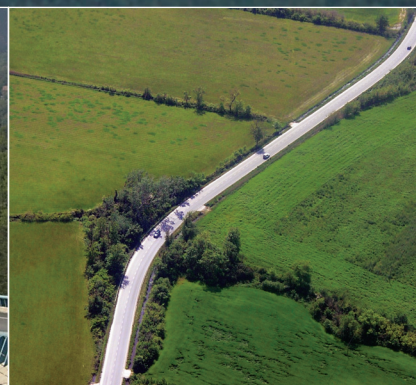


Documentos para la reducción de la fragmentación de hábitats
causada por infraestructuras de transporte

3

PRESCRIPCIONES TÉCNICAS PARA LA REDUCCIÓN DE LA FRAGMENTACIÓN DE HÁBITATS EN LAS FASES DE PLANIFICACIÓN Y TRAZADO



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE MEDIO AMBIENTE
Y MEDIO RURAL Y MARINO

SECRETARÍA DE ESTADO DE
MEDIO RURAL Y AGUA

SECRETARÍA GENERAL DE
MEDIO RURAL

DIRECCIÓN GENERAL DE MEDIO
NATURAL Y POLÍTICA FORESTAL

**PRESCRIPCIONES TÉCNICAS
PARA LA REDUCCIÓN DE
LA FRAGMENTACIÓN DE HÁBITATS
EN LAS FASES DE PLANIFICACIÓN Y TRAZADO**

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**, impulsado por la Dirección General de Medio Natural y Política Forestal, en la que participaron las siguientes personas:

Georgina Álvarez Jiménez, Dirección General de Medio Natural y Política Forestal, Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.

Antonio Ballester Potenciano, Consejería de Medio Ambiente, Agua, Urbanismo y Vivienda, Generalitat Valenciana.

Anna Bullich Torras, Direcció General de Carreteres, Generalitat de Catalunya.

Olga Carrascal Vázquez, Dirección General de Carreteras, Ministerio de Fomento.

Luís Flores Díaz, Consejería de Ordenación del Territorio y Vivienda, Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha.

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

Manuel García Sánchez-Colomer, CEDEX, Ministerio de Fomento.

Antonio López Hernández, Consejería de Desarrollo, Agricultura y Agua, Comunidad Autónoma de la Región de Murcia.

Maite Manzanares Iribas, Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental, Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.

Susana Molinero Herranz, Dirección General de Medio Natural y Política Forestal, Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.

Samira Moujir Nasser-Eddine, Consejería de Obras Públicas y Transportes, Gobierno de Canarias.

Ester Padilla Pleite, Dirección General de Ferrocarriles, Ministerio de Fomento.

Encarna Pérez Aguilera, Consejería de Fomento, Junta de Castilla y León.

Soledad Pérez-Galdós, Consejería de Transportes e Infraestructuras, Comunidad de Madrid.

Manuel J. Prats Guardia, Dirección General de Grandes Proyectos de Alta Velocidad, ADIF.

Luís Ramajo Rodríguez, GIASA, Consejería de Obras Públicas de la Junta de Andalucía.

Carlos Real Yncenga, Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental, Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.

Jordi Solina Angelet, Departament de Medi Ambient i Habitatge, Generalitat de Catalunya.

Javier Tébar Garau, Consejería de Obras Públicas, Vivienda y Transportes, Govern de les Illes Balears.

Asistencia técnica para la redacción del documento:

Juan E. Malo, Eladio L. García de la Morena, Cristina Mata, Francisco Suárez. Grupo de Ecología y Conservación de Ecosistemas Terrestres (TEG)-Departamento de Ecología. Universidad Autónoma de Madrid.

Coordinación: Roser Campeny, MINUARTIA.

Ilustraciones: Pep Gaspar, ARTENTRAÇ.

Agradecimientos: Numerosas personas han participado en la revisión de los sucesivos borradores y han enriquecido el documento con sus aportaciones. Destacamos la colaboración de Gabriel del Barrio (Estación Experimental de Zonas Áridas, CSIC-Almería), Vicente Garza, Carlos Iglesias (Aepo SA), Dan Majka (School of Forestry, Northern Arizona University), Juan J. Oñate (Departamento de Ecología, Universidad Autónoma de Madrid), David Pereira (Departamento de Proyectos y Planificación Rural, ETSI Agrónomos, Universidad Politécnica de Madrid), Joan Pino y Ferran Rodà (Centre de Recerca Ecològica i Aplicacions Forestals, Universitat Autònoma de Barcelona), Juan José Rodríguez (Análisis e Información Ambiental SL) y Carme Rosell (Minuartia).

Cita recomendada:

Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. 2010. *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 transportes, número 3. O.A. Parques Nacionales. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. 145 pp. Madrid.

Edita: Organismo Autónomo Parques Nacionales

NIPO: 781-10-004-X

ISBN: 978-84-8014-778-1

Depósito Legal: M-28.195-2010

Gestión editorial: Cyan, Proyectos Editoriales, S.A.

1 Presentación

2 Marco de referencia

3 Catálogo de medidas y prescripciones técnicas para su aplicación

4 Información complementaria

5 Anexos

Índice

1 Presentación	7
1.1 Antecedentes	9
1.2 Justificación	9
1.3 Ámbito de aplicación	10
1.4 Objetivos	11
1.5 Destinatarios	11
2 Marco de referencia	13
2.1 Introducción	15
2.1.1 Objetivos y desarrollo del Plan Estratégico de Infraestructuras y Transporte	15
2.1.2 Prevención y precaución: principios clave para reducir la fragmentación de hábitats por el desarrollo de infraestructuras de transporte	15
2.2 La conservación de la biodiversidad y el desarrollo de infraestructuras	16
2.2.1 Efectos ecológicos de las infraestructuras de transporte. Fragmentación de hábitats	16
2.2.2 Fragmentación de hábitats y paisaje	16
2.2.3 Identificación de áreas focales a conservar frente a la fragmentación	18
2.2.4 Conectividad y corredores	18
2.2.5 Análisis de la conectividad ecológica. La identificación de corredores ecológicos	20
2.3 Fases de diseño de las infraestructuras de transporte y reducción de la fragmentación	21
2.3.1 Diseño básico de la red de infraestructuras	22
2.3.2 Definición de potenciales actuaciones en la red de infraestructuras	22
2.3.3 Selección de corredores de trazado	22
2.3.4 Selección de alternativas de trazado en un corredor de trazado	22
2.3.5 Proyecto de trazado y proyecto constructivo	23
2.4 La Evaluación Ambiental: su aplicación a la reducción de la fragmentación en las fases de planificación y trazado	23
2.4.1 La Evaluación Ambiental de Planes y Programas	23
2.4.2 La Evaluación de Impacto Ambiental	26
2.5 Referentes normativos y experiencias actuales	27
2.5.1 Referentes de la planificación de las redes de infraestructuras de transporte	27
2.5.2 Referentes en el diseño de una infraestructura de transporte	28
2.5.3 Referentes relacionados con la conservación de la naturaleza y con la fragmentación	28
2.6 Elementos objetivo de la planificación y el trazado de infraestructuras de transporte sobre los que actuar	31

2.6.1	Tipología de infraestructuras lineales de transporte	31
2.6.2	Tipología de actuaciones de planificación y trazado de infraestructuras	33
3	Catálogo de medidas y prescripciones técnicas para su aplicación	35
3.1	Presentación del catálogo	37
3.2	Guía para la utilización de las fichas en relación con los procedimientos de evaluación ambiental y la fase de la vida del plan o proyecto	37
3.3	Procedimiento para reducir el impacto por fragmentación de hábitats en la planificación y el trazado de infraestructuras viarias	40
3.3.1	Diagnóstico del estado de fragmentación o grado de conectividad del territorio	41
3.3.2	Análisis y valoración de la fragmentación originada por un plan, programa o proyecto. Evaluación y selección de alternativas	42
3.3.3	Medidas a incorporar en la alternativa seleccionada para reducir la fragmentación	42
3.3.4	Seguimiento: medidas para asegurar la coherencia trans-sectorial y a largo plazo de los objetivos de conservación y en la ejecución del proyecto en fases posteriores	42
3.4	Fichas	43
4	Información complementaria	109
4.1	Bibliografía	111
4.2	Fuentes básicas de información cartográfica	115
5	Anexos	117
Anexo I.	Glosario	119
Anexo II.	Normativa y documentos de referencia relacionados con la fragmentación de hábitats y la conectividad del territorio	123
Anexo III.	Consideraciones generales sobre los modelos de hábitat	127
Anexo IV	Factores de hábitat empleados en la construcción de modelos	129
Anexo V.	Elaboración de un modelo de estimación de la idoneidad del hábitat	131
Anexo VI.	Metodologías para la identificación de corredores ecológicos	135
Anexo VII.	Métodos para evaluar la conectividad provista por los corredores ecológicos	143

1

Presentación

1

Presentación

2

Marco de referencia

3

Catálogo de medidas
y prescripciones
técnicas para su
aplicación

4

Información
complementaria

5

Anexos

1.1 Antecedentes

La compatibilidad del desarrollo económico y social con la conservación del medio ambiente es un eje central de las políticas de las sociedades avanzadas, caracterizadas por la combinación de una extraordinaria capacidad para generar cambios en el medio ambiente con una intensa preocupación por la conservación del mismo. Para lograr este objetivo, en las últimas décadas las administraciones han puesto en marcha diversos procedimientos a fin de anticiparse a la aparición de amenazas futuras sobre la naturaleza como consecuencia de las decisiones que se toman en los distintos ámbitos de las políticas sectoriales, persiguiendo la integración de los objetivos ambientales en ellas. En este contexto, el desarrollo de las infraestructuras de transporte en España resulta paradigmático, por cuanto entre los objetivos del Plan Estratégico de Infraestructuras y Transporte (PEIT) se incluye el incremento para 2020 de la red de carreteras de gran capacidad en unos 6.000 km, y el de la red de ferrocarril de alta velocidad en 7.000 km. Estas cifras representan incrementos respecto a la red actual de aproximadamente el 50% y el 200%, respectivamente. A estas cifras podrían sumarse a medio plazo las duplicaciones de carreteras transversales de largo recorrido cuya intensidad de uso recomienda tal actuación, así como la planificación propia de cada Comunidad Autónoma.

Ello evidencia la necesidad de evaluar detalladamente y minimizar los efectos ambientales que se generen. La preocupación es especialmente notable por las repercusiones generadas sobre los espacios naturales protegidos y los espacios protegidos de la Red Natura 2000, que ocupan en conjunto poco más del 26% del territorio (según el Perfil Ambiental de España de 2008). Entre los impactos ambientales a evaluar ante la puesta en funcionamiento de carreteras y vías férreas, destaca la fragmentación del territorio, y la consiguiente alteración de los procesos naturales determinantes del funcionamiento de los ecosistemas atravesados, por ser uno de los efectos más graves y particulares de estas infraestructuras. Poner los medios para reducir la fragmentación de hábitats por esta causa debe ser, por tanto, una prioridad en este momento.

La preocupación de las administraciones por la fragmentación de hábitats se refleja en múltiples iniciativas, siendo destacable a escala estatal el establecimiento del Grupo de Trabajo sobre Fragmentación de Hábitats causada por Infraestructuras de Transporte, coordinado

por la Dirección General de Medio Natural y Política Forestal (anteriormente la Dirección General para la Biodiversidad) del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, y que surgió a raíz de la Acción COST 341 promovida por la Unión Europea en el periodo 1999-2003. Entre las labores desarrolladas por el Grupo de Trabajo destaca la publicación de la serie *Documentos para la reducción de la fragmentación de hábitats causada por infraestructuras de transporte* que intenta dar respuesta a la demanda existente, por parte de administraciones y técnicos, de documentos de referencia en el ámbito de la fragmentación de hábitats generada por las infraestructuras lineales.

Hasta el momento se han elaborado dos documentos: *Prescripciones técnicas para el diseño de pasos de fauna y vallados perimetrales* (Ministerio de Medio Ambiente 2006) (se cita en el presente texto como Documento 1), y *Prescripciones técnicas para el seguimiento y evaluación de la efectividad de las medidas correctoras del efecto barrera de infraestructuras de transporte* (Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino 2008) (se cita en el presente texto como Documento 2).

1.2 Justificación

En el contexto descrito, para evitar o minimizar los potenciales problemas de fragmentación de hábitats generados por la puesta en marcha de infraestructuras, es clave introducir el principio de prevención desde el mismo momento de la concepción de las mismas. Ello permitiría evitar, reducir o compensar este tipo de impactos a lo largo de todo el proceso de planificación, proyecto, construcción y funcionamiento de las infraestructuras, y ello con unos costes ambientales, sociales y económicos habitualmente mucho menores a los que se producen cuando las medidas a aplicar pueden ser ya únicamente correctoras.

A esta constatación, que sería motivo suficiente para dedicar un volumen de esta colección a las fases de la vida de las infraestructuras en las que se puede aplicar con mejores resultados la prevención, se añaden dos elementos más que permiten y hacen especialmente apropiado el momento actual para plantear el tema:

- En un contexto administrativo, el documento intenta ser útil para dar respuesta a:
 - Las determinaciones que derivan de la Ley 9/2006, de 28 de abril, sobre evaluación de los efectos de determinados planes y programas en el medio ambiente,

instrumento que complementa las funciones de la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) de proyectos, extendiendo los procesos de evaluación a las repercusiones de los planes y programas.

- La creciente normativa y directrices sobre fragmentación y conectividad (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; Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad, etc.).
- En un contexto técnico-científico, el documento intenta reunir directrices a aplicar para aprovechar el importante corpus de conocimiento y metodologías existente para afrontar el análisis de la fragmentación. Dicho corpus se desarrolla actualmente de forma independiente por distintas entidades (administraciones, centros de investigación...) y con objetivos y metodologías variadas, lo que genera dificultades para su aplicación, tanto por la administración como por las empresas del sector.

Los documentos anteriores de la serie abordan aspectos concretos del diseño y la evaluación de las medidas correctoras de la fragmentación. El presente documento aborda las fases de planificación y trazado, siendo éstas momentos claves para aplicar el principio de prevención.

De acuerdo con la perspectiva que deriva de la Evaluación Ambiental de Planes y Programas (EAPP) y de la óptica eminentemente preventiva de esta publicación, la misma no se centra en los animales vertebrados (a los que se dedicaba una atención prioritaria en las dos anteriores prescripciones técnicas) sino que ofrece un enfoque mucho más amplio, e intenta incluir una perspectiva más global sobre hábitats, paisaje y territorio, además de fauna.

1.3 Ámbito de aplicación

Los contenidos de este documento están diseñados para su aplicación durante la elaboración de:

- Planes y programas de infraestructuras lineales de transporte, sometidos a Evaluación Ambiental de Planes y Programas. Secundariamente, también a planes territoriales y urbanísticos con determinaciones sobre infraestructuras de transporte.
- Estudios informativos o proyectos de trazado sometidos a Evaluación de Impacto Ambiental (Figura 1.1).

Asimismo, este documento se dirige tanto a planes y proyectos de nuevas infraestructuras, como a acondicionamientos de vías ya existentes. En este último caso, se introducen no únicamente las medidas para evitar o reducir la fragmentación, sino también las oportunidades que suponen dichas actuaciones para la desfragmentación.

La variabilidad existente en el caso de las mejoras de trazados y en los nuevos trazados de menor entidad, junto con el hecho de que con frecuencia su proceso de diseño (directamente proyecto constructivo) y

evaluación (sin EIA) sean más abreviados, lleva a que la aplicabilidad en estos casos pueda ser sólo parcial, en especial en las mejoras de pequeña dimensión. Sin embargo, cabe destacar que en algunas Comunidades Autónomas sí debe efectuarse EIA.

El proceso de definición de una infraestructura, a escalas sucesivamente más detalladas, consta a grandes rasgos de las cinco fases que se presentan a continuación. Las escalas indicadas son meramente orientativas, ya que pueden variar en función del ámbito geográfico de aplicación del plan o proyecto que se esté evaluando (por ejemplo, en ámbitos insulares las escalas menos detalladas no son de aplicación).

- a) El diseño básico de la red de infraestructuras, que comporta la definición inicial de un esquema vial abstracto de nodos y líneas, o una representación esquemática de baja precisión (escala igual o inferior a 1:1.000.000), de la red de infraestructuras prevista.
- b) La generación de una cartografía concreta de potenciales actuaciones, entendidas como representaciones geométricas aproximadas de los recorridos que ocuparían las infraestructuras (escalas habituales 1:200.000 a 1:500.000).
- c) El diseño de corredores de trazado, pasillos de anchura variable por los que desde un punto de vista técnico se podría trazar la infraestructura (escala aproximada 1:50.000).
- d) La propuesta de alternativas de trazado dentro de estos corredores, a escala 1:10.000 o superior. Esta propuesta incluye explícitamente el trazado o proyección de la nueva infraestructura sobre el terreno, que se suele referir como traza.
- e) La definición final de todos los detalles geométricos de la infraestructura en el proyecto de construcción.

Esta prescripción se dirige a las cuatro primeras fases, es decir, planificación y trazado. Sin embargo, la elevada indefinición cartográfica de los documentos indicados en a) limita la evaluación y definición de medidas para reducir la fragmentación a este mismo grado de definición.

Las fases b) c) y d) resultan muy adecuadas para cubrir los objetivos de este documento por la precisión con que se puede realizar la evaluación y definición de medidas, y por permitir la modificación de la propuesta inicial de forma sustancial.

Finalmente, la etapa de elaboración del proyecto constructivo e), no se incluye en los objetivos de este documento; en ella los cambios que se pueden introducir para reducir la fragmentación de hábitats se centran en la ubicación exacta y el diseño concreto de actuaciones, y en las medidas destinadas a permeabilizar la infraestructura (estos aspectos se tratan en el Documento 1 de esta serie).

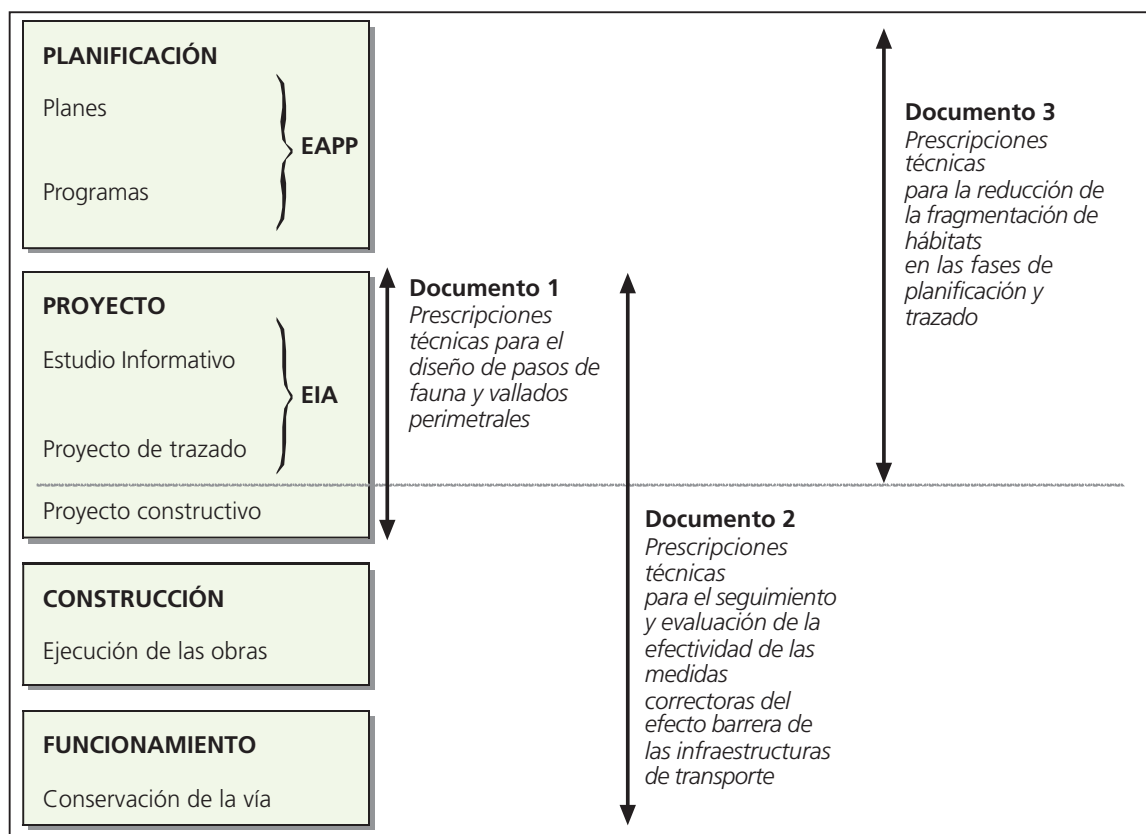


Figura 1.1 Ámbito de aplicación de las prescripciones técnicas del presente volumen y los dos anteriores en relación con las fases de vida de las infraestructuras viarias.

1.4 Objetivos

El objetivo de este documento es analizar y minimizar la fragmentación de hábitats generada por planes, programas y proyectos, con un enfoque prioritario dirigido a evitar o reducir este efecto sobre las zonas de mayor interés por su biodiversidad y sobre los corredores ecológicos que facilitan su conexión, así como el mantenimiento a largo plazo de dicha biodiversidad.

Este objetivo general se concreta en presentar:

- Metodologías de análisis y evaluación de la conectividad en el ámbito de estudio y de la afectación de la misma (fragmentación) por el plan, programa o proyecto que se evalúa.
- Objetivos prescriptivos a alcanzar y prescripciones u orientaciones metodológicas para evitar o reducir la fragmentación de los hábitats a causa del plan, programa o proyecto que se evalúa.

1.5 Destinatarios

De forma consecuente con lo anterior, los destinatarios principales de este documento son los técnicos, de administraciones y empresas, u otras personas

involucradas en la planificación y elaboración de proyectos de infraestructuras de transporte terrestre, y aquellos que toman parte en la evaluación de sus repercusiones ambientales, tanto en procedimientos de evaluación ambiental de planes y programas como de evaluación de impacto ambiental.

Paralelamente, este documento puede ser de utilidad para los profesionales de otras áreas a las que son de aplicación las metodologías aquí expuestas, y de modo muy destacado para los profesionales que desarrollan su labor en la ordenación del territorio o la conservación de la naturaleza, por ser campos en los que el análisis de la conectividad y fragmentación del territorio puede ser de gran relevancia.

Por último, los estudiantes de grados y postgrados en los ámbitos recién mencionados pueden previsiblemente formar parte del público objetivo de este documento, en su condición de técnicos en formación en sus respectivos campos, y futuros ejecutores de estudios y proyectos sobre el particular.

1

Presentación

2

Marco de referencia

3

Catálogo de medidas
y prescripciones
técnicas para su
aplicación

4

Información
complementaria

5

Anexos

2.1 Introducción

La Evaluación de Impacto Ambiental de proyectos lleva aplicándose más de 20 años en la UE, y desde la promulgación en 2001 de la Directiva sobre Evaluación Ambiental de Planes y Programas, los países miembros están obligados a poner en marcha sistemas de evaluación de las repercusiones (ambientales, sociales, económicas) de los planes y programas de forma previa a su aprobación.

La Estrategia Española para la Conservación y Uso Sostenible de la Diversidad Biológica identifica las infraestructuras de transporte como responsables de fragmentación de poblaciones y fragmentación, modificación y destrucción de hábitats y ecosistemas. Para la conservación de las especies destaca “la necesidad de evitar la fragmentación de las poblaciones silvestres y facilitar el intercambio genético entre ellas a través de una red de corredores ecológicos y la consecución de una mayor conectividad entre espacios a través de su consideración en la planificación y gestión del territorio”.

Asimismo, la Estrategia Española de Desarrollo Sostenible incluye referencias a la necesidad de compatibilizar la preservación de corredores ecológicos con la planificación y construcción de nuevas infraestructuras de transporte.

Directamente vinculada con la puesta en marcha de los objetivos de la Estrategia Española de Desarrollo Sostenible, y en el marco de la Estrategia de Lisboa (dirigida a mejorar la competitividad, el crecimiento económico y el empleo en toda la UE), la dimensión económica del desarrollo sostenible se aborda en el Programa Nacional de Reformas (PNR). Uno de los seis ejes de actuación del PNR es el Plan Estratégico de Infraestructuras y Transporte 2005-2020 (PEIT).

2.1.1 Objetivos y desarrollo del Plan Estratégico de Infraestructuras y Transporte

El objetivo principal del Plan Estratégico de Infraestructuras y Transporte se centra en establecer un marco racional y eficiente para el sistema de transporte a medio y largo plazo. El PEIT se estructura en torno a cuatro ámbitos de actuación: i) eficiencia del sistema, ii) cohesión social y territorial, iii) compatibilidad ambiental y iv) desarrollo económico.

De modo resumido, el PEIT conlleva una intensificación de la actividad de planificación, construcción y puesta en marcha de infraestructuras lineales, con una mayor inversión relativa en el sector ferroviario que en el de carreteras respecto a las tendencias anteriores. Como condición característica, la promoción de nuevas infraestructuras se dirige de modo prioritario hacia las áreas geográficas en que la dotación de infraestructuras es baja, ya que se pretende evitar la retroalimentación del sistema actual y equilibrar la disponibilidad de infraestructuras en el territorio. Este hecho comporta la planificación de nuevas infraestructuras en extensos territorios de alto valor ambiental y actualmente desprovistos de barreras antrópicas.

2.1.2 Prevención y precaución: principios clave para reducir la fragmentación de hábitats por el desarrollo de infraestructuras de transporte

Atender a las necesidades de conservación durante el desarrollo de las infraestructuras de transporte, y en especial evitar o reducir los efectos de fragmentación que podría causar su realización, pasa por la aplicación de dos principios clave de la política ambiental de la Unión Europea: el principio de prevención y el de precaución.

La prevención prima la no aparición de efectos sobre la corrección de ellos *a posteriori*. Este principio es uno de los pilares básicos de la política ambiental de la UE, y su aplicación tiene lugar principalmente mediante los instrumentos de evaluación de repercusiones ambientales de los proyectos (EIA) y de los planes y programas (EAPP). Los efectos ligados a la fragmentación de hábitats pueden aparecer a largo plazo, por lo que resulta especialmente importante la actuación preventiva sobre ellos.

El principio de precaución establece la necesidad de tomar medidas que eviten la aparición de efectos indeseables, aunque no exista la certeza científica de su ocurrencia, si existen motivos razonables para ello.

La detección de las mejores soluciones posibles desde las fases de planificación optimiza el proceso en términos ambientales, sociales y económicos, permitiendo la actuación *a priori* y la aplicación correcta de los principios de precaución y prevención.

Esta búsqueda de soluciones resulta más relevante, si cabe, teniendo en cuenta que la adopción de medidas compensatorias para resolver problemas de fragmentación por infraestructuras es de difícil aplicación.

2.2 La conservación de la biodiversidad y el desarrollo de infraestructuras

2.2.1 Efectos ecológicos de las infraestructuras de transporte. Fragmentación de hábitats

Las infraestructuras de transporte ejercen diversos efectos primarios y secundarios sobre el entorno natural. Entre los primarios, cabe distinguir las siguientes categorías principales (Luell *et al.* 2005):

- Pérdida de hábitat: corresponde al cambio físico por desaparición directa de los hábitats allí donde se construye la infraestructura.
- Efecto barrera: se trata seguramente del impacto ecológico negativo más importante. La carretera o vía férrea constituye una barrera a los desplazamientos de los seres vivos y, en especial, de los animales. Según las características de la infraestructura, su grado de impermeabilidad será mayor o menor, y también algunos organismos tendrán mayor capacidad que otros para superar la barrera. La barrera puede no ser únicamente física, sino que a veces modifica el comportamiento de los animales, que evitan los ruidos u otras molestias alejándose de la infraestructura, o tal vez evitan los espacios abiertos constituidos por la propia vía o sus márgenes. Se genera de este modo la subdivisión de la población que se reparte entre uno y otro lado de la infraestructura, o bien aparece una elevada dificultad de los animales para acceder a los recursos que necesitan si están localizados en el lado opuesto de la vía.
- Mortalidad de fauna silvestre causada por atropello y colisiones con vehículos: la mortalidad por atropello es responsable de una pequeña parte de la mortalidad total de especies comunes, pero puede suponer una pérdida de efectivos muy importante para las especies más sensibles. La intensidad de tráfico condiciona la mortalidad por atropello. Cuando los atropellos afectan animales de tamaño mediano o grande pueden suponer un problema de seguridad viaria.
- Molestias y contaminación: se relacionan con cambios hidrológicos por la construcción de terraplenes y desmontes; con la contaminación química originada por el tráfico, el asfalto o la sal aplicada a las carreteras para el deshielo; con el ruido y las vibraciones; o con la contaminación lumínica, entre otros. La distancia de afección sobre las especies dependerá del tipo de vía, el tipo de paisaje alrededor de la misma, la intensidad de tráfico y la especie en cuestión; aunque en muchos casos dicha distancia se encuentra entre 500 m i 1000 m, se han descrito efectos a más de 2.000 m y, en el caso de contaminación de un curso fluvial, a más de 7 km (se puede consultar una síntesis de casos en Rosell *et al.* 2003a). Las perturbaciones

pueden ser importantes ya en la fase de construcción (voladuras, ruidos, etc.).

- Efecto margen (aparición de nuevas funciones ecológicas de los márgenes de la infraestructura): los márgenes de nueva creación a ambos lados de la vía tienen efectos de diverso cariz sobre la naturaleza. Por una parte constituyen un hábitat para ciertas especies de animales o plantas que los colonizan (conejos, topillos, algunos insectos, etc.); si por un lado esto supone un nuevo hábitat disponible para ellos, también puede aumentar el atropello de estos animales o puede atraer a otros que depredan sobre los mismos. Se reconoce cada vez más la importancia de este último efecto. Por ejemplo, entre los depredadores atraídos hacia la carretera o el ferrocarril en busca de presas se cuentan el lobo, el linco, el turón, así como diversas rapaces, lo que provoca atropellos de especies de elevado valor para la conservación.

Por otra parte, cabe mencionar que los márgenes actúan como corredores de dispersión para algunas especies; si bien esto puede tener una vertiente positiva, también supone un efecto negativo cuando se facilita la dispersión de especies invasoras a lo largo de los corredores de las infraestructuras. No únicamente los animales, sino también las plantas invasoras se dispersan a lo largo de las infraestructuras debido a las corrientes de aire creadas por el tráfico o por las semillas y propágulos que los vehículos transportan adheridos a ellos (véase una explicación más extensa en Rosell *et al.* 2003a).

Los efectos primarios descritos integran lo que se ha dado en llamar fragmentación de hábitats. Este es el proceso de división de hábitats continuos en fragmentos que, a medida que se hacen más pequeños, quedan más aislados entre sí, y que, en conjunto, ocupan sólo una fracción de la superficie original del hábitat. En las fases iniciales del proceso, la pérdida de superficie es la causa principal de disminución de diversidad biológica; en fases más avanzadas, los efectos de aislamiento cobran mucha más importancia (Rosell *et al.* 2003a).

Los efectos secundarios de la construcción de infraestructuras de transporte corresponden a aquellos que no son producidos directamente por dichas vías, sino inducidos por las mismas, con consecuencias para la naturaleza, y desde la perspectiva de la ecología del paisaje (Burel y Baudry 2002) a veces importantísimas. Entre ellos se cuentan los cambios en los usos del suelo o los nuevos asentamientos urbanos o de actividades a lo largo de las infraestructuras. Estos efectos deben ser tenidos en cuenta en la evaluación ambiental de las vías de transporte.

2.2.2 Fragmentación de hábitats y paisaje

El paisaje se puede entender como un área de escala quilmétrica que está compuesta por diferentes teselas de hábitat que se encuentran interrelacionadas desde el

punto de vista funcional, lo que se encuentra asociado a los hábitats presentes y a su localización en el espacio (paisaje forestal boscoso, paisaje agrícola con bosquetes aislados, paisaje agrícola con hileras de vegetación interconectadas, etc.). Por este motivo podemos hablar de patrones paisajísticos, que, más allá de la percepción que podamos tener de ellos, son el resultado de unos determinados procesos ecológicos (con intervención humana habitualmente). La fragmentación de hábitats supone una alteración o disrupción del patrón paisajístico.

Esta área de escala quilométrica resulta heterogénea en su capacidad para albergar especies y en su resistencia a los desplazamientos de las mismas entre teselas. Esto conlleva la existencia de áreas focales, o zonas de mayor interés para conservar la biodiversidad, y de corredores ecológicos, áreas de especial relevancia para el desplazamiento de organismos y el mantenimiento de procesos ecológicos.

La subdivisión de paisajes más o menos continuos en teselas de menor entidad, produce un incremento de la relación entre el perímetro de éstas y su área, denominado efecto borde (Figura 2.1). Ello da lugar a una reducción funcional de la superficie de los fragmentos más allá de la propia pérdida de tamaño y se relaciona con una disminución de la riqueza específica, ya que se ven favorecidas las especies oportunistas y las autóctonas de carácter generalista.

La forma y el tamaño de los fragmentos generados condicionarán a corto plazo la presencia de las especies y, junto con el nivel de aislamiento que se genere, determinarán la viabilidad a largo plazo de las poblaciones presentes. Por este motivo, los fragmentos amplios de hábitat contienen más especies que los de menor tamaño, y parte de ellas sólo aparecen allá donde los fragmentos son grandes. Se trata de especies “de hábitat de interior” o poco tolerantes a las perturbaciones provenientes del exterior del hábitat que utilizan.

Idealmente, el tamaño mínimo de los fragmentos debería ser equivalente a la superficie mínima que garantice la viabilidad de las poblaciones de las especies de interés. Sin embargo establecer un umbral de “fragmentación aceptable” en un territorio es, sin duda, muy complejo.

Debe tenerse en cuenta que, caso de existir un umbral, la situación de éste respecto al porcentaje de pérdida de hábitat varía fuertemente según: (a) la movilidad de la especie; (b) la hostilidad de la matriz; (c) la presencia de barreras poco o nada franqueables; (d) la calidad del hábitat en los fragmentos remanentes; (e) la dinámica de formación/destrucción de fragmentos de hábitat; (f) la configuración espacial del hábitat remanente; y, posiblemente, otros factores.

La situación de tales umbrales depende, además, de como se defina “umbral” y de las técnicas estadísticas que se utilicen para detectarlo. En particular, pueden utilizarse muchas variables dependientes para examinar la existencia y situación de umbrales, con resultados seguramente distintos según la variable: probabilidad de persistencia de una población, número de individuos o densidad de una población, proporción de fragmentos restantes ocupados por una especie, número de especies en una comunidad o taxocenosis, conectividad del paisaje...

Dada la multiplicidad de combinaciones de los factores mencionados en los dos párrafos anteriores no es razonable dar un porcentaje (o un rango estrecho de porcentajes) como umbral de pérdida de hábitat. Podemos anotar al respecto que, utilizando un modelo de simulación espacialmente explícito con 4 parámetros, Fahrig (2001) obtuvo umbrales de extinción de la población simulada que oscilaban entre el 1% y el 99% de pérdida de hábitat; los resultados de modelos hay que tomarlos con precaución, pero si un modelo sencillo produce una gama tan amplia de respuestas, es probable que la naturaleza sea tan o más diversa.

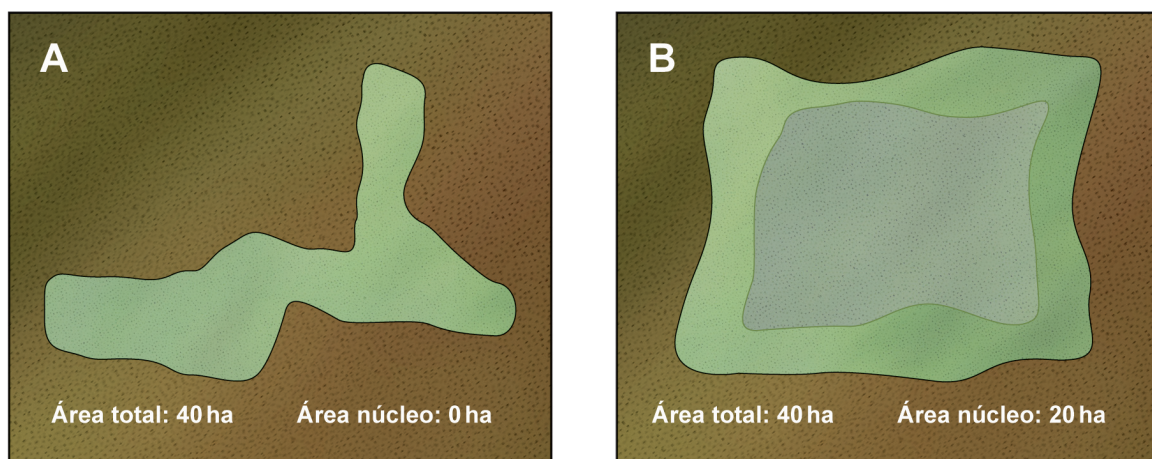


Figura 2.1 Tamaño y forma de los fragmentos. El problema de la generación de efectos de borde queda ejemplificado por la comparación de dos fragmentos de bosque de igual superficie total: el fragmento A es por completo hábitat borde (verde claro), mientras que el fragmento B mantiene en su interior 20 ha de área núcleo, esenciales para muchas especies que requieren este tipo de hábitats poco perturbados (adaptado de Meffe y Carrol 1997).

La fragmentación puede considerarse un proceso continuo o casi continuo que puede empezar a manifestarse cuando el porcentaje de hábitat remanente es aún muy alto (p.ej. >90%). Un buen ejemplo en el caso de las infraestructuras de transporte es el efecto barrera que, potencialmente, puede inducir una seria fragmentación de un hábitat aunque la superficie perdida de dicho hábitat sea muy pequeña.

Por otra parte, según la variable dependiente utilizada, los umbrales de pérdida de hábitat determinados científicamente no serían en absoluto umbrales aceptables de pérdida de hábitat y la superficie ocupada por los hábitats adecuados debería mantenerse claramente por encima del nivel del umbral (ver por ejemplo Radford *et al.* 2005).

Todo ello limita la utilidad práctica de tales umbrales e impide utilizar un único porcentaje (o rango estrecho de porcentajes) como valor guía.

En cualquier caso, en paisajes fragmentados resulta necesario asegurar una conexión funcional entre los fragmentos remanentes, que:

- Garantice los desplazamientos intrínsecos a la actividad vital de las especies.
- Facilite los movimientos de recolonización en aquellas áreas en las que han ocurrido extinciones locales o donde las poblaciones naturales han sufrido descensos importantes.

Por lo tanto, para reducir la fragmentación de hábitats debe prestarse especial atención a dos aspectos:

- Los fragmentos de hábitat presentes antes y después de la actuación, con interés especial hacia aquellos de máximo valor para la biodiversidad.
- La conectividad entre teselas de hábitat, a fin de que no se reduzcan los flujos entre ellas.

Los siguientes apartados se centran en estos dos aspectos.

2.2.3 Identificación de áreas focales a conservar frente a la fragmentación

El principal objetivo en la definición de las áreas de máximo interés para la biodiversidad, o áreas focales, debe ser el de incluir aquellas áreas que:

- Alojén mayor número de hábitats de interés para la conservación o mayor extensión de los mismos en buen estado (hábitats focales).
- Alojén mayor número o densidad de especies de interés de conservación (especies focales).
- Dispongan de una figura legal de protección.

En ocasiones, las áreas de mayor interés para los hábitats y las especies ya tendrán una figura legal de protección, debido a que la delimitación de áreas protegidas suele basarse en dichos criterios. No obstante,

es frecuente que sea necesario atender a la conservación de más lugares, aunque no estén catalogados como protegidos. En estos casos deberán seleccionarse también estos lugares como áreas focales si así se determina tras un análisis formal de las necesidades de conservación.

En el primer caso se fija la atención en uno o varios tipos de hábitat, ya sea por su interés intrínseco o por alojar al mayor número posible de especies de interés, a modo de "hábitat paraguas". Este tipo de planteamiento subyace, por ejemplo, en la frecuente selección de hábitats de carácter forestal o humedales como objeto prioritario de conservación. También es posible que sea necesario incluir en el análisis hábitats sometidos a figuras de protección (p.ej., Hábitat de Interés Comunitario) u otros de interés a la escala (local) del análisis (p.ej., pequeños humedales).

En el caso de que se apliquen estrategias basadas en la selección de especies, la experiencia internacional recomienda apostar por una perspectiva de protección del ecosistema en su conjunto, para lo cual es necesaria una aproximación multi-específica. Dado que no hay una especie capaz de representar a todas las demás especies y componentes de un ecosistema, y teniendo en cuenta que es inviable conocer y manejar los requerimientos de todas las especies presentes en un área, una aproximación deseable es utilizar varias especies focales que ejerzan de especies paraguas. Una especie paraguas se define como aquella cuya conservación confiere protección a un gran número de otras con las que coexiste. En general, se trata de especies cuyos requerimientos engloban las necesidades de otras (p.ej., la especie forestal menos tolerante a la actividad humana). De modo complementario puede ser necesario incluir especies interesantes por sí mismas, ya sea por su interés de conservación o por desempeñar un rol funcional determinante en el ecosistema (p.ej., un gran depredador, o una presa abundante de la que se alimentan varios depredadores).

El procedimiento para identificar áreas focales de describe en la Ficha 4.

2.2.4 Conectividad y corredores

El segundo objetivo a cubrir para evitar los efectos negativos de la fragmentación de hábitats es evitar la pérdida de conectividad de los fragmentos remanentes. Tal y como se representa de modo esquemático en la Figura 2.2, la gravedad del problema generado por la división del fragmento de hábitat A en dos, B y C, es muy dependiente del nivel de conexión que se mantenga entre estos dos últimos. En caso de una impermeabilidad absoluta de la infraestructura, el resultado es equivalente al mantenimiento de dos teselas independientes de superficie B y C, mientras que si la permeabilidad fuese absoluta, el efecto generado sería equivalente a la persistencia de un solo fragmento de superficie útil B+C.

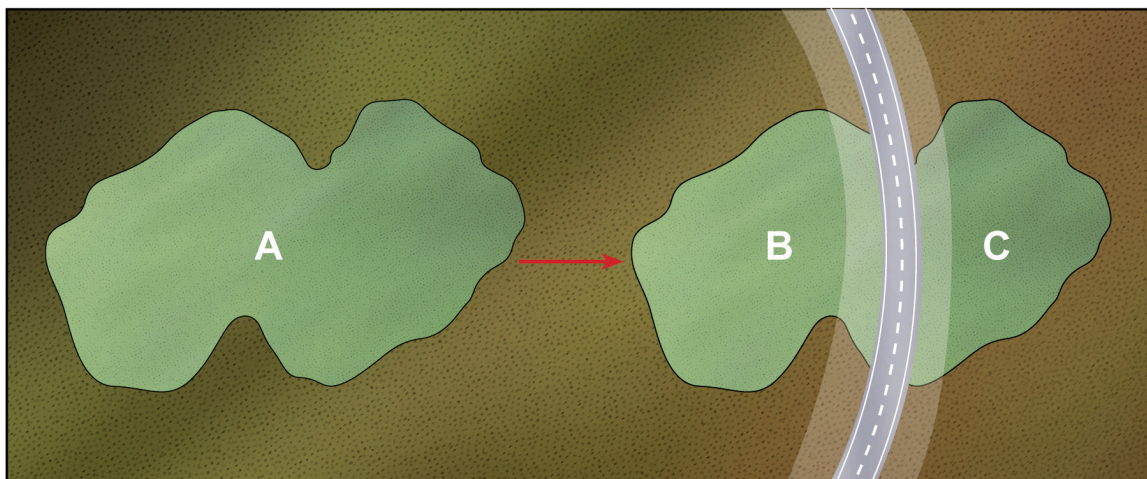


Figura 2.2. Representación esquemática de la fragmentación de una tesela A de hábitat en dos por una infraestructura de transporte. Tal y como se explica en el texto, la gravedad del proceso es muy dependiente de la conectividad entre los fragmentos remanentes B y C.

Las áreas de especial relevancia para garantizar la conectividad entre hábitats constituyen los denominados corredores ecológicos, los cuales facilitan el movimiento tanto de individuos como de genes, y en definitiva, de procesos ecológicos que mantengan la integridad del sistema (Ley 42/2007 de 13 diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad).

Los corredores ecológicos, en su papel de elementos clave de la conectividad se entiende que:

- Facilitan los flujos horizontales de materia y energía en los ecosistemas.
- Favorecen los movimientos migratorios y dispersivos de las especies.
- Disminuyen la probabilidad de extinciones locales.
- Facilitan el intercambio genético, reduciendo los efectos perniciosos de la endogamia y la deriva genética en las poblaciones.

La función y utilidad de los corredores ecológicos como herramienta de conservación ha sido relativamente controvertida, pero numerosos estudios en torno al tema han evidenciado su funcionalidad frente al problema de la fragmentación de hábitats. Existe un conjunto de características determinantes de la calidad de los corredores ecológicos que deberán evaluarse en cada caso concreto dependiendo del taxón (especie o grupo de especies) a que se pretenda atender.

a) Dimensiones de los corredores ecológicos

Las dimensiones de los corredores ecológicos determinan de forma muy destacada las especies que los utilizan, siendo relevantes tanto la longitud como la anchura. En general, corredores de menor longitud presentarán una mejor conectividad que los más largos, ya que según aumenta la distancia al área de interés, disminuye el número de especies que utilizan el corredor en su totalidad. Por otro lado, son cada vez más numerosos los estudios que indican

que los corredores más anchos son más efectivos a la hora de mantener la conectividad para animales y plantas, y que las bandas estrechas de hábitat resultan insuficientes para promover la conectividad debido al efecto borde que sufren. Como consecuencia, se ha sugerido la existencia de una interacción entre la longitud y la anchura de los corredores ecológicos, de modo que los más largos deben tener una mayor amplitud.

En líneas generales, son mejores aquellos corredores ecológicos en los que se minimice la longitud y se maximice la amplitud. En los corredores de gran longitud la amplitud debería permitir la existencia en su interior de cierta cantidad de hábitat poco o nada afectado por el efecto borde.

b) Continuidad de los corredores ecológicos

En función de la continuidad de un corredor ecológico se distinguen (Figura 2.3):

- Conexiones de hábitat natural sin interrupciones, que constituyen los corredores continuos.
- Conexiones formadas por parches de hábitat natural que, estando separados unos de otros por cierta distancia, facilitan el tránsito de distintas especies. Son los denominados estriberones o refugios de paso (*stepping stones* en terminología anglosajona).

Muchas especies no requieren conexiones continuas de hábitat, pudiendo dispersarse a través de áreas heterogéneas siempre y cuando no tengan que atravesar amplias zonas de hábitat adverso. En general, aquellas especies adaptadas a hábitats en mosaico se mantienen más fácilmente, ya que habitan y se dispersan habitualmente en hábitats fragmentados. Este tipo de corredores son incluso más adecuados para ellas.

Por todo ello, a la hora de definir los corredores ecológicos un factor determinante a tener en cuenta es la movilidad de las especies a las que están dirigidos.

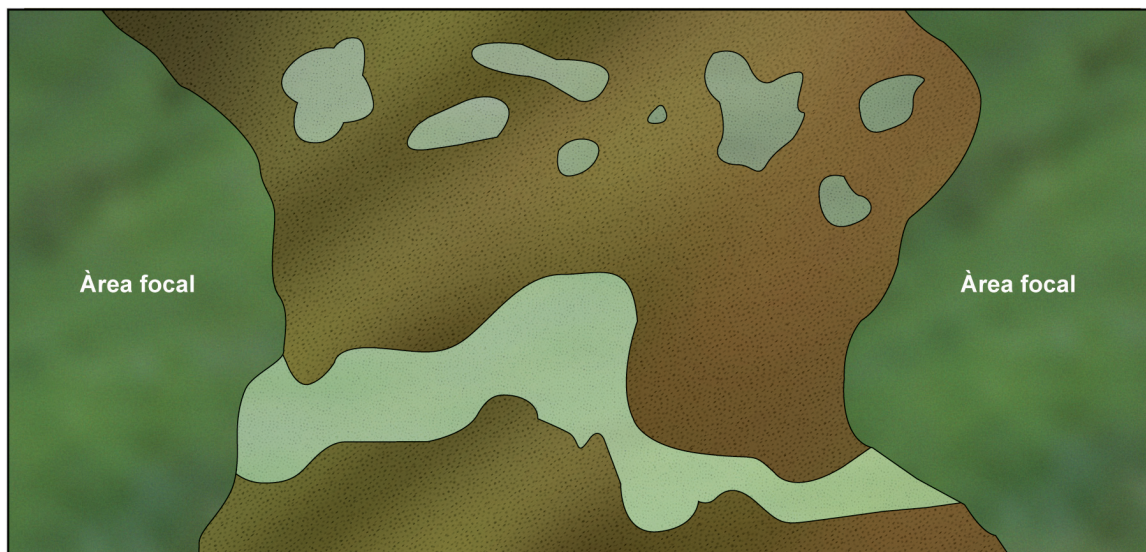


Figura 2.3. Tipos de corredores ecológicos. Representación gráfica de dos áreas de interés de conservación conectadas por dos corredores continuos y uno discontinuo de refugios de paso o estriberones, todo inmerso en la matriz que constituye el territorio en el que se encuentran. Adaptado de Hilty *et al.* 2006.

c) Calidad del hábitat de los corredores ecológicos

La calidad del hábitat en el corredor ecológico es variable para los diferentes taxones y dependiente de muchas características, pero en ella desempeñan un papel destacado las formaciones naturales y semi-naturales de vegetación autóctona, tanto por su composición, como por su riqueza específica y su estructura horizontal y vertical. Por contra, se ha comprobado en algunos casos que la vegetación exótica (p.ej., plantaciones forestales de especies alóctonas) disminuye la efectividad de los corredores ecológicos, y que dicha efectividad habitualmente también se reduce con la intensidad de perturbación humana.

Además, los corredores ecológicos deben mantenerse en el tiempo, por lo que es importante tener esta visión de largo plazo al manejarlos y, muy especialmente, si se desarrollan labores de creación o restauración de hábitats en ellos.

2.2.5 Análisis de la conectividad ecológica. La identificación de corredores ecológicos

El análisis de la conectividad ecológica mediante modelos para estudiar los procesos ecológicos y la dispersión de las especies permite obtener cartografías que muestran gráficamente la permeabilidad del paisaje para una determinada especie o grupo biológico, en función de la distancia máxima de dispersión de las especies consideradas y de la permeabilidad del territorio para ellas (grado de resistencia al desplazamiento de las especies a través del mismo). Permiten determinar la accesibilidad, desde un punto del territorio, de un fragmento de hábitat dado o de cualquier otro punto del territorio.

Existen diferentes metodologías para medir la conectividad del territorio. Una posible clasificación de las mismas se puede realizar agrupándolas según si consideran (Europarc-España, 2009):

- La conectividad estructural, basada en la estructura del paisaje, sin considerar la respuesta de los organismos ante el paisaje. En este grupo hallamos medidas basadas en la presencia o ausencia/configuración de corredores o estriberones (se basa en la necesidad de corredores para pasar de una tesela a otra); medidas basadas en las distancias (distancias entre teselas, medidas con diferentes algoritmos); medidas basadas en la teoría de grafos (combina las dos anteriores, permite detectar cambios en el paisaje que afectan a la conectividad e identificar los elementos críticos del paisaje para el mantenimiento de la conectividad); las medidas basadas en la cantidad de hábitat en el paisaje (basada en el cálculo de las superficies de determinados elementos del paisaje alrededor de las teselas de hábitat, o las superficies de determinados elementos favorables para la dispersión de las especies a partir de anillos de radio a determinar); y medidas basadas en la percolación o contagio (basadas en tratar el paisaje como una malla de cuadrículas, cada una de las cuales se clasifica en hábitat o no hábitat, y una celda está conectada si tiene una celda hábitat en alguno de sus cuatro lados).
- La conectividad funcional, que considera al organismo y su respuesta a las distintas configuraciones del paisaje, así como los distintos elementos que conforman la matriz del paisaje. En este grupo hallamos medidas basadas en la probabilidad de dispersión (basada en medir la conectividad como la probabilidad de desplazamiento entre teselas de hábitat); medidas basadas en el tiempo de dispersión (medido

como el número de movimientos al azar que realiza un organismo hasta que encuentra un hábitat adecuado); medidas de captura y recaptura (basada en cuantificar el número de individuos recapturados que se encuentran marcados); medidas basadas en tasas de emigración (medida como el número de migraciones entre todos los hábitats del paisaje, dividido por el número inicial de individuos); y medidas basadas en la permeabilidad de la matriz (incluyen el efecto de la matriz del paisaje en la conectividad de los fragmentos, reproducen espacial y gráficamente la localización de los pasos más permeables y los mayores obstáculos; permiten la comparación de escenarios de transformación del paisaje a partir de determinadas actuaciones que se quieren analizar).

En el Anexo VI se aporta referencia de algunos de estos métodos; asimismo se describe con detalle un método basado en la permeabilidad de la matriz.

Las áreas por las que con mayor probabilidad se desplazarán las especies pueden ser interpretadas como corredores ecológicos. Especialmente en el caso de los métodos que parten de la conectividad funcional, sería necesario conocer los patrones de desplazamiento de cada una de las especies, pero la imposibilidad de manejar y depurar tanta información obliga a trabajar únicamente con las especies focales. Una vez seleccionadas dichas especies, los potenciales desplazamientos de las mismas suelen aproximarse mediante modelos asumiendo que los movimientos de las especies se realizan preferentemente por aquellos hábitats que les son más adecuados.

A partir de la identificación de los corredores de las diferentes especies focales, las redes de corredores ecológicos suelen obtenerse mediante la combinación de los corredores identificados, y tras una modificación y ajuste de los mismos con el fin de asegurar que se cubren

los objetivos de conservación propuestos. En este punto es frecuente la inclusión de otras áreas de interés para la conservación de ciertos procesos (p.ej., cauces fluviales), y la de zonas de amortiguación frente a posibles perturbaciones externas. También es posible en esta fase cotejar los corredores identificados con información de otras fuentes (p.ej., datos de atropellos de fauna, estudios específicos de algunas especies) que constatan la presencia y patrones de desplazamiento de las especies.

Un último punto, cuya importancia se considera cada día mayor, es que la definición de los corredores ecológicos no puede ser fruto de una decisión que únicamente tenga en cuenta las características actuales de los hábitats y de las especies. La funcionalidad a largo plazo de los corredores ecológicos depende de su compatibilidad con el entorno socioeconómico del lugar donde se planean, lo que obliga a tener en cuenta información procedente de otras fuentes, especialmente de aquellas relacionadas con la actividad humana como los documentos de ordenación del territorio y planeamiento urbanístico que advierten de los usos del suelo planificados en dicha área y de potenciales cambios en los mismos.

2.3 Fases de diseño de las infraestructuras de transporte y reducción de la fragmentación

Los problemas de fragmentación de hábitats generados por la planificación y el trazado de infraestructuras se pueden minimizar a través de los mecanismos previstos por la Evaluación Ambiental de Planes y Programas y la Evaluación de Impacto Ambiental que resultan de aplicación en las diferentes fases por las que se define una infraestructura (Figura 2.4).

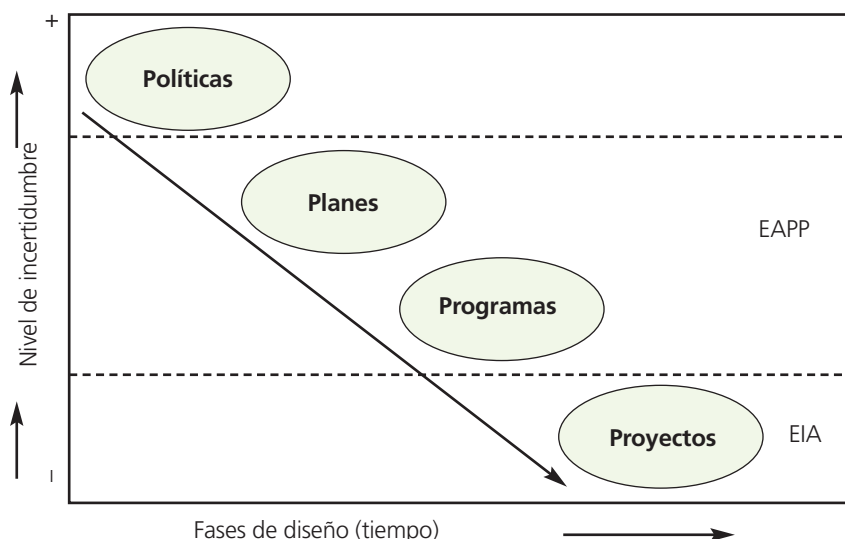


Figura 2.4. Ámbito de aplicación de la Evaluación Ambiental de Planes y Programas (EAPP) y la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) en el desarrollo temporal desde el diseño de las políticas hasta la ejecución de proyectos. Nótese (eje de ordenadas) que los niveles superiores de toma de decisión se realizan con un menor nivel de concreción de la información, que se incrementa durante su plasmación en planes, programas y finalmente proyectos. Adaptado de Oñate et al. (2001).

De acuerdo con lo indicado en el apartado 1.3, la definición de una infraestructura de transporte se realiza siguiendo un proceso secuencial, en el que se pueden diferenciar cinco fases. En los apartados siguientes se definen las características de dichas fases.

2.3.1 Diseño básico de la red de infraestructuras

La primera etapa de planificación, de carácter marcadamente estratégico, se centra en la definición de los objetivos para el conjunto del sector del transporte, y como parte de éste la definición del tipo de esquema de redes de transporte deseadas. Este tipo de decisiones se someten a EAPP, y su evaluación se realiza enfrentando los objetivos de planificación frente a los grandes objetivos económicos, sociales y ambientales establecidos para el desarrollo sostenible.

Dado el carácter inicial y estratégico de los objetivos planteados, las decisiones que se toman son muy básicas, y en el caso del diseño de escenarios de las redes de infraestructuras éstos son de tipo esquemático. Así, los escenarios de redes de infraestructuras que se pueden manejar en estas fases serían del tipo de esquemas viales de nodos y líneas, o se elaborarían con cartografías de escasa definición, a escalas iguales o inferiores a 1:1.000.000.

Otras decisiones de planes y programas que se toman en estas fases de la planificación corresponden a los sistemas de transporte y a la tipología básica de carreteras y ferrocarriles a poner en marcha, así como las velocidades de proyecto deseadas para cumplir con los objetivos generales de la planificación.

La concreción de objetivos en elementos cartografiables habitualmente no está disponible en estos momentos iniciales de la planificación, de manera que no es posible en general efectuar aproximaciones numéricas de los efectos de las infraestructuras sobre la fragmentación. Así, las evaluaciones a escalas iguales o inferiores 1:1.000.000 serán básicamente cualitativas.

Como ya se ha indicado en el apartado 1.3, cabe destacar que las escalas indicadas son meramente orientativas, ya que cuando el ámbito territorial para el que se efectúa la evaluación del plan o programa es reducido (por ejemplo, ámbitos insulares, provincias, Comunidades Autónomas de superficie reducida, etc.), las escalas menos detalladas no son de aplicación. Lo mismo puede suceder en la etapa de definición de potenciales actuaciones.

2.3.2 Definición de potenciales actuaciones en la red de infraestructuras

El segundo paso en la planificación de infraestructuras de transporte es la definición de las potenciales actuaciones necesarias para cumplir con los objetivos de un escenario de planificación, lo que conlleva desde el punto de vista cartográfico la representación de esas potenciales actuaciones en general a escalas entre 1:500.000 y 1:200.000.

A esta escala de trabajo, la representación de las potenciales actuaciones es inevitablemente poco detallada, y por tanto corresponde a lo que podrían ser posibles recorridos por los que se podría trazar la infraestructura (en el caso de que se trate de una nueva), o la señalización del trazado antiguo que va a mejorarse (sin definirse los puntos concretos en los que, por ejemplo, se utilizará una plataforma nueva).

Esta escala es propia de documentos de planificación de carreteras y ferrocarriles, y por tanto su evaluación ambiental corresponde a procedimientos de EAPP. Teniendo en cuenta la precisión de la cartografía que se maneja, la principal utilidad de esta escala de trabajo es la detección temprana de los puntos de conflicto. Esta detección temprana sirve para descartar opciones muy impactantes, y representa también una primera oportunidad para evaluar y comparar alternativas potencialmente factibles. Dada su utilización en documentos de planificación elaborados en fases iniciales, sirve para coordinar actuaciones que se concretarán en fases posteriores de la planificación de modo independiente.

2.3.3 Selección de corredores de trazado

La concreción del diseño geométrico de una infraestructura continúa con la identificación de corredores de trazado, que en este momento son pasillos de anchura variable por los que, tras un análisis técnico más o menos detallado, se ha comprobado que sería posible trazar la infraestructura. En la actualidad este proceso suele llevarse a cabo con una escala de definición alrededor de 1:50.000 y se asocia a programas de infraestructuras sometidos a EAPP, o a estudios y proyectos sometidos a EIA.

Esta fase resulta esencial para la detección concreta de puntos de conflicto e incompatibilidades, siendo útil tanto para el descarte de opciones muy impactantes, como para la selección de corredores de trazado posibles y óptimos.

2.3.4 Selección de alternativas de trazado en un corredor de trazado

El siguiente nivel de concreción de una infraestructura se refiere a la identificación y selección de alternativas de trazado dentro de un corredor de trazado. Esta fase se centra en la definición geométrica de posibles trazados y la selección de la traza, o proyección de la nueva infraestructura sobre el terreno. En la actualidad este proceso se desarrolla con una base cartográfica a escala 1:10.000 o 1:5.000 para lo que es la propia definición de la traza.

Por el nivel de detalle al que se trabaja, y por ser la base para la selección de alternativas reales de configuración geométrica de la infraestructura, es la escala a la que más frecuentemente se realiza la EIA. Como parte del proceso de selección de alternativas de trazado, la evaluación de los problemas de fragmentación en esta fase debe enfocarse a:

- La detección detallada de las zonas de interés de conservación y de conflicto con la actuación prevista, y la previsión de impactos en ellas.
- El descarte de las opciones que generan mayores impactos y la selección de la alternativa de trazado óptima.
- La definición y ubicación aproximadas de las medidas correctoras.

2.3.5 Proyecto de trazado y proyecto constructivo

La alternativa de trazado seleccionada pasa a ser definida en todos sus detalles geométricos en el proyecto de trazado y construcción, que contiene a escalas 1:5.000 o superiores tanto los detalles necesarios para la construcción y puesta en marcha del nuevo proyecto, como los de sus elementos complementarios. En esta fase se diseñan pormenorizadamente las medidas correctoras y se establecen los procedimientos y buenas prácticas a seguir en la obra.

2.4 La Evaluación Ambiental: su aplicación a la reducción de la fragmentación en las fases de planificación y trazado

En la Figura 2.5 se detallan las principales actuaciones que se realizan en los procedimientos de Evaluación Ambiental de Planes y Programas (regulada por la Ley 9/2006, de 28 de abril, sobre evaluación de los efectos de determinados planes y programas en el medio ambiente) y Evaluación de Impacto Ambiental (regulada por el Real

Decreto Legislativo 1/2008, de 11 de enero, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Evaluación de Impacto Ambiental de proyectos) para evaluar y reducir los impactos ambientales en las diferentes fases de la vida de los proyectos de infraestructuras. En la figura se destacan las fases de planificación y proyecto a las que es de aplicación este texto.

2.4.1 La Evaluación Ambiental de Planes y Programas

La EAPP, a diferencia de lo que sucede con la Evaluación de Impacto Ambiental, no dispone de un desarrollo procedimental homogéneo entre administraciones, existiendo diferencias entre la administración general del Estado y las autonomías, así como entre éstas. Puede haber diversidad en cuanto a qué planes y programas deben ser objeto de EAPP, la denominación de las fases del procedimiento y de los documentos a generar, los contenidos de estos documentos, los organismos competentes, la extensión y forma de la participación pública, e incluso en los pasos a efectuar en el desarrollo concreto de cada fase.

Sin embargo, de acuerdo con la Directiva 2001/42/CE de 27 de junio de 2001 relativa a la evaluación de los efectos de determinados planes y programas en el medio ambiente, la planificación de infraestructuras está en todo caso sometida a EAPP, y en casi todos los casos tienen lugar las fases que se muestran en la Tabla 2.1. En dicha tabla se presentan, sobre la base del procedimiento y la terminología establecidos por la Ley 9/2006, las fases en las que la consideración de los aspectos relativos a la fragmentación es más relevante y de qué forma genérica ésta debe ser considerada.

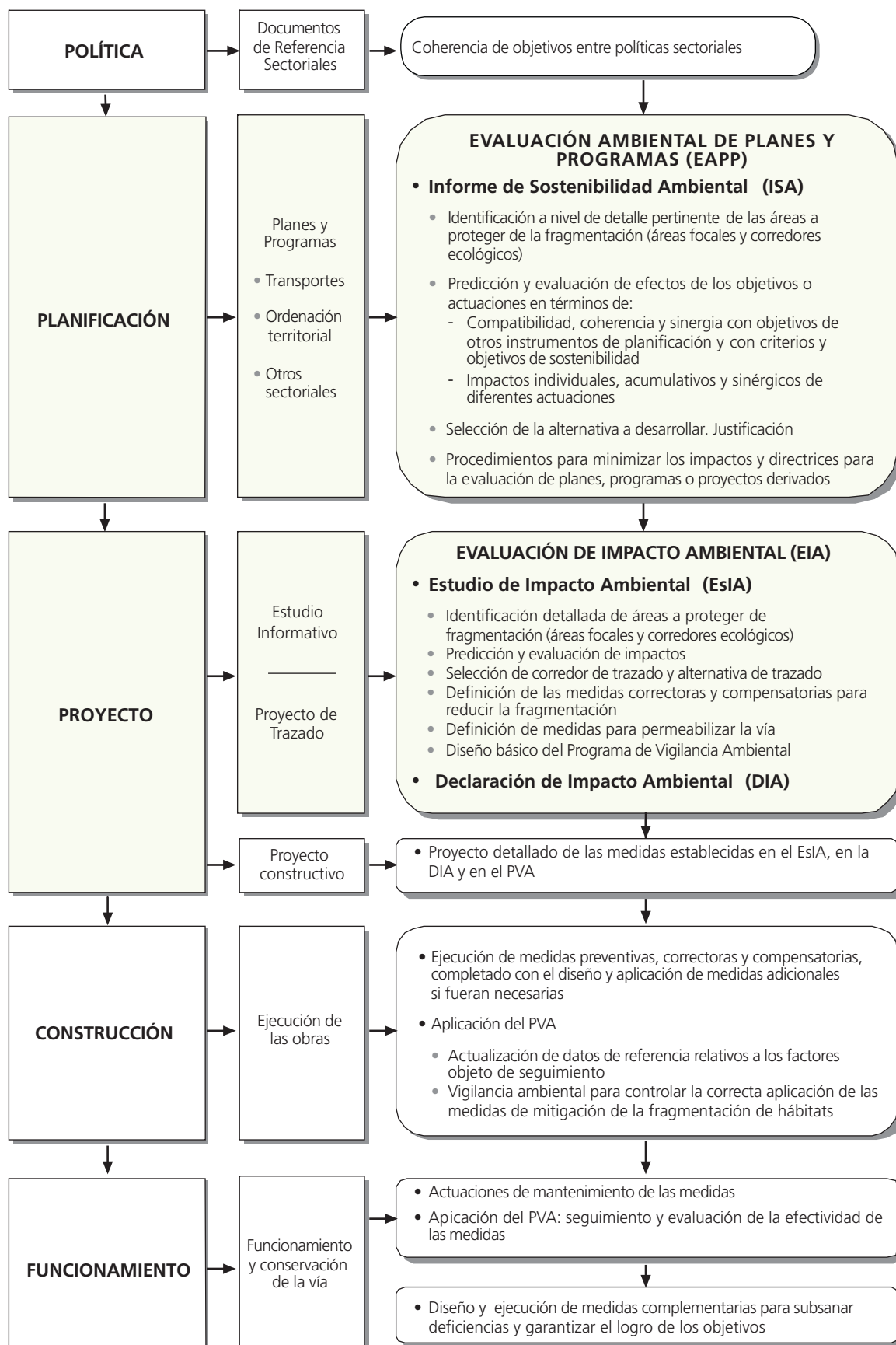


Figura 2.5. Actuaciones a realizar para evaluar y minimizar los impactos ambientales, en particular los relativos a fragmentación de hábitats, a lo largo de las fases de la vida de una infraestructura. Las fases sombreadas de verde son objeto del presente documento.

Tabla 2.1. Procedimiento administrativo de la EAPP establecido por la legislación básica estatal (Ley 9/2006, de 28 de abril, sobre evaluación de los efectos de determinados planes y programas en el medio ambiente) y acciones de interés para reducir la fragmentación a desarrollar en cada caso.

Fase del proceso		Agente competente / implicado	Acción de interés para reducir la fragmentación
Elaboración de la documentación inicial del Plan o Programa		Órgano promotor	Considerar los aspectos relativos a la fragmentación en el diseño inicial de objetivos y escenarios del Plan o Programa
Evaluación preliminar	Consultas	Órgano ambiental / Administraciones afectadas Público interesado	
	Elaboración del Documento de Referencia: determinación del alcance y contenido de la evaluación	Órgano ambiental	Incorporar explícitamente la fragmentación en la definición de: - El alcance, objetivos y criterios que sustentarán la evaluación - Las metodologías y fuentes de información que se deberán utilizar
Elaboración del Informe de Sostenibilidad Ambiental		Órgano promotor	Evaluar de acuerdo con las indicaciones del Documento de Referencia los efectos de fragmentación de las propuestas del Plan o Programa a fin de: - Valorar y seleccionar alternativas - Establecer directrices y procedimientos para atender a dichos efectos en los planes, programas y proyectos emanados del documento evaluado - Establecer procedimientos para el seguimiento de los efectos de fragmentación
Evaluación detallada	Consultas	Órgano promotor / Administraciones afectadas Público interesado	
	Informe de alegaciones	Órgano promotor	
	Elaboración de la Memoria Ambiental	Órgano ambiental Órgano promotor	Incorporar plenamente los aspectos relativos a la fragmentación en: - La selección de alternativas y la previsión de impactos de las mismas - Las determinaciones finales que se tomen para la integración ambiental del Plan o Programa
Propuesta definitiva del Plan o Programa. Publicidad. Control y seguimiento		Órgano promotor	Elaborar la documentación correspondiente al Plan o Programa de modo que: - Se integren adecuadamente los aspectos relativos a la fragmentación - Se detalle y haga pública la forma en que se han integrado dichos aspectos

En el procedimiento de EAPP, un elemento clave es el informe de evaluación realizado (Informe de sostenibilidad ambiental, ISA, según la terminología de la legislación básica) que debe contener:

- Un diagnóstico de la situación ambiental en lo referido a:
 - Los elementos de interés del territorio.
 - Los problemas de conservación a que se ven sometidos.
 - Los objetivos de conservación establecidos.
- Una selección de alternativas con:
 - Una valoración de los efectos de los escenarios planteados en el Plan o Programa, y de posibles modificaciones a los mismos.

- Una descripción de las medidas previstas para prevenir, reducir y, en la medida de lo posible, compensar los efectos significativos negativos.
- Especificaciones para el seguimiento en relación con:
 - Los mecanismos de prevención de efectos negativos que se hayan detectado.
 - La consecución de los objetivos de conservación establecidos.

Es importante destacar que la Evaluación Ambiental de Planes y Programas asociada a la puesta en marcha de infraestructuras se desarrolla en forma de varias evaluaciones que acompañan sucesivamente la aprobación de la jerarquía de planes y programas emanados de la política

de transportes. El procedimiento de estas evaluaciones debe ser secuencial y debe evitar las reiteraciones innecesarias, de modo que la EAPP de cada nivel:

- Parta de las bases establecidas por el procedimiento jerárquicamente anterior (si lo ha habido).
- Se ajuste a las escalas y nivel de concreción del documento al que acompaña.
- Establezca las directrices o indicaciones pertinentes para las fases siguientes de la planificación.

Dado que las fases posteriores de planificación abarcan ámbitos de actuación progresivamente más restringidos y con frecuencia independientes (p.ej., planes sectoriales de ferrocarriles y carreteras dependientes de

un plan general de infraestructuras), es importante que los resultados de la evaluación en un nivel detecten los problemas y faciliten los instrumentos comunes y de coordinación necesarios para el desarrollo de los niveles subsiguientes de planificación.

2.4.2 La Evaluación de Impacto Ambiental

Terminada la fase de planificación, los proyectos son sometidos al procedimiento de Evaluación de Impacto Ambiental (ver Tabla 2.2). El Estudio de Impacto Ambiental que se elabora debe responder a las especificaciones establecidas en el correspondiente documento de determinación de la amplitud y el nivel de detalle, elaborado por el Órgano Ambiental tras las consultas previas.

Tabla 2.2. Procedimiento administrativo de la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) establecido por la legislación básica estatal (Real Decreto Legislativo 1/2008, de 11 de enero, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Evaluación de Impacto Ambiental de proyectos) y acciones de interés para reducir la fragmentación a desarrollar en cada caso.

Fase del Proceso		Agente Competente / Implicado	Acción de Interés para reducir la fragmentación
Iniciación del procedimiento de EIA		Promotor	Considerar los aspectos relativos a la fragmentación en el documento inicial del proyecto o Documento Ambiental
Determinación alcance	Consultas	Órgano ambiental / Administraciones afectadas Público interesado	
	Determinación de la amplitud y nivel de detalle del Estudio de Impacto Ambiental	Órgano ambiental	Incorporar explícitamente la fragmentación en la definición de: - El alcance y detalle que deberá tener la evaluación - Las metodologías y fuentes de información que se deberán utilizar
Elaboración del Estudio de Impacto Ambiental (EIA)		Promotor	Incorporar con el nivel de detalle adecuado los efectos de fragmentación de las alternativas evaluadas incluyendo: - La delimitación de las áreas de mayor interés potencialmente afectadas - La valoración de los impactos generados sobre dichas áreas - El establecimiento de medidas correctoras de la fragmentación y de procedimientos para su seguimiento
Validación EIA	Información pública	Órgano sustantivo / Administraciones afectadas Público en general	
	Informe de alegaciones	Órgano sustantivo	
	Declaración de Impacto Ambiental	Órgano ambiental	Determinar las condiciones que debe cumplir el proyecto para proteger los hábitats de la fragmentación atendiendo a: - La conveniencia ambiental de la realización del proyecto, y la selección de la alternativa a ejecutar - Las determinaciones expuestas en el Estudio de Impacto Ambiental, y aquellas otras que se considere conveniente añadir - La información proveniente de las alegaciones presentadas durante el trámite de Información Pública
Aprobación del Proyecto		Órgano sustantivo	

El Estudio de Impacto Ambiental (EIA) contiene una descripción del medio receptor del proyecto, que debe abarcar el área o cuenca potencialmente receptora de los impactos que éste genere. Con el nivel de detalle correspondiente a la propuesta del proyecto (Estudio Informativo o Proyecto de Trazado), dicha descripción debe incluir una determinación detallada de las áreas clave a proteger respecto de la fragmentación. En la actualidad los EIA contienen la delimitación de las áreas más importantes a conservar (áreas protegidas y de la Red Natura 2000, hábitats prioritarios, áreas ocupadas por especies objetivo...) y con frecuencia también identifican los corredores ecológicos de carácter local y/o comarcal-regional.

El objetivo central del Estudio de Impacto Ambiental es la identificación, predicción y valoración de impactos de las alternativas, seguida por la selección del corredor o la alternativa de trazado más adecuada. Los métodos seguidos en esta valoración de impactos están ya muy establecidos por la práctica habitual, y en buena medida responden a las exigencias concretas plasmadas en la Ley de Evaluación de Impacto Ambiental (Real Decreto Legislativo 1/2008, de 11 de enero, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Evaluación de Impacto Ambiental de proyectos) y el reglamento de EIA (Real Decreto 1131/1988, de 30 de septiembre, por el que se aprueba el Reglamento para la ejecución del Real Decreto Legislativo 1302/1986, de 28 de junio, de Evaluación del Impacto Ambiental). De modo general, se trata de procedimientos de toma de decisión multicriterio, que introducen aspectos de tipo social, económico y ambiental, entre los que se deben encontrar los efectos de fragmentación de hábitats.

Además de la valoración de impactos ambientales, el EIA incluye una descripción básica de las medidas preventivas, correctoras y compensatorias que deben acompañar a la ejecución del proyecto.

2.5 Referentes normativos y experiencias actuales

2.5.1 Referentes de la planificación de las redes de infraestructuras de transporte

La planificación y el trazado de nuevas infraestructuras están regulados por un procedimiento de carácter vertical, en el que, idealmente, las decisiones se plasman en planes y programas vinculados de forma jerárquica a partir del instrumento general de planificación de transportes (el PEIT en el caso actual), y de forma coordinada tanto entre administraciones de transporte (estatal y autonómicas) como intersectorialmente. La planificación de una infraestructura particular se concreta posteriormente en un estudio informativo, y finalmente se desarrollan los proyectos de trazado (básico para los ferrocarriles) y de construcción, que contienen los detalles de la misma.

Todo ello queda regulado por la legislación estatal de los diferentes sectores, con una estructura normativa paralela en el caso de las carreteras y los ferrocarriles (Ley 25/1988, de 29 de julio, de Carreteras; Real Decreto 1812/1994, de 2 de septiembre, por el que se aprueba el Reglamento General de Carreteras; Ley 39/2003, de 17 de noviembre, del Sector Ferroviario; Real Decreto 2387/2004, de 30 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento del Sector Ferroviario). En ambos casos recaen en la administración central las competencias de las redes básicas que conforman los itinerarios de circulación principal de largo recorrido, ya sea porque afectan a varias comunidades autónomas, o por servir para la comunicación internacional (accesos a pasos fronterizos, puertos y aeropuertos). Existe por ello una Red de Carreteras del Estado y una Red Ferroviaria de Interés General cuya planificación corresponde en último término a la administración central.

A ello se añade la planificación y puesta en marcha de infraestructuras de carácter autonómico y local, si bien en este punto aparece una diferencia fundamental entre ferrocarriles y carreteras: la práctica totalidad de aquellos son de ámbito estatal, de forma contraria a la amplitud de las redes de carreteras de competencia autonómica. Por este motivo, los instrumentos de planificación de carreteras son más numerosos e incluyen, además del PEIT, el Plan Sectorial de Carreteras del Estado y los correspondientes planes de las Comunidades Autónomas. Por su parte, la planificación de ferrocarriles pivota sobre el PEIT y el Plan Sectorial de Ferrocarriles.

Las leyes y reglamentos recién mencionados establecen los procedimientos de planificación de nuevas infraestructuras, sean éstas nuevos trazados, duplicaciones o acondicionamientos de trazados previamente existentes. A su vez, los instrumentos básicos de planificación se desarrollan en forma de sub-planes o programas, como el caso del actual Plan Sectorial de Carreteras que contiene, entre otros, un Programa de Vías de Altas Prestaciones y un Programa de Acondicionamiento de la Red Convencional de Carreteras.

Los documentos de planificación incluyen las decisiones básicas de tipología de proyecto (p.ej., calzadas separadas o única, velocidad de planeamiento) y deben coordinarse entre sí en el caso de planes del mismo nivel (p.ej., planes de carreteras estatal y autonómicos), y establecer las bases que aseguren la coordinación de los planes o programas emanados directamente de ellos (p.ej., entre los programas mencionados anteriormente del Plan Sectorial de Carreteras). Por este procedimiento se garantiza la unidad del sistema de comunicaciones y se armonizan los intereses públicos directamente relacionados con la red de infraestructuras.

Además, la propia legislación de carreteras y ferrocarriles establece que los documentos de planificación de infraestructuras de transporte deben desarrollarse en coordinación con el resto de las administraciones sectoriales a fin de asegurar la máxima eficiencia de las actuaciones propuestas. Una atención especial merece la

coordinación de la planificación de infraestructuras de transporte respecto del planeamiento urbanístico, por las importantes implicaciones recíprocas de diferente signo. Para este particular, la legislación sectorial establece la obligada consulta, como parte del trámite de información pública, a las administraciones competentes en urbanismo (autonómicas y locales) de forma previa a la aprobación de los estudios informativos de infraestructuras de transporte. En cuanto a las propuestas de planes urbanísticos, éstas deben someterse a consultas ante la administración de transporte, que tiene potestad para emitir un informe vinculante de sugerencias sobre aquellos aspectos en que la planificación urbanística interaccione con la de las infraestructuras de transporte.

Por otra parte, los instrumentos de planificación urbanística están obligados a asumir las nuevas infraestructuras bajo la forma de sistemas generales, y permitir en ellas y su entorno las actuaciones necesarias para su buen funcionamiento y mantenimiento. Así, la planificación y los usos del territorio quedan restringidos en las áreas de dominio público de carreteras y ferrocarriles (entre 3 y 8 m, dependiendo de los casos), servidumbre y afección de carreteras (2-25 m y 30-100 m) y protección de ferrocarriles (70 m). En estas áreas, entre otras limitaciones, se exige una autorización para el cambio de uso del suelo, en especial si conlleva la tala o plantación de especies arbóreas.

Finalmente, es necesario indicar que con frecuencia la concepción de algunas infraestructuras no se incardina en un documento de planificación ya existente. En estos casos, la infraestructura es diseñada para responder a alguna demanda más puntual de carácter relativamente urgente y posteriormente se incluye en el siguiente documento de planificación. Como consecuencia de este hecho, no es raro que los planes y programas de infraestructuras estén compuestos por un conjunto de actuaciones con distintos objetivos originales y grados de definición.

2.5.2 Referentes en el diseño de una infraestructura de transporte

La planificación de una infraestructura concreta culmina en sus correspondientes estudios y proyectos, habitualmente el estudio informativo y los proyectos de trazado o básico y de construcción. El estudio informativo es obligatorio para el establecimiento o la modificación de una línea o tramo de ferrocarril, y para la construcción de autopistas, autovías, nuevas carreteras y variantes de población. Dicho estudio contiene la definición, en líneas generales, del trazado de la nueva infraestructura, y es la base para la evaluación y selección de alternativas, si bien en algunas comunidades autónomas este proceso se lleva a cabo en la fase de proyecto de trazado. Los proyectos de trazado o básico y de construcción contienen todos los detalles necesarios para la ejecución de la nueva infraestructura.

La redacción de estos estudios debe atender, por una parte, a las especificaciones genéricas de trazado determinadas por el instrumento de planeamiento

correspondiente, y por otra a las condiciones y limitaciones de diseño que vienen impuestas por las Instrucciones Técnicas correspondientes. En el caso de las carreteras, estas instrucciones quedan recogidas en la Norma 3.1-IC Trazado (Orden de 27/12/1999, modificada por Orden de 13/09/2001), mientras que para los ferrocarriles, el Administrador de Infraestructuras Ferroviarias ha establecido las Instrucciones y Recomendaciones sobre Trazado (IGP-3), que concretan para el caso español lo establecido por la Directiva 2001/16/CE, del Parlamento Europeo y del Consejo de 19 de marzo de 2001, relativa a la interoperabilidad del sistema ferroviario transeuropeo convencional. Dicha norma fija las condiciones que deben cumplir las infraestructuras ferroviarias en el territorio comunitario a fin de lograr la integración del sistema ferroviario transeuropeo, estableciendo entre otras cuestiones los parámetros básicos de diseño de los trazados de ferrocarril.

Así, estas normas de trazado establecen los parámetros de diseño de las infraestructuras en planta y alzado en función de la tipología de vía y la velocidad de proyecto planificada. Los valores de dichos parámetros quedan fijados en las instrucciones técnicas tanto para las situaciones normales, en las que es posible optimizar el diseño desde un punto de vista de su funcionalidad, como en lo referido a los márgenes de tolerancia aplicables en situaciones excepcionales. Entre las causas que pueden justificar la aplicación de estos valores extremos se encuentran las medioambientales, lo que facilita la adecuación de los trazados para disminuir su potencial afectación medioambiental y puede servir para disminuir su efecto en relación con la fragmentación de hábitats.

2.5.3 Referentes relacionados con la conservación de la naturaleza y con la fragmentación

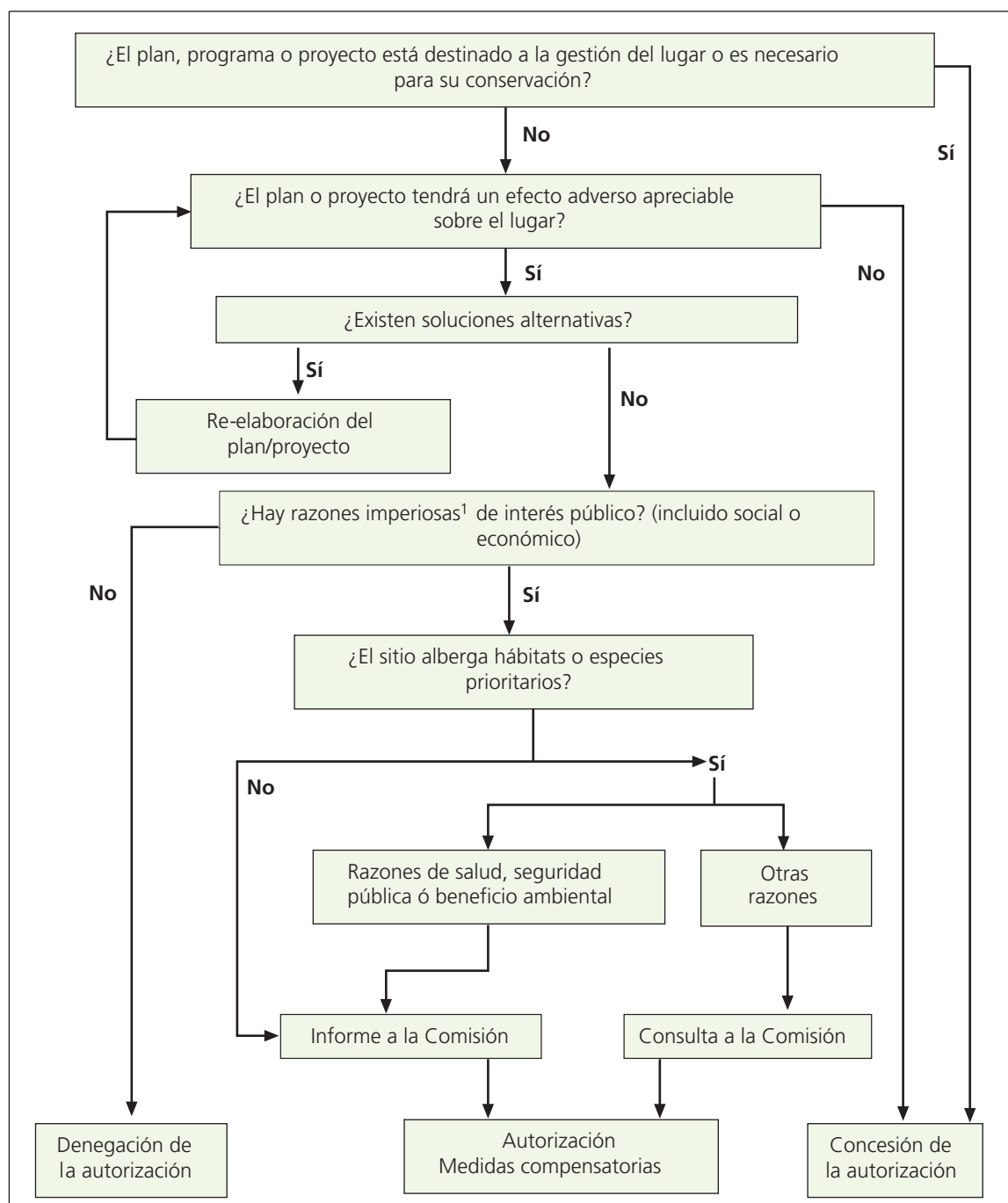
La conservación y gestión adecuada de los recursos naturales conforma uno de los ejes directores de las estrategias de desarrollo sostenible de la UE y de España. Desde la esfera de la Unión Europea hasta la de las administraciones autonómicas competentes en materia de medio ambiente, este gran objetivo se ha venido a cubrir tradicionalmente con normas y actuaciones enfocadas a la conservación y gestión de espacios y especies de interés, que por este motivo se han catalogado como protegidas. Esta visión se ha complementado en las últimas décadas con una atención creciente al mantenimiento de la integridad funcional (ecológica) del territorio y por tanto de los procesos que permiten la conservación de los valores naturales a largo plazo y a escalas espaciales que trascienden los límites de los espacios naturales protegidos.

La conservación de espacios y especies catalogadas se ha dotado de mecanismos para asegurar su mantenimiento a largo plazo, y en la práctica común ya se ha asumido la existencia de restricciones al desarrollo de proyectos impactantes sobre estos objetivos de conservación. En el caso de los espacios naturales protegidos, la conservación

se enfoca a mantenerlos libres de perturbaciones ajenas al uso sostenible de los recursos naturales, y la realización de proyectos de infraestructuras en ellos está restringida o prohibida. Un caso específico de restricción de posibles actuaciones aparece en el caso de los espacios protegidos de la Red Natura 2000, cuya integridad ecológica debe ser asegurada. Con este objetivo, la realización de planes, programas o proyectos impactantes en ellos se ve limitada a situaciones de necesidad imperiosa de interés público de primer orden (Figura 2.6, véase también Comisión Europea 2000).

Con este tipo de procedimientos (recogido en este caso en la Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad, y, en otros casos en los instrumentos de planificación y gestión de los espacios naturales protegidos) se ha venido asegurando la conservación de los valores de los espacios protegidos, y la realización fuera de los mismos de las actividades más impactantes.

Además de la preocupación por los lugares protegidos, la nueva forma de entender la conservación en



¹ En relación con la existencia de razones de carácter imperioso, existe jurisprudencia de la Corte Europea de Justicia que indica que deben tratarse de situaciones en las que el interés justificado sea superior al interés general representado por el objetivo de la Directiva.

Figura 2.6. Procedimiento para la toma de decisiones acerca de planes, programas o proyectos que afecten a espacios protegidos de la Red Natura 2000. Fuente: Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad.

términos de redes de espacios protegidos interconectados o, más recientemente, de sistemas de conservación, en los que se incorpora el concepto de conectividad ecológica y la integración de los espacios protegidos en la matriz territorial circundante como elementos clave del funcionamiento ecológico a escala regional, lleva a que el mantenimiento de la naturaleza no fragmentada ocupe ya un lugar en el discurso oficial del medio ambiente y tenga cierta presencia en distintas normas. No obstante, hasta el momento es muy escasa la normativa específica referida a la fragmentación y conectividad del territorio y prácticamente inexistente su aplicación práctica. Por ello, los referentes legales sobre los que apoyar las actuaciones contra la fragmentación han de ser entresacados de normas de diferentes rangos que abordan el tema, en muchos casos de forma genérica.

Estos referentes pueden agruparse de forma simplificada en la siguiente tipología:

- Normativa específica sobre fragmentación de hábitats y corredores ecológicos.
- Normativa general sobre conservación de la naturaleza y ordenación del territorio que puede incluir especificaciones sobre fragmentación y conectividad del mismo.
- Instrumentos particulares de ordenación y gestión de lugares concretos, en general espacios naturales protegidos, con indicaciones sobre fragmentación y conectividad del territorio.

A continuación se describen estos tipos, y en el Anexo II se incluye un listado actualizado de la normativa vigente de los dos primeros tipos, así como otros documentos de referencia.

a) Normativa y referentes específicos sobre fragmentación de hábitats y corredores ecológicos

En los lugares en que sea de aplicación, la normativa específica referida a la fragmentación del territorio es un referente directo de aplicación para integrar este problema en la planificación y trazado de infraestructuras. Este tipo de norma es aún muy escasa en su desarrollo concreto, si bien cabe esperar un mayor despliegue de la misma en un futuro cercano dada la legislación básica más reciente que apunta en este sentido (tratada en el apartado siguiente). No obstante, existen casos como el de Extremadura, donde se han declarado cuatro corredores ecológicos y de biodiversidad (ríos Guadalupejo, Bembézar y Alcarranche; y Pinares del Tiétar) como reflejo de la figura que con este apelativo incluye la Ley 9/2006, de 23 de diciembre, de Conservación de la Naturaleza y de Espacios Naturales de Extremadura. Igualmente, Andalucía tiene declarado bajo la figura de paisaje protegido el Corredor Verde del Guadamar (Decreto 112/2003). En estos casos, la existencia de una figura de protección obliga ya a tener en cuenta la presencia de un corredor ecológico a la hora de diseñar y evaluar infraestructuras de transporte.

Aunque las normas concretas sean escasas, existe una serie de administraciones que ya han elaborado documentos de referencia al respecto, parte de los cuales es previsible que se reflejen en normativa específica en un plazo más o menos breve (véase Anexo II). Éste es el caso de las comunidades autónomas de País Vasco, Navarra, Cataluña, Región de Murcia y Andalucía, que han publicado documentos de este tipo, mientras que otras como Madrid y Asturias están trabajando en esta dirección. La metodología aplicada y el grado de detalle es variable, pero en algunos de ellos se llega al grado de definir redes de corredores ecológicos para el territorio correspondiente. Si bien la información contenida en estos documentos no tiene reflejo normativo, y los lugares delimitados no han sido sometidos al proceso previo de declaración bajo una figura de protección, la lógica subyacente a su existencia hace razonable prestar una atención especial a los contenidos de estos documentos en el momento de planificar una nueva vía de transporte.

b) Normativa general sobre conservación de la naturaleza y ordenación del territorio

Aparte de la normativa específica de fragmentación y corredores ecológicos, buena parte de la normativa de conservación y de la de ordenación del territorio poseen indicaciones acerca de la conectividad y establecen instrumentos potencialmente útiles.

En el ámbito europeo, 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, contiene la exigencia de preservar la integridad física y funcional de la Red Natura 2000, así como indicaciones explícitas sobre la necesidad de mantener la conectividad entre áreas protegidas. Este espíritu ha sido expresamente desarrollado en la Ley del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad (Ley 42/2007). La mayoría de las leyes básicas de protección de espacios naturales de las comunidades autónomas, y en especial las más modernas, incluyen al menos referencias a la necesidad de mantener la conectividad entre áreas protegidas. Además, todas ellas incluyen tipologías de áreas protegidas, algunas de las cuales pueden ser de aplicación directa a los corredores ecológicos, caso de que éstos sean delimitados oficialmente.

Entre los contenidos de interés en este contexto de la Ley del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad son destacables:

- La propia definición legal de los corredores ecológicos.
- La consideración de la conectividad de modo explícito en los objetivos y contenidos de los Planes de Ordenación de los Recursos Naturales (PORN).
- La prevalencia de los PORN sobre los instrumentos de ordenación territorial, urbanística, de recursos naturales y de otro tipo que sean contradictorios con ellos.
- El mandato de que las Administraciones Públicas prevean mecanismos para lograr la conectividad ecológica

del territorio, estableciendo o restableciendo corredores, ya sea como parte de los PORN o en otras formas de planificación ambiental.

- La necesidad de adoptar las medidas para evitar el deterioro o la contaminación de los hábitats fuera de la Red Natura 2000 a fin de asegurar la conservación de ésta.

Por contra, la fragmentación de hábitats y/o la conectividad de los mismos apenas reciben atención en la legislación básica de ordenación del territorio estatal ni en la de las comunidades autónomas, si bien existen algunas excepciones. La Ley Estatal del suelo (Real Decreto Legislativo 2/2008, de 20 de junio, por el que se aprueba el texto refundido de la ley de suelo) no hace mención a la necesidad de evitar o reducir la fragmentación del medio natural, y otro tanto ocurre con la legislación de la práctica totalidad de las comunidades autónomas. En sentido contrario son destacables las leyes de Castilla y León (Ley 3/2008) y Canarias (Ley 19/2003 y Resolución LCAN 2007\58), que especifican la necesidad de definir corredores biológicos para evitar los problemas de fragmentación de hábitats (ver Anexo II).

Otros instrumentos relacionados con las vías pecuarias, la ordenación y el desarrollo rural, o la conservación del paisaje muestran relaciones más o menos estrechas con el tema de la fragmentación y los corredores ecológicos. Tanto la legislación estatal (Ley 3/1995, de 23 de marzo, de Vías Pecuarias) como las autonómicas de vías pecuarias destacan el potencial de este entramado de rutas ganaderas como corredores ecológicos, lo que fuerza a prestar atención a las mismas. La legislación de ordenación rural, en general, no hace mención a cuestiones de fragmentación de hábitats y otro tanto ocurre con la correspondiente a la ordenación de montes, aunque con excepciones como las de Aragón (Ley 15/2006, de 28 de diciembre, de Montes de Aragón) y Castilla-La Mancha (Ley 9/1999, de 26 de mayo, de Conservación de la Naturaleza) (ver Anexo II).

En cuanto al recientemente ratificado Convenio Europeo de Paisaje, aunque la propia definición de paisaje que utiliza se centra en los aspectos perceptivos del mismo por la población, los instrumentos que prevé resultan interesantes, y pueden resultar sinérgicos respecto de los previstos en la legislación de conservación.

c) Instrumentos particulares de ordenación y gestión de espacios protegidos

Aparte de las normas e instrumentos de carácter general recién mencionados, de aplicación extensa al territorio, todas las áreas legalmente protegidas por su interés natural tienen (o deberían tener) instrumentos propios de regulación de actividades enfocados a la conservación. Estos instrumentos (PORN, Planes Rectores de Uso y Gestión, Planes de Gestión) establecen los procedimientos para el caso de plantearse actividades en su interior, en especial si conllevan obras de gran envergadura. Este tipo de norma suele tenerse muy en cuenta a la hora de planificar nuevas infraestructuras,

de modo que, en general, las áreas incluidas en espacios naturales protegidos suelen definirse como “de exclusión”, y las afecciones directas a ellas suelen restringirse a las situaciones en que no existe alternativa.

No obstante, el aislamiento funcional de dichos espacios protegidos puede tener lugar sin que se produzcan afecciones directamente en su ámbito, por lo que es común que los instrumentos de ordenación y gestión de estos espacios incluyan menciones más o menos explícitas a la necesaria conectividad del área designada respecto de otras de su entorno. La fuerza legal de estas proposiciones es reducida, por lo que será necesario esperar a la existencia de redes de corredores ecológicos oficialmente establecidos para que tenga lugar la efectiva salvaguarda de esta conectividad de las áreas protegidas respecto de otras de su entorno.

Esta situación resulta especialmente preocupante en el caso de los espacios protegidos que conforman la Red Natura 2000, por cuanto pocos de ellos disponen aún de instrumentos propios de gestión, y menos aún de procedimientos para asegurar la adecuada conexión funcional entre sí, siendo dependientes por tanto de la aplicación de la norma general que los protege o de su inclusión bajo otra forma de protección (p.ej., Parque Natural).

2.6 Elementos objetivo de la planificación y el trazado de infraestructuras de transporte sobre los que actuar

Las posibilidades de actuación para limitar los efectos de fragmentación de hábitats de la planificación y el trazado de infraestructuras se encuentran determinadas por:

- La tipología de vías de transporte que se pueden planificar y trazar.
- La tipología de actuaciones que se realizan sobre dichas vías.

Las características de los elementos sobre los que se puede intervenir se encuentran prefijadas por las normas que regulan el diseño de las infraestructuras, tanto por los límites que establecen, como por el amplio margen de flexibilidad que permiten para el diseño de estos proyectos.

2.6.1 Tipología de infraestructuras lineales de transporte

a) Carreteras

Desde el punto de vista de las afecciones a la fauna y del efecto barrera, las carreteras se pueden distinguir por la existencia o no de vallados perimetrales y por la intensidad de tráfico que soportan, atendiendo a la siguiente clasificación (Figura 2.7):

- Carreteras con cerramiento perimetral continuo en toda su extensión, con mínimas discontinuidades

(p.ej. en los enlaces): autopistas, autovías, y algunas carreteras convencionales.

- Carreteras con cerramientos discontinuos, en las que el vallado se ve interrumpido con frecuencia: carreteras convencionales de primer orden, con vallado perimetral.
- Carreteras convencionales, con una sola calzada y sin cerramiento perimetral.

Esta primera clasificación resulta clave desde la perspectiva del efecto de la infraestructura sobre la fragmentación de hábitats, ya que las carreteras valladas en

toda su longitud sólo pueden ser atravesadas por la fauna terrestre a través de las estructuras transversales a la misma.

En el caso de las carreteras convencionales, su efecto sobre la fragmentación de hábitats se encuentra en parte mediado por el tráfico que soportan: por un lado la perturbación causada por los vehículos genera un efecto barrera de tipo etológico sobre los animales que rehuyen su proximidad y, por otro, estos sufren un grave riesgo de atropello si las cruzan. En relación con estos efectos, las carreteras se pueden clasificar en función de la IMD (Intensidad Media Diaria de tráfico) (Tabla 2.3).

Tabla 2.3. Relación entre la intensidad del tráfico y el efecto barrera en los mamíferos. Adaptado a partir de Luell *et al.* (2005).

Tipo de carretera	Permeabilidad de la vía
Carreteras con un tráfico inferior a 1.000 vehículos/día	Alta
Carreteras con un tráfico entre 1.000 y 4.000 vehículos/día	Media
Carreteras con un tráfico entre 4.000 y 10.000 vehículos/día	Baja
Carreteras con un tráfico superior a 10.000 vehículos/día	Impermeable

Teniendo en cuenta que las intensidades de tráfico próximas a los 10.000 vehículos/día suelen forzar la duplicación de calzadas, las carreteras convencionales se engloban en su práctica totalidad en las tres primeras categorías.

Cabe indicar que existe una correlación entre el nivel de tráfico previsto y el cerramiento establecido en la vía.

El segundo parámetro determinante en este contexto corresponde a la velocidad de proyecto, ya que condiciona las características de trazado, y en especial los radios de curva mínimos admisibles. Las velocidades de proyecto legalmente establecidas corresponden a 80-120 km/h para autopistas y autovías, y a 40-100 km/h para carreteras convencionales. Cabe citar que las carreteras suelen diseñarse (especialmente en las curvas) con cierto margen de seguridad añadida, lo que lleva a que la propia Instrucción de Carreteras (Norma 3.1 IC, Trazado) presente los parámetros deseables para velocidades de proyecto entorno a los 150-160 km/h. En este sentido, es de destacar que las mejoras de carreteras convencionales incluidas en redes de largo recorrido, o que soportan tráfico intensos, se diseñan frecuentemente bajo la perspectiva de su posible duplicación futura, y con las características geométricas adecuadas para ello.

b) Ferrocarriles

En cuanto a los ferrocarriles, y de acuerdo con el reglamento del sector de 2004, cabe diferenciar por su efecto sobre la fragmentación de hábitats (Figura 2.7):

- Vías de ferrocarril con cerramientos perimetrales: se trata de todas las líneas de alta velocidad (LAV), nuevas o antiguas, así como todas las líneas de ferrocarril convencional de nueva construcción. Igualmente, el

reglamento establece que todas las vías antiguas que permitan velocidades iguales o superiores a 160 km/h deben vallarse en toda su longitud. Asimismo, es posible encontrar tramos vallados atendiendo a otros criterios (p.ej., la seguridad o la proximidad a zonas urbanas).

- Ferrocarriles sin cerramiento perimetral: se trata únicamente de ferrocarriles convencionales, con velocidades de circulación inferiores a 160 km/h y de construcción anterior a la exigencia de su cerramiento.

Por lo que se refiere a la velocidad de proyecto, ésta es muy variable, si bien las líneas de alta velocidad de nueva construcción suelen diseñarse para velocidades iguales o superiores a los 250 km/h; en el caso de los acondicionamientos de líneas para alta velocidad, la misma suele establecerse alrededor de 200 km/h. Si bien estas velocidades resultan la base de planificación, dentro del acondicionamiento para alta velocidad se acepta la existencia de tramos específicos en los que, debido a dificultades naturales o a la circulación en entornos urbanos, la velocidad se ajuste a límites más bajos.

En la actualidad la planificación y construcción de líneas de tren convencional no es frecuente (p.ej., líneas de cercanías periurbanas), siendo por contra habitual la adecuación de tramos más o menos extensos de antiguas líneas para su circulación a velocidades superiores a las originalmente previstas.

Por ello, todas la líneas férreas nuevas corresponden a vías con cerramiento perimetral, y en general suelen diseñarse para velocidades próximas a 200 km/h en el caso de las mejoras, y con velocidades objetivo entre 200-300 km/h en las de alta velocidad.



Figura 2.7 En la parte superior y en el centro, carretera convencional con una sola calzada y sin cerramiento perimetral (izquierda), carretera con cerramiento discontinuo (derecha) y carretera con cerramiento perimetral continuo (centro). En la parte inferior, vía de ferrocarril sin cerramiento perimetral (izquierda) y con cerramiento perimetral (derecha). Fotos: Minuartia.

2.6.2 Tipología de actuaciones de planificación y trazado de infraestructuras

La tipología de actuaciones realizables en las carreteras incluye la construcción de nuevas carreteras y variantes de población, las duplicaciones de calzada, el acondicionamiento de trazados, los ensanches de plataformas, las mejoras de firme y otras actuaciones menores. En el caso de los ferrocarriles, las tipologías genéricas de actuación podrían ser equiparables y, desde el punto de vista que afecta a los objetivos de este documento, las de ambos tipos de infraestructuras se pueden agrupar en:

- La construcción de infraestructuras nuevas, en las que no hay una previa que se aproveche total o parcialmente para el nuevo trazado.
- Las ampliaciones y mejoras que comportan variaciones de trazado. Éstas incluyen la duplicación de trazados existentes y/o el cambio de las condiciones de los mismos, de modo que se mejoren la capacidad y/o la velocidad de funcionamiento. En estos casos, se llevan a cabo cambios en la geometría de la infraestructura de entidad variable, que conllevan la utilización parcial de la plataforma original, pero se requiere la construcción de una parte importante de nueva calzada.

- Mejoras y adecuaciones de menor entidad que afectan a la propia infraestructura (p.ej., curvas concretas, enlaces) o a elementos auxiliares de la misma tales como instalaciones de electrificación o de comunicaciones de ferrocarriles, o áreas de descanso en carreteras.

Las ampliaciones y mejoras citadas en el segundo punto comportan en algunos casos la realización de un

estudio de impacto ambiental, que debe incluir una evaluación de la fragmentación. Ello constituye una oportunidad para implantar medidas de desfragmentación de la antigua vía, ya sea como medidas correctoras asociadas propiamente al proyecto de ampliación y mejora, ya sea como medidas compensatorias previstas por las actuaciones de ampliación y mejora.



1

Presentación

2

Marco de referencia

3

Catálogo de medidas
y prescripciones
técnicas para su
aplicación

4

Información
complementaria

5

Anexos

3.1 Presentación del catálogo

En este capítulo y los anexos correspondientes se presentan los objetivos prescriptivos, así como las prescripciones y orientaciones metodológicas que permiten compatibilizar la planificación y el trazado de ferrocarriles y carreteras con la conservación de hábitats no fragmentados.

El capítulo consta de una guía para localizar las fichas que pueden ser de interés (apartado 3.2) en función de:

- Las diferentes fases de planificación y trazado de las infraestructuras.
- Los procedimientos de evaluación ambiental (EAPP y EIA) a que se encuentra sometida cada fase del ciclo de vida de la vía.

El apartado 3.3 expone cuál es el procedimiento general a seguir para analizar la conectividad y la fragmentación de hábitats en el territorio donde se enmarca el plan o proyecto, evaluar y seleccionar las alternativas correspondientes y definir las actuaciones a implantar para reducir la fragmentación de hábitats en estas fases de la vida de la infraestructura. Este apartado conduce, asimismo, a las fichas que deben ser consultadas en cada paso de este proceso.

La información de las fichas se estructura de la siguiente forma:

- Fase de aplicación: indica para qué fases de evaluación (EAPP, EIA) y escalas orientativas se ha preparado la ficha.
- Objetivo prescriptivo: describe el objetivo al que hay que atender necesariamente.
- Indicaciones para las diferentes escalas de análisis: cuando la ficha abarca un rango de escalas muy amplio, si es preciso se incluye este apartado con instrucciones a aplicar en distintas escalas.
- Prescripciones metodológicas: presenta las metodologías a aplicar. Se mantienen como prescripción aquellos aspectos a aplicar necesariamente y los procesos metodológicos básicos, que después se pueden concretar de diferentes formas en su desarrollo.
- Orientaciones metodológicas: metodologías que se indican de forma orientativa, con frecuencia

como concreción para desarrollar alguna de las prescripciones metodológicas.

De forma complementaria, en los anexos se aportan ejemplos de metodologías para la obtención de modelos de hábitat e identificación y evaluación de corredores.

Finalmente, es necesario señalar que las prescripciones presentes en este documento no tienen más carácter normativo que aquél que se le quiera otorgar desde la administración competente que así lo haga constar. En este sentido, este catálogo nace como un compendio de actuaciones posibles, con el objetivo de que se generalice su uso como paso previo a una posible formalización normativa futura resultado de la experiencia que se acumule a lo largo del tiempo, especialmente para la EAPP, para la que hay todavía una praxis limitada.

3.2 Guía para la utilización de las fichas en relación con los procedimientos de evaluación ambiental y la fase de la vida del plan o proyecto

La minimización de los efectos de fragmentación durante la planificación y el trazado de infraestructuras de transporte se materializa en los diferentes procedimientos de Evaluación Ambiental de Planes y Programas y Evaluación de Impacto Ambiental por los que pasan las distintas fases de diseño de aquéllas (apartado 2.4).

En este sentido cabe remarcar que las fichas no se ordenan cronológicamente siguiendo las fases de la vida del plan o proyecto, sino siguiendo el procedimiento lógico para conseguir el mejor plan, programa o proyecto de infraestructuras posible desde el punto de vista del mantenimiento de la conectividad:

- Diagnóstico del estado inicial del territorio en lo referido a la conectividad y fragmentación de hábitats.
- Valoración de los efectos de fragmentación de hábitats de las alternativas planteadas por el plan, programa o proyecto y selección de la alternativa más adecuada.

- Propuesta de medidas para que la alternativa adoptada minimice sus efectos de fragmentación de hábitats.
- Establecimiento de las medidas para asegurar la adecuada consecución y mantenimiento a largo plazo y de forma intersectorial de los objetivos de reducción de la fragmentación bajo los cuales se haya diseñado la alternativa seleccionada.

En la Tabla 3.1 se indica la correspondencia entre estos pasos y las fichas, ya sea considerando la evaluación de planes y programas o la de impacto, y la fase de la vida de la infraestructura. Nótese en este sentido que, en el caso de los planes de infraestructuras

de alto nivel con una escala cartográfica 1:1.000.000 o menor, las posibilidades de actuación son menores, por lo que se condensan en una única ficha (Ficha 3), mientras que para las demás escalas de trabajo es posible definir prescripciones más detalladas para cubrir los pasos recién mencionados. Cabe destacar que la Ficha 18 es también de aplicación para planes de alto nivel a la escala antes citada. En la tabla se maneja en todo momento, con carácter orientativo, la terminología establecida por la legislación básica estatal, aunque esta puede variar en las legislaciones propias de las Comunidades Autónomas.



Tabla 3.1. Correspondencia de las prescripciones incluidas en este documento con las fases de planificación y trazado de infraestructuras de transporte.

ESCALAS	1:1.000.000 y menores	1:200.000 a 1:500.000	1:50.000 a 1:200.000	1:10.000 y mayores
FASE	Planificación de Planes y Programas de infraestructuras: esquemas viales de nodos y líneas 	Planeamiento general de infraestructura: potenciales actuaciones 	Alternativas de corredor de trazado 	Proyecto de trazado: selección de alternativas de trazado 
FICHAS	- Definición de objetivos y escenarios - Diagnóstico del estado actual - Evaluación y selección de alternativas - Seguimiento	- Diagnóstico del estado actual - Evaluación y selección de alternativas - Medidas para reducir la fragmentación - Seguimiento y coherencia entre documentos