tanto la construcción de pasos específicos como la adaptación de estructuras transversales para que actúen como pasos multifuncionales, el acondicionamiento de los accesos a los mismos y la restauración de hábitats donde sea necesaria. El programa actúa sobre carreteras de todo tipo, vías férreas y canales. En el año 2009, y en el marco del Programa, se habían construido diez ecoductos, más de 400 pasos inferiores específicos y más de 100 pasos multifuncionales adaptados. Cabe destacar también que el Programa cuenta con un exhaustivo seguimiento llevado a cabo por técnicos expertos y voluntarios, y diseñado conjuntamente con equipos de investigación, por lo cual está empezando a aportar datos interesantes sobre la efectividad de estas intervenciones (van der Grift *et al.* 2010).

Programa de desfragmentación en Suiza

A pesar de su pequeño tamaño, Suiza tiene 111.000 km de carreteras, con una densidad de 3-4 km/km² en la meseta central (Trocmé 2009, 2010). La fragmentación de los hábitats es una de las principales preocupaciones en el ámbito de la conservación y así se recoge en una directiva ministerial. La mortalidad de fauna por atropello es elevada y se producen un alto número de accidentes causados por animales, más de 8.000 anuales por corzo. Muchas poblaciones locales de anfibios han desaparecido porque las carreteras han aislado las áreas de reproducción de las áreas de hibernada (Ryser 1988, Berthoud *et al.*

2000). Entre 1997 y 1999 se identificaron los corredores faunísticos considerados de importancia nacional a partir de estadísticas de caza y de encuestas a cazadores y guardas (Trocmé 2009); mediante un modelo de permeabilidad basado en el relieve y en los tipos de hábitat se definieron los 'ejes principales de movimiento' de ungulados (Berthoud *et al.* 2000, Holzgang *et al.* 2001). Se identificaron 303 corredores faunísticos de importancia nacional, de los cuales el 28% se consideró 'íntacto', el 56% 'perturbado' y el 16% 'interrumpido'. Este estudio de corredores faunísticos se enmarca en la Red Ecológica Nacional basada en los hábitats naturales potenciales: las áreas protegidas, los ejes principales de movimiento y los corredores faunísticos. Se pretende mejorar la conectividad biológica priorizando los esfuerzos de desfragmentación en aquellas áreas donde esta será más eficaz. Diecisiete cantones suizos han incorporado los corredores faunísticos en su planificación territorial (Trocmé 2006).

En 2001 se estableció un programa de desfragmentación que se desarrollará durante los próximos 20 años y que abarca tanto la planificación y construcción de nuevas infraestructuras como la permeabilización de las existentes (Trocmé 2009). El programa se ha incluido en el mantenimiento de autopistas y en él participan la Oficina Federal Suiza de Medio Ambiente y la Oficina Federal de Carreteras. Se han definido también nuevos estándares para minimizar futuros conflictos. Las actuaciones de desfragmentación incluyen desde la implantación de estructuras naturales que canalizan la fauna hacia pasos multifuncionales existentes, a la construcción de pasos superiores específicos para ungulados. En 2007, se habían construido 23 pasos superiores, muchos de ellos aprovechando la ampliación de autopistas existentes (Trocmé 2006).

Actuaciones de desfragmentación en el marco del Trans-European Wildlife Networks Project (TEWN) en países de los Balcanes y los Cárpatos

El objetivo de este proyecto es mitigar la fragmentación de los hábitats por infraestructuras de transporte en cinco países de los Balcanes y los Cárpatos (Croacia, Polonia, Eslovaquia, Bulgaria y Rumanía), con la colaboración y el apoyo financiero de Alemania. El proyecto destaca por la amplitud de la cooperación internacional, encaminada a compartir experiencias y metodologías y a favorecer la coherencia transnacional de las redes de corredores biológicos.

Uno de los resultados más visibles del proyecto es la publicación de un manual sobre recomendaciones para reducir la fragmentación de los

hábitats causada por nuevas infraestructuras (EuroNatur 2010). El manual contiene orientaciones para la correcta aplicación de medidas, una revisión de las actuaciones de desfragmentación llevadas a cabo en los países participantes, y casos de estudio en Rumanía y, con más detalle, en Bulgaria. En este último país, se escogió el oso pardo como especie focal por sus amplios requerimientos espaciales, su utilización de diversos tipos de hábitat y su sensibilidad a las perturbaciones humanas. Se elaboraron modelos de distribución de especies para el oso pardo en Bulgaria, cuyo resultado se simplificó en mapas con cuatro categorías de calidad del hábitat (véase apartado 4.3). Este mapa y reconocimientos de campo permitieron evaluar la adecuación para el oso de 77 estructuras transversales en dos autopistas, concluyéndose que solo 13 de ellas eran adecuadas en términos de 'permeabilidad' (ausencia de obstáculos que dificulten el acceso de los osos a las estructuras) y de 'accesibilidad' (valorada por la proporción de hábitats de calidad para el oso en los alrededores de la estructura). La distribución espacial de las estructuras adecuadas permite identificar tramos de autopista que atraviesan hábitats de calidad para el oso pero en los que no hay estructuras de paso adecuadas o están excesivamente distantes entre sí, y por lo tanto priorizar dichos tramos para actuaciones de desfragmentación como la construcción o adecuación de pasos.

Programa de desfragmentación en Bulgaria

Otro ejemplo de excelente cooperación internacional lo proporciona nuevamente Bulgaria, donde en colaboración con centros de investigación y del gobierno de los Países Bajos se ha definido una red ecológica nacional a través de los corredores de transporte (van der Grift *et al.* 2008). En Bulgaria, los corredores de transporte existentes y los previstos -incluidos cinco corredores paneuropeos- constituyen una amenaza para la biodiversidad y afectan el desarrollo y la funcionalidad de la red ecológica nacional y paneuropea. El Ministerio de Medio Ambiente y



Agua, el Ministerio de Transporte, el Ministerio de Desarrollo Regional y Obras Públicas y la Agencia Forestal Estatal de Bulgaria adoptaron, en junio de 2008, el compromiso de desarrollar un Plan de Política Nacional para la desfragmentación de hábitats a través de los corredores de transporte en la República de Bulgaria, para la elaboración del cuál se ha nombrado un coordinador nacional.

El primer paso del proceso fue elaborar un proyecto financiado por el Ministerio de Agricultura de los Países Bajos y la Universidad y Centro de Investigación de Wageningen, llevado a cabo por el instituto de investigación ALTERRA, de la citada universidad, en cooperación con la Academia Búlgara de Ciencias y otras organizaciones (van der Grift *et al.* 2008). El proyecto tenía dos objetivos básicos: en primer lugar, identificar y priorizar todas aquellos tramos de la red de transporte de Bulgaria que podían afectar significativamente la viabilidad de las poblaciones de un conjunto de especies indicadoras; en segundo lugar, proponer una serie de medidas para abordar los problemas identificados y estimar el coste de estas medidas.

Se seleccionaron 12 especies indicadoras que representasen los principales ecosistemas del país y que variasen en su tamaño corporal, la extensión de sus áreas de campeo y su capacidad de movimiento entre teselas de hábitat. Se utilizó el modelo LARCH para estimar la viabilidad de las poblaciones de cada especie indicadora con las barreras que representan los corredores de transporte existentes y planificados, y con dichas barreras permeabilizadas. Los cambios entre estas dos situaciones permitieron identificar los tramos críticos o cuellos de botella para la conectividad. Independientemente de esta modelización, se consultaron expertos en cada una de las especies indicadoras para que identificasen los tramos críticos, se integraron los resultados con los obtenidos con LARCH y se evaluó el impacto potencial de actuaciones de desfragmentación en todos los tramos identificados.

La propuesta resultante se concreta en 544 medidas de desfragmentación que se proponen para restaurar la conectividad y reducir la mortalidad de fauna en los puntos críticos identificados: 331 actuaciones consisten en la adaptación de estructuras transversales existentes y 213 actuaciones consisten en la construcción de nuevos pasos. El coste estimado de la implantación del plan propuesto es de 132 millones de euros. De cumplirse la programación prevista –aplicación de todas las medidas antes del año 2025– esto significaría menos de diez millones de euros anuales. Estos costes no incluyen los de planifica-

ción y diseño de las medidas a adoptar ni la compra de terrenos en caso de requerirse para poder ser ejecutadas las medidas.

Actuaciones de desfragmentación en Alemania

En el año 2002, una enmienda a la ley alemana de conservación de la naturaleza ordenó el establecimiento de una red ecológica que ocupase como mínimo el 10% de cada estado federal (*Bundesland*). No existe una planificación nacional de dicha red, sino que compete a los estados federales la planificación de la red en sus respectivos territorios. El gobierno nacional presta a los estados apoyo técnico y científico y financia proyectos piloto. En 2004, expertos de la Agencia Federal de Conservación de la Naturaleza (BfN) y de los estados federales acordaron unos criterios comunes para identificar los componentes de las redes ecológicas: las áreas núcleo, las áreas conectoras (corredores) y los elementos de conexión (*stepping stones*). (Kettunen *et al.* 2007, Leibenath 2008, EEAC 2009). Aplicando estos criterios se elabora un mapa indicativo con las áreas núcleo y los corredores de importancia nacional e internacional. En 2008, 10 de los 16 estados federales habían elaborado un plan de su respectiva red ecológica, y otros tres lo estaban elaborando aunque la aplicación de dichos planes era de momento muy escasa debido, entre otros factores, a la ausencia de un plazo legal para ello y a la falta de un presupuesto específico.

Pese a la escasa aplicación que, hasta el momento, ha tenido la red ecológica alemana, se han llevado a cabo múltiples actuaciones de desfragmentación de hábitats afectado por infraestructuras de transporte, empezando con la construcción de pasos para anfibios en la década de 1970 y continuando con pasos para grandes y medianos mamíferos. En 2008, se habían construido 36 ecoductos (*green bridges*, con 8 más en construcción y 33 planificados), 72 pasos inferiores específicos o adaptados, y 176 pasos superiores especiales sobre ríos y arroyos (IENE 2008).

En 2007, la Estrategia alemana para la Biodiversidad incluyó entre sus acciones el desarrollo de un programa nacional de desfragmentación y se estableció un grupo de trabajo sobre desfragmentación entre los ministerios federales de Medio Ambiente y de Transporte. En 2009, se elaboraron unas directrices nacionales sobre las prioridades para reconectar ecosistemas a través de la red de carreteras. Dentro de la financiación pública a la actividad constructora acordada en el marco de la actual crisis económica, se han incluido actuaciones de desfragmentación (Böttcher & Reck 2009).

Anexo II. Referentes legales sobre mejora y restauración la conectividad ecológica y del estado de conservación de hábitats y especies.

Texto de referencia	Articulado referido a actuaciones que guardan relación con la desfragmentación de hábitats
Directiva 92/43/CEE relativa a la conservación de los hábitats naturales y de la fauna y la flora silvestres	Artículo 3 1. Se crea una red ecológica europea coherente de zonas especiales de conservación, denominada Natura 2000. Dicha red, compuesta por los lugares que alberguen tipos de hábitats naturales que figuran en el Anexo I y de hábitats de especies que figuran en el Anexo II, deberá garantizar el mantenimiento o, en su caso, el restablecimiento, en un estado de conservación favorable, de los tipos de hábitats naturales y de los hábitats de las especies de que se trate en su área de distribución natural. 3. Cuando lo consideren necesario, los Estados miembros se esforzarán por mejorar la coherencia ecológica de Natura 2000 mediante el mantenimiento y, en su caso, el desarrollo de los elementos del paisaje que revistan primordial importancia para la fauna y la flora silvestres que cita el artículo 10. Artículo 6 2. Los Estados miembros adoptarán las medidas apropiadas para evitar, en las zonas especiales de conservación, el deterioro de los hábitats naturales y de los hábitats de especies, así como las alteraciones que repercutan en las especies que hayan motivado la designación de las zonas, en la medida en que dichas alteraciones puedan tener un efecto apreciable en lo que respecta a los objetivos de la presente Directiva. Artículo 10 Cuando lo consideren necesario, los Estados miembros, en el marco de sus políticas nacionales de ordenación del territorio y de desarrollo y, especialmente, para mejorar la coherencia ecológica de la Red Natura 2000, se esforzarán por fomentar la gestión de los elementos del paisaje que revistan primordial importancia para la fauna y la flora silvestres.
Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad	Preámbulo Se incorporan a la planificación ambiental o a los Planes de Ordenación de los Recursos Naturales los corredores ecológicos, otorgando un papel prioritario a las vías pecuarias y las áreas de montaña. Estos corredores ecológicos deben participar en el establecimiento de la red europea y comunitaria de corredores biológicos definidos por la Estrategia Paneuropea de Diversidad Ecológica y Paisajística y por la propia Estrategia Territorial Europea. En particular las comunidades autónomas podrán utilizar estos corredores ecológicos, o la definición de áreas de montaña, con el fin de mejorar la coherencia ecológica, la funcionalidad y la conectividad de la Red Natura 2000. Artículo 17. Objetivos Son objetivos de los Planes de Ordenación de los Recursos Naturales, sin perjuicio de lo que disponga la normativa autonómica, los siguientes: e) Señalar los regímenes de protección que procedan para los diferentes espacios, ecosistemas y recursos naturales presentes en su ámbito territorial de aplicación, al objeto de mantener, mejorar o restaurar los ecosistemas, su funcionalidad y conectividad.

Texto de referencia	Articulado referido a actuaciones que guardan relación con la desfragmentación de hábitats
	g) Contribuir al establecimiento y la consolidación de redes ecológicas compuestas por espacios de alto valor natural, que permitan los movimientos y la dispersión de las poblaciones de especies de la flora y de la fauna y el mantenimiento de los flujos que garanticen la funcionalidad de los ecosistemas. Artículo 20. Corredores ecológicos y Áreas de montaña 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. Artículo 46. Coherencia y conectividad de la Red Con el fin de mejorar la coherencia ecológica y la conectividad de la Red Natura 2000, las Comunidades autónomas, en el marco de sus políticas medioambientales y de ordenación territorial, fomentarán la conservación de corredores ecológicos y la gestión de aquellos elementos del paisaje y áreas territoriales que resultan esenciales o revistan primordial importancia para la migración, la distribución geográfica y el intercambio genético entre poblaciones de especies de fauna y flora silvestres. Artículo 74. El Fondo para el Patrimonio Natural y la Biodiversidad 1. Se crea el Fondo para el Patrimonio Natural y la Biodiversidad (...) 2. Serán objetivos del Fondo: i) Apoyar las acciones de eliminación de otros impactos graves para el patrimonio natural y la biodiversidad, en especial el control y erradicación de especies exóticas invasoras y la fragmentación de los hábitats.
Real Decreto 1274/2011, de 16 de septiembre, por el que se aprueba el Plan estratégico del patrimonio natural y de la biodiversidad 2011-2017	Objetivo 2.2. Promover la restauración ecológica, la conectividad ambiental del territorio y la protección del paisaje.
Estrategia para la conservación del lince ibérico (<i>Lynx pardinus</i>) (1999)	2.5.1. Líneas básicas de actuación. Actuaciones prioritarias El Taller sobre la Viabilidad de las Poblaciones del Lince Ibérico (PHVA; Cabañeros, 1998) y los numerosos estudios y propuestas de Planes de Acción existentes, coinciden en señalar como problemas que habría que subsana con urgencia los siguientes: (...) - Alteración y destrucción del hábitat - Fragmentación de las poblaciones, con los problemas demográficos y genéticos asociados (...) 2.5.1.3. Reducir la fragmentación y el aislamiento poblacional Acciones 2.5.1.3.3. Como prioridad, establecer medidas/planes especiales de conservación y/o restauración, sobre áreas utilizadas como corredores naturales entre áreas de distribución actual del Lince. (...) 2.5.1.3.4. Modificación de elementos que puedan actuar como barrera para la dispersión, es decir, favorecer la permeabilidad de carreteras y otras infraestructuras a los movimientos del Lince, mediante la construcción de pasos de fauna y otras medidas correctoras.

Texto de referencia	Articulado referido a actuaciones que guardan relación con la desfragmentación de hábitats
Estrategia para la Conservación del visón europeo (<i>Mustela lutreola</i>) (2005)	7.1.2. Reducción de la mortalidad por causas no naturales. - Identificación de los tramos de vías de comunicación especialmente peligrosos para el visón europeo y otros mamíferos semiacuáticos y elaboración de una propuesta que contemple las medidas correctoras que minimicen el peligro que estas infraestructuras suponen para la especie.
Estrategia para la conservación del oso pardo (<i>Ursus arctos</i>) en los Pirineos (2006)	5.3.2. Asegurar la conectividad entre núcleos de población 5.3.2.1 Delimitar con precisión las zonas de conexión o corredores entre los actuales núcleos de población, identificando en cada uno de ellos los elementos que puedan actuar como barrera o dificultar el movimiento de ejemplares. 5.3.2.2 Garantizar la conectividad entre zonas oseras a través de planes especiales de conservación o restauración de corredores, que incluyan medidas que potencien la regeneración boscosa natural, de reforestación y otras correctoras de las barreras identificadas, con el fin de aumentar la viabilidad de la población pirenaica y evitar su fragmentación, facilitando el flujo de ejemplares y el necesario intercambio genético. 5.3.2.3 Elaborar los planes especiales de conservación o restauración de los corredores de forma coordinada, cuando los corredores afecten a más de un Estado o de una Comunidad Autónoma.
Decreto 34/1989, de 18 de mayo, por el que se aprueba el plan de recuperación del oso pardo en Cantabria Decreto 108/1990, de 21 de junio, por el que se establece un estatuto de protección del oso pardo en la Comunidad de Castilla y León y se aprueba el Plan de Recuperación del oso pardo Decreto 13/91, de 24 de enero, por el que se aprueba el Plan de recuperación del oso pardo en Asturias <i>Decreto 149/1992, do 5 de xuno, polo que se aproba o Plan de recuperación do oso pardo en Galicia</i>	4. Secuencia de objetivos y actividades Actividades de conservación Objetivo 2. Diseñar y aplicar programas y actividades que contribuyan eficazmente a la conservación y restauración del hábitat del oso pardo en Cantabria. 2.3. Minimizar, mediante la adecuación de la red de pistas, los efectos negativos del tránsito incontrolado de vehículos por las zonas oseras. 2.3.1. Eliminar, cerrando al tránsito rodado y reforestando con especies adecuadas, todas las pistas que no tienen utilidad evidente. 2.3.2. Destinar al uso exclusivamente forestal y agropecuario las restantes pistas de la red, estableciendo una normativa de uso y, en su caso, dispositivos que permitan su estricto cumplimiento.
ORDRE MAB/138/2002, de 22 de març, per la qual s'aprova el Pla de conservació de la llúdrega	Artículo 10 Seguimiento poblacional e investigación 10.2 El Departament de Medi Ambient tiene que llevar a cabo las actuaciones siguientes: a) Estudio de las causas potenciales de amenaza y regresión de la especie, con especial atención a la contaminación, la destrucción del hábitat, la disponibilidad de agua, la influencia de los aprovechamientos hidráulicos y las barreras. b) Elaboración de los catálogos de puntos de riesgo potencial de muerte de nutrias en carreteras y centrales hidroeléctricas, y de barreras a la expansión de la especie.

Texto de referencia	Articulado referido a actuaciones que guardan relación con la desfragmentación de hábitats
	Disposición transitoria Se promoverán fórmulas de colaboración para impulsar las actuaciones siguientes: a) En los puntos de riesgo por atropello de nutrias indicados en el catálogo al que hace referencia el artículo 10.2 correspondientes a estructuras viarias ya existentes en el momento de entrada en vigor del Plan, las administraciones o entidades responsables de su gestión tienen que habilitar, en el plazo de cinco años, siempre que sea técnicamente posible, estructuras que impidan el atropello de nutrias en los puntos que el Departament de Medi Ambient catalogue. Estos tramos de riesgo deben ser señalizados para indicar el riesgo de atropellar una nutria
<i>Decret 259/2004 de 13 d'abril, pel qual es declara espècie en perill d'extinció la gavina corsa i s'aproven els plans de recuperació de diverses espècies</i>	Annexo I. Plan de recuperación del avetoro En las estructuras viarias de nueva construcción que atraviesen o estén situadas a menos de 100 metros de los cursos o masas de agua incluidos en las áreas críticas o sensibles del Plan se adoptarán las medidas necesarias para impedir el atropello de avetoros.



Anexo III. Conclusiones de las jornadas técnicas 'Desfragmentación de hábitats afectados por infraestructuras viarias' (Parque Natural de la Albufera de Valencia, 25 y 26 de noviembre de 2008 organizadas por el Grupo de Trabajo de Fragmentación de Hábitats causada por infraestructuras de transporte MARM 2008b)

A lo largo de las jornadas se han expuesto distintos tipos de impactos que las infraestructuras viarias ejercen en las poblaciones de fauna y sus hábitats. La red viaria en funcionamiento comporta:

- efecto barrera que interfiere en los desplazamientos de los animales y puede contribuir a aislar distintos núcleos poblacionales (se ha presentado el caso del oso pardo),
- mortalidad por atropello que puede suponer una amenaza para la conservación de especies de alto interés de conservación (se han presentado los casos del lince ibérico y el visón europeo),
- colisiones con cérvidos y jabalíes que suponen un riesgo para la seguridad vial,
- importantes impactos que interfieren en la conectividad ecológica y dificultan los flujos genéticos.

Muchas de las vías más antiguas no contaban con pasos de fauna u otras medidas para reducir sus impactos sobre la fauna, pero en los últimos años se han iniciado actuaciones en infraestructuras en funcionamiento que tienen como objetivo reducir estos impactos. Ya no nos limitamos a incidir en nuevos proyectos sino que también nos enfrentamos a los retos de reducir los impactos de las vías existentes.

A partir de las comunicaciones expuestas en las jornadas y de las aportaciones y debate de los asistentes, se han extraído las siguientes CONCLUSIONES:

- El diseño y el funcionamiento de las infraestructuras viarias considera como aspecto preferente la seguridad vial, cuya aplicación va a estar directamente relacionada con la permeabilidad de las vías al paso de fauna. Este es un tema que debe abordarse desde las diferentes fases de la planificación y gestión de los proyectos y de

forma relacionada con los instrumentos de planificación territorial, poniendo especial énfasis en la exigencia del debido rigor en las evaluaciones de impacto ambiental y durante la construcción y funcionamiento de las vías para garantizar una adecuada ejecución y mantenimiento de las medidas que favorezcan su efectividad.

- Las actuaciones concretas de desfragmentación ejecutadas hasta la fecha consisten básicamente en la construcción de nuevos pasos de fauna en vías en funcionamiento o instalación de vallados que conducen a los animales hacia tramos por los que pueden cruzar la vías con seguridad, habitualmente por la existencia de viaductos, túneles u otro tipo de estructuras. Las actuaciones de restauración de hábitats afectados son más escasas, aunque hay numerosos proyectos al respecto.
- Un buen diagnóstico de los puntos críticos, en los que las infraestructuras existentes causan efectos de mayor magnitud, y de la problemática concreta en cada uno de ellos es un paso de gran importancia previo a la acción. Debemos conocer los patrones del territorio, la biología y el comportamiento de las especies afectadas y las características detalladas del objeto de la intervención para trabajar sobre y con los procesos que van a determinar los efectos de las medidas correctoras aplicadas en las infraestructuras. Desfragmentar requiere inversiones importantes y la optimización de la relación coste/beneficio requiere una acertada localización de las actuaciones en puntos realmente relevantes, donde los impactos sean más críticos. Por tanto, es necesario llevar a cabo inventarios que permitan identificar estos puntos antes de pasar a la acción, y priorizar las actuaciones.
- Las medidas de desfragmentación deben estar adecuadamente integradas en los territorios en los que se insertan garantizando la continuidad de corredores biológicos. Así, no solo es importante la construcción de nuevos pasos de fauna, sino que es fundamental la adecuación del entorno de los accesos a estos pasos y la restauración de los corredores biológicos que permitan conectar entre sí los distintos núcleos poblacionales de las especies a las que van destinadas las estructuras. Así, las actuaciones van mucho más allá de las zonas de intersección entre las vías y los corredores biológicos, y deben contemplar también el paisaje del entorno.
- La ejecución de medidas de desfragmentación debe realizarse reduciendo los impactos generados por su construcción sobre las especies afectadas y, en concreto, evitando la realización

de obras en los períodos de mayor sensibilidad (períodos reproductores especialmente).

- Un adecuado mantenimiento de las medidas ejecutadas es crucial para garantizar su funcionalidad a largo plazo.
- Los presupuestos para desfragmentación pueden tener procedencias diversas. Los proyectos LIFE se han revelado como uno de los instrumentos claves para la financiación de las actuaciones ya realizadas, si bien su cuantía es muy inferior a la que se podría obtener de los Fondos Estructurales. También son de interés preferente los fondos procedentes de medidas compensatorias de los impactos de nuevos proyectos. Conviene aprovechar la oportunidad de aumentar la permeabilidad de las vías en los proyectos de ampliación y mejora de las vías.
- El seguimiento y evaluación de los efectos de las actuaciones contribuirá a la mejora progresiva de las prácticas de desfragmentación. Para ello es importante seleccionar adecuadamente los métodos, obtener información de la situación previa a la actuación y contrastar la información obtenida en el propio paso de fauna con la de los hábitats y poblaciones de fauna en las proximidades del mismo. Hay que tener en cuenta que no solo es importante verificar el uso del paso, sino también evaluar su efectividad en el contexto del análisis de su efecto en las poblaciones de las especies a las que van destinadas las estructuras de permeabilización de vías.
- La cooperación entre distintos agentes es indispensable para desfragmentar. Es funda-

mental la colaboración entre las administraciones de medio ambiente, tráfico y transportes; algunos organismos aportan información indispensable para localizar dónde están los conflictos, otros sobre el interés de conservación de las especies o los hábitats afectados y, para el diseño de las medidas correctoras, es indispensable la cooperación de los técnicos responsables del proyecto, construcción y mantenimiento de las vías con los expertos en conservación de las especies y los hábitats.

- La fragmentación de hábitats por infraestructuras viarias es un tema al que se es sensible desde ámbitos profesionales diversos, observándose ya una convergencia en los lenguajes y en las actuaciones de las administraciones, centros de investigación, empresas públicas y privadas y organizaciones no gubernamentales, que sin duda alguna permitirá optimizar los mecanismos que procuren soluciones. Se ha destacado la importancia de implicar también a los agentes locales tanto para el diagnóstico del problema como para el mantenimiento de las medidas. Se recalca la importancia de conectar las personas, de conectar los conocimientos y experiencias para una mejor comprensión del problema y una mejor aplicación de las soluciones.
- El trabajo técnico que se ha venido desarrollando hasta la fecha puede constituir una base de referencia para la elaboración de un marco estratégico, político y operativo, que facilite la integración intersectorial y en el que se procuren compromisos concretos en términos presupuestarios y técnicos.



Anexo IV. Bibliografía complementaria

- Avilés, M. 2007. Recogida de datos sobre accidentes causados por animales en las carreteras. Comunicación oral en: *9.ª 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.
- Ballester, A. (coord.) 2008a. *Incidencia de la infraestructura viaria sobre la fauna en tres humedales de la Red Natura 2000 en la Comunitat Valenciana*. Conselleria de Medi Ambient, Aigua, Urbanisme i Habitatge, Generalitat Valenciana. 92 pp + Anexos.
- Ballester, A. 2008b. Incidencia de la red viaria en humedales integrados en la Red Natura 2000 en la Comunidad Valenciana. Identificación de puntos negros y propuesta de actuaciones para reducir la mortandad de fauna. Comunicación oral presentada en: *Jornadas Técnicas: DESfragmentación de hábitats afectados por infraestructuras viarias*. Parque Natural de la Albufera de Valencia, 25-26 de noviembre de 2008.
- Bekker, H. 2009. Defragmentation in the Netherlands. Process and results. Comunicación oral presentada en: *IENE 2009 Open Day*, Évora (Portugal), 24 de abril de 2009. Disponible en: <http://www.cbm.slu.se/iene/openday2009.php>.
- Bekker, H., Cuperus, R., Fliervoet, L., Hoogeveen, Y., Jaarsma, R., Jongman, R., Kamphorst, D., Kleijberg, R., Piepers, A., Soesbergen, M., Veenbaas, G. & Verstrael, T. 2000. *COST 341-Habitat fragmentation due to transportation infrastructure: The Netherlands state of the art report*. Dirección General de Transporte, Comisión Europea. Disponible en: www.iene.info/cost-341/netherlandsUKdef.pdf.
- Berthoud, G. et al. 2000 *COST 341-Habitat fragmentation due to transportation infrastructure: Swiss state of the art report*. Comisión Europea, Dirección General de Transporte. Disponible en: www.iene.info/cost-341/switzerlandUKdef.pdf.
- Böttcher, M. & Reck, H. 2009. Defragmentation in Germany – combining measures to overcome barrier effects of the transportation network with measures to establish a functional large scale ecological network. Comunicación oral presentada en: *IENE 2009 Open Day*, Évora (Portugal), 24 de abril de 2009. Disponible en: <http://www.cbm.slu.se/iene/openday2009.php>.
- Clevenger, A. P. 2007. Highways through habitats: The Banff Wildlife Crossings Project. *Transportation Research News*, 247:14-17.
- Clevenger, A. P. & N. Waltho. 2000. Factors influencing the effectiveness of wildlife underpasses in Banff National Park, Alberta, Canada. *Conservation Biology* 14:47-56.
- Clevenger, A. P., & N. Waltho. 2005. Performance indices to identify attributes of highway crossing structures facilitating movement of large mammals. *Biological Conservation* 121:453-464.
- Colino, V., Lizana, M. & Peris, S.J. 2010. All wild boar-vehicle collisions respond to the same variables? Looking for patterns using self-organizing maps. In: *IENE 2010 International Conference on Ecology and Transportation. Programme and book of abstracts*. Velence (Hungría), 40-41. Resumen disponible en: <http://www.cbm.slu.se/iene/conf2010/programme.php>.
- Comisión de las Comunidades Europeas. 2006. *Detener la pérdida de biodiversidad para 2010 — y más adelante. Respaldar los servicios de los ecosistemas para el bienestar humano*. Bruselas, 18 pp.
- Consultora de Recursos Naturales, SL. 2007. *Soluciones técnicas para la mejora de la permeabilidad ecológica y para la disminución de atropellos de vertebrados en el corredor de Sakana*. Gestión Ambiental Viveros y Repoblaciones de Navarra, S.A. Informe inédito.
- Consultora de Recursos Naturales, SL. 2009. *Seguimiento de obras de mejora en pasos para la fauna en la autovía de Sakana y estudio del uso de los mismos por los diferentes tipos de vertebrados*. Gestión Ambiental Viveros y Repoblaciones de Navarra, S.A. Informe inédito.
- Chetkiewicz, C.L.B., Clair, C.C.S. & Boyce, M.S. 2006. Corridors for Conservation: Integrating Pattern and Process. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 37: 317–342.
- Crooks KR., Sanjayan M. (eds) (2006) *Connectivity conservation*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Delibes, A. & Benito, F. 2002. Los accidentes de circulación causados por especies de caza

- mayor en Castilla y León. Algunas sugerencias para combatir el problema. *Accazadores*, núm. 7: 66-70.
- DGT. 2004. *Accidentes producidos por presencia de animales en la calzada. Informe N° 99-IA-6*. Observatorio Nacional de Seguridad Vial, Dirección General de Tráfico, Ministerio del Interior. Informe inédito. 22 pp.
- DGCI. 2004. *Accidentes causados por fauna silvestre en las carreteras de la Red Regional durante el periodo 2001-2003*. Dirección General de Carreteras e Infraestructuras, Consejería de Fomento, Junta de Castilla y León. Informe inédito.
- DPTOP-DMAH. 2007. *Anàlisi de les col·lisions amb ungulats a les carreteres de Catalunya*. Departament de Política Territorial i Obres Públiques – Departament de Medi Ambient i Habitatge, Generalitat de Catalunya. Realizado por Minuartia. Informe inédito.
- EEAC 2009. Green Infrastructure and Ecological Connectivity EEAC Biodiversity WG Briefing Paper. Resultados del taller *Towards a green infrastructure for Europe* realizado en Bruselas los días 25-26 marzo 2009, disponibles en: <http://www.green-infrastructure-europe.org>.
- EuroNatur 2010. TEWN Manual – Recommendations for the reduction of habitat fragmentation caused by transport infrastructure development. EuroNatur Foundation. Radolfzell.
- Fahrig L. & Rytwinski T. 2009. Effects of roads on animal abundance: an empirical review and synthesis. *Ecology and Society* 14(1):21.
- 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. & Winter, T.C. 2003. *Road Ecology: Science and Solutions*. Island Press, Washington, D.C.
- Gestión Ambiental, Viveros y Repoblaciones de Navarra, SA. 2007. *Bases Técnicas para el Plan de Gestión del LIC Urbasa-Andia (ES 2200021)*. Gobierno de Navarra. Informe inédito.
- Gestión Ambiental, Viveros y Repoblaciones de Navarra, SA. 2008. *Proyecto para la mejora de la permeabilidad ecológica y disminución de atropellos de vertebrados. Corredor de Sakana*. Gobierno de Navarra/Obra Social La Caixa.
- Gestión Ambiental, Viveros y Repoblaciones de Navarra S.A. 2009. *Proyecto de permeabilización del puente de Artilleros (Cruce NA-134-río Longar) al paso de mamíferos semiacuáticos*. Gobierno de Navarra / Obra Social La Caixa.
- Geovial. 2007. *Proyecto Reforçament del ferm i obres complementàries. Carretera C-13 del PK 127+760 al 157+470. Tram: Sort-Esterri d'Àneu*. GISA-Direcció General de Carreteres. Departament de Política Territorial i Obres Públiques. Generalitat de Catalunya.
- GISA. 2000. *Projecte de desdoblament C-260. Tram: Empúriabrava-GI-614*. Direcció General de Carreteres. Departament de Política Territorial i Obres Públiques. Generalitat de Catalunya.
- GISA. 2005. *Estudi d'impacte ambiental. Millora general. Desdoblament de l'Eix Transversal. Carretera C-25, PK 145+200 al 180+400. Tram: Artés-Vic*. Departament de Política Territorial i Obres Públiques, Generalitat de Catalunya.
- GISA. 2006a. *Millora general. Desdoblament de la carretera C-66. Tram: Palafrugell-Forallac (Clau: IA-DG-03127)*. Departament de Política Territorial i Obres Públiques.
- GISA. 2006b. *Avantprojecte de construcció i explotació i projecte de traçat. desdoblament de l'eix transversal. carretera C-25. pk 132+380 al 178+400. Tram: Manresa – Vic*. Departament de Política Territorial i Obres Públiques, Generalitat de Catalunya.
- GISA. 2006c. *Projecte Desdoblament de la C-260 entre el PK 35+900 i 38+490. Tram: Castelló d'Empúries-Empuriabrava*. Direcció General de Carreteres, Departament de Política Territorial i Obres Públiques, Generalitat de Catalunya.
- GISA. 2008. *Projecte constructiu. Millora general desdoblament de l'eix transversal. Carretera C-25. pk 157+730 al 169+100. Tram: Santa Maria d'Oló – Sant Bartomeu del Grau*. Departament de Política Territorial i Obres Públiques, Generalitat de Catalunya.
- Gurrutxaga, M. 2004. *Conectividad ecológica del territorio y conservación de la biodiversidad. Nuevas perspectivas en Ecología del Paisaje y ordenación territorial*. Vitoria-Gasteiz: Servicio Central de Publicaciones del Gobierno Vasco.
- Gurrutxaga, M. 2005. *Red de Corredores Ecológicos de la Comunidad Autónoma de Euskadi*. Dirección de Biodiversidad y Participación Ambiental, Departamento de

- Medio Ambiente y Ordenación del Territorio, Gobierno Vasco.
- Gurrutxaga, M. 2010. Diagnóstico de la permeabilidad de carreteras de gran capacidad entre espacios protegidos y propuesta de medidas correctoras en el País Vasco. *Boletín de Europarc* 29: 26-31.
- Holzgang, O., Pfister, H.P., Heynen, D., Blant, M., Righetti, A., Berthoud, G., Marchesi, P., Maddalena, T., Müri, H., Wendelspiess, M., Dändliker, G., Mollet, P. & Bornhauser-Sieber, U. 2001. Les corridors faunistiques en Suisse. *Cahier de l'environnement* n° 326, Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage (OFEFP), Société Suisse de Biologie de la Faune (SSBF) & Station ornithologique suisse de Sempach, Bern. 120 pp.
- IENE 2008. *Restart IENE Workshop*. 9-12 abril 2008, Nyíregyháza, Hungría. www.iene.info/iene-meetings.
- IENE 2010. *International Conference on Ecology and Transportation: Improving Connections in a Changing Environment*. 27 septiembre–1 octubre 2010 Velence, Hungría. www.cbm.slu.se/iene/conf2010/programme.php.
- IENE. 2012. *IENE 2012 International Conference. Safeguarding Ecological Functions Across Transport Infrastructures. Programme & Abstracts*. Berlín-Potsdam (Alemania), 21 - 24 d'octubre de 2012. Swedish Biodiversity Centre. 274 pp.
- Iuell, B., Bekker, H.G.J., Cuperus, R., Dufek, J., Fry, G., Hicks, C., Hlavác, V., Kéller, V., Rosell, C., Sangwine, T., Tørsløv, N. & Wandall B. (Eds.). 2005. *Fauna y Tráfico. Manual europeo para la identificación de conflictos y el diseño de soluciones*. O.A. Parques Nacionales, Ministerio de Medio Ambiente. 166 pp. Madrid. (Edición en inglés publicada en 2003 por KNNV Publishers).
- Jaeger, J. 2008. The Rauschholzhausen Agenda for Road Ecology and implications for eastern North America. Comunicación oral presentada en: *Ontario Road Ecology Stewardship Symposium 2008*. Toronto (Canadá), 23 y 24 de abril de 2008. Disponible en: <http://toronto-zoo.com/pdfs/jaeger.pdf>.
- Jaeger, J., Madriñán, L.F., Soukup, T., Schwick, C., Schwarz-von Raumer, H.G. & Kienast, F. 2010. Monitoring landscape fragmentation in Europe. How well can socio-economic variables explain the differences between regions?. In: *IENE 2010 International Conference on Ecology and Transportation. Collection of Short Papers*. Velence (Hungría), 22-25.
- Junta de Andalucía. 2001 *Proyecto de Construcción del Acondicionamiento de la carretera HF-6248. Tramo: Intersección A-483 al PK. 1,200 de la HF-6245 (Los Cabezudos)*. GIASA-Dirección General de Infraestructuras Viarias. Consejería de Obras Públicas y Transportes.
- Junta de Andalucía. 2006. *Proyecto LIFE06NAT/E/000209. Conservación y reintroducción del linco ibérico (Lynx pardinus) en Andalucía*.
- Junta de Andalucía. 2007. *Proyecto de Construcción: Cerramientos en carreteras de Doñana para el linco Ibérico. Carretera A-483, tramo El Rocío-Matalascañas*. GIASA-Dirección General de Infraestructuras Viarias. Consejería de Obras Públicas y Transportes.
- Junta de Andalucía. 2008. *Proyecto de Construcción: Pasos para fauna en la A-483 y A-494. Medidas de adecuación en carretera de Doñana para el Linco Ibérico*. GIASA-Dirección General de Infraestructuras Viarias. Consejería de Obras Públicas y Transportes.
- Kettunen, M., Terry, A., Tucker, G. & Jones A. 2007. *Guidance on the maintenance of landscape features of major importance for wild flora and fauna-Guidance on the implementation of Article 3 of the Birds Directive (79/409/EEC) and Article 10 of the Habitats Directive (92/43/EEC)*. Institute for European Environmental Policy (IEEP), Brussels, 114 pp. + Anexos.
- Lagos, L.; Picos, J. & Valero, E. 2012. *Temporal pattern of wild ungulate-related traffic accidents in northwest Spain*. *European Journal Wildlife Research*, 58: 661-668.
- Lara, J., Benito, F., Vallejo, F.J. & Lafuente, J.C. 2004 Los accidentes de circulación causados por especies de caza mayor en Castilla y León (España). In: Oficina Nacional de la Caza. *Accidentes de tráfico provocados por atropello de animales. Prevención, seguridad y responsabilidad. I Seminario. Propuesta de soluciones*. Madrid, 18 de noviembre de 2004. Recopilación de comunicaciones y presentaciones.
- Leibenath M 2008. *Spatial planning and ecological networks: the case of Germany*. SPEN - Interactions between Policy Concerning Spatial Planning and Ecological Networks in Europe. ECNC.

- LIFE-GERVE. 2006.: Gestión Ecosistémica de Ríos con Visión Europeo. LIFE Naturaleza.
- Limpens, H.J.G.A., Twisk, P. & Veenbaas, G. 2005. *Bats ant road construction*. Rijkswaterstaat, Dienst Weg- en Waterbouwkunde, Delft, the Netherlands and the Vereniging voor Zoogdierkunde en Zoogdierbescherming, Arnhem, the Netherlands. 24 pp.
- Loehle, C. 1999. Optimizing wildlife habitat mitigation with a habitat defragmentation algorithm. *Forest Ecology and Management*, 120: 245-251.
- Malo, J.E., Suárez, F. & Díez, A. 2004. Can we mitigate animal-vehicle accidents using predictive models? *Journal of Applied Ecology*, 41: 701-710.
- Markina, F.A. 2002. Accidentes con fauna cinegética en Álava. *Accazadores*, núm. 7: 71.
- 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. 2010a. *Prescripciones técnicas para la reducción de la fragmentación de hábitats en las fases de planificación y trazado*. Documentos para la reducción de la fragmentación de hábitats causada por infraestructuras de transporte, número 3. O.A. Parques Nacionales, Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Madrid, 145 pp.
- MARM. 2010b. *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.
- Martín, B., Ballesteros, F., Palomero, G. & Nores, C. 2008. Restauración de la conectividad entre las poblaciones de oso cantábrico. El efecto barrera de las infraestructuras viarias. Comunicación oral presentada en: *Jornadas Técnicas: DESfragmentación de hábitats afectados por infraestructuras viarias*. Parque Natural de la Albufera de Valencia, 25-26 de noviembre de 2008.
- Minuartia. 2002. *Avaluació de l'efectivitat de passos de fauna en dos trams de les carreteres C-65 i C-260 i proposta de prescripcions tècniques per condicionar passos de fauna en carreteres en funcionament*. GISA-Direcció General de Carreteres. Departament de Política Territorial i Obres Públiques. Generalitat de Catalunya. Informe inédito.
- Minuartia 2005. *Connectivitat funcional de les Gavarres amb els Espais d'Interès Natural de l'entorn*. Gestió d'Infraestructures SA (GISA), Departament de Política Territorial i Obres Públiques, Generalitat de Catalunya. Informe inédito.
- Minuartia. 2008. *Propuesta de medidas correctoras para reducir la mortalidad por atropello de visión europeo en las carreteras de La Rioja*. Trasega-Consejería de Turismo, Medio Ambiente y Política Territorial, Gobierno de La Rioja. 56 pp + Anexos. Informe inédito.
- Minuartia-Universitat Politècnica de València. 2011. *Evaluación de impactos sobre la fauna debidos a la fragmentación del hábitat por las infraestructuras viarias en humedales mediterráneos*. Proyecto de Desarrollo Experimental financiado por el Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino (Programa Nacional de Proyectos de Desarrollo Experimental en el marco del Plan Nacional de Investigación Científica, Desarrollo e Innovación Tecnológica, 2008-2011). Informe inédito.
- MMA. 2006. *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. O.A. Parques Nacionales. Ministerio de Medio Ambiente. Madrid, 108 pp.
- Molenaar J.G. de, Jonkers, D.A. & Sanders, M.E. 2000. *Road illumination and nature III. Local influence of road lights on a black-tailed godwit (Limosa l. limosa) population*. Ministry of Transport, Public Works and Water Management, The Netherlands. 88 pp.
- Obeso, J.R. & Naves, J. 2004. *Caracterización de la calidad del hábitat y estimación de la posible incidencia sobre oso pardo y el urogallo del proyecto 'Túnel del Rañadoiro'*. Dpto. Biología de Organismos y Sistemas, Universidad de

- Oviedo. Consejería de Medio Ambiente, Ordenación del Territorio e Infraestructuras, Principado de Asturias. Informe inédito.
- OECD. 2008. *OECD Environmental Outlook to 2030*. Disponible en www.oecd.org/environment/outlookto2030
- Palazón, S., Gómez, A. & López de Luzuriaga, J. 2008. Non natural mortality of European mink (*Mustela lutreola*) in northern Spain. Comunicación en formato poster presentado en: *Colloque Les mammifères semi-aquatiques des Pyrénées. De la connaissance à la conservation*. Saint-Girons, Ariège (Francia), 5 a 8 de junio de 2008.
- Pascual-Hortal, L. & Saura, S. 2006. Comparison and development of new graph-based landscape connectivity indices: towards the prioritization of habitat patches and corridors for conservation. *Landscape Ecology*, 21: 959-967.
- Proyecto LIFE 92 NAT/E/014500. *First phase of a conservation programme for the brown bear and its habitats in the Cantabrian mountains-Asturias*.
- Proyecto LIFE 94 NAT/E/004827. *Action program for the conservation of the brown bear and its habitats in the Cantabrian mountains – 2nd phase (Asturias)*.
- Proyecto LIFE 95 NAT/E/0011465. *Action program for the conservation of the brown bear and its habitats in the Cantabrian mountains – 3rd phase (Asturias)*.
- Rosell C., Álvarez, G., Cahill, S., Campeny, R., Rodríguez, A., & Séiler, A. 2003a. *COST 341. La fragmentación del hábitat en relación con las infraestructuras de transporte en España*. O.A. Parques Nacionales, Ministerio de Medio Ambiente. Madrid, 349 pp.
- Rosell, C., Planas, V. & Navàs, F. 2003b. Location of fauna passages. How to find the optimal location? *Proceedings Habitat Fragmentation due to transport infrastructures*. Bruselas, 13-15 nov. de 2003.
- Ryser J. 1988. *Amphibien und Verkehr, Teil 2: Amphibienrettungsmassnahmen an Strassen in der Schweiz – gegenwärtiger Stand, Erfahrungen und Bedeutung für den Artenschutz*. KARCH, Bern.
- Saura, S. & 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. & Torné, J. 2009. Conefor Sensinode 2.2: A software package for quantifying the importance of habitat patches for landscape connectivity. *Environmental Modelling & Software*, 24: 135-139.
- Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica. 2010. *Perspectiva Mundial sobre la Diversidad Biológica 3*. Montreal, 94 pp.
- Sjölund, A. 2010. Wildlife accidents. The new Swedish preventing strategy. In: *IENE 2010 International Conference on Ecology and Transportation. Programme and book of abstracts*. Velence (Hungría), 40-41. Resumen disponible en: <http://www.cbm.slu.se/iene/conf2010/programme.php>.
- TECNIA Ingenieros. 2006. *Proyecto de la variante de la carretera AS-15, Cornellana-Puerto de Cerredo en el puerto del Rañadoiro (túnel del Rañadoiro)*. Consejería de Infraestructuras, Política Territorial y Vivienda. Gobierno del Principado de Asturias.
- Tragsa. 2008. *Monitorización de la población de visón europeo (Mustela lutreola) en la comunidad autónoma de La Rioja, 2007*. Consejería de Turismo, Medio Ambiente y Política Territorial, Gobierno de La Rioja. Informe inédito.
- Tragsega 2008. *Manual técnico para reducir el riesgo de atropellos de visón europeo en la Comunidad Autónoma de La Rioja*. Consejería de Turismo, Medio Ambiente y Política Territorial, Gobierno de La Rioja. Informe inédito.
- Trocme, M. 2006. The Swiss defragmentation program – reconnecting wildlife corridors between the Alps and Jura: an overview. In: Irwin, C.L., Garrett, P. & McDermott, K.P. (Eds.). *Proceedings of the 2005 International Conference on Ecology and Transportation* (pp. 144–149). Raleigh: Center for Transportation and the Environment, North Carolina State University.
- Trocme, M. 2009. *Routes/Roads*: 344:22-29 World Road Association – PIARC.
- Trocme, M. 2010. The Swiss defragmentation program-from design to global planning. An overview. In: *IENE 2010 International Conference on Ecology and Transportation. Programme and book of abstracts*. Velence (Hungría), 40-41. Resumen disponible en:

<http://www.cbm.slu.se/iene/conf2010/programme.php>.

Trocmé, M., Cahill, S., De Vries, J. G., Farall, H., Folkeson, L., Fry, G. L., Hicks, C. & Peymen, J. (Eds.). 2003. *COST 341-Habitat fragmentation due to transportation infrastructure: The European review*. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg, 251 pp.

Trombulack, S.C., & Frissell, C.A. 2000. Review of ecological effects of roads on terrestrial and aquatic communities. *Conservation Biology*: 18-30.

Urban DL. 2005. Modeling ecological processes across scales. *Ecology*, 86: 1996–2006.

Van der Grift, E.A. 2005. Defragmentation in the Netherlands: A success story? *Gaia* 14: 144-147.

Van der Grift, E.A. & Pouwels, R. 2006. Restoring habitat connectivity across transport corridors: identifying high-priority locations for de-fragmentation with the use of an expert-based model. In: Davenport, J. & Davenport, J.L. (eds.). *The Ecology of Transportation: Managing Mobility for the Environment*. Springer, Dordrecht, the Netherlands.

Van der Grift, E. Biserkov, V. & Simeonova, V. 2008. *Restoring ecological networks across transport corridors in Bulgaria. Identification of bottleneck locations and practical solutions*. Alterra, Wageningen UR. 150 pp.

Van der Grift, E. Biserkov, V. & Simeonova, V. 2010. Restoring ecological networks across transport corridors in Bulgaria. In: *IENE 2010 International Conference on Ecology and Transportation. Programme and book of abstracts*. Velence (Hungria), 75. Resumen disponible en: <http://www.cbm.slu.se/iene/conf2010/programme.php>.

Van der Ree, R., Heinze, D., McCarthy, M. & Mansergh, I. 2009. Wildlife tunnel enhances population viability. *Ecology and Society* 14(2): 7. Disponible en: <http://www.ecologyandsociety.org/vol14/iss2/art7/>.

Verboom, J., Foppen, R., Chardon, J.P., Opdam, P.F.M. & Luttikhuisen, P.C. 2001. Introducing the key patch approach for habitat networks with persistent populations: an example for marshland birds. *Biological Conservation* 100: 89-100.].

Otros documentos de la serie:

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.

DESFRAGMENTACIÓN DE HÁBITATS. ORIENTACIONES PARA REDUCIR LOS EFECTOS DE LAS CARRETERAS Y FERROCARRILES EN FUNCIONAMIENTO es el número 5 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 del Medio Natural de la Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental y Medio Natural, del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Este documento se centra en la aportación de orientaciones y directrices para facilitar la ejecución de actuaciones destinadas a aumentar la conectividad ecológica en territorios que integran infraestructuras de transporte en funcionamiento y, en general, a mitigar cualquiera de los efectos asociados a la fragmentación de hábitats generados por estas vías. Para ello se parte de la base del análisis de las experiencias que se han llevado a cabo, se consideran las distintas escalas territoriales en las que pueden abordarse las actuaciones y se revisa la normativa e instrumentos de planificación y gestión que puede facilitar el desarrollo de las actuaciones. A partir de esta base se aportan orientaciones para la identificación de las zonas críticas afectadas por este impacto y la selección de las medidas de desfragmentación más adecuadas a cada situación.



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN
Y MEDIO AMBIENTE

ORGANISMO
AUTÓNOMO
PARQUES
NACIONALES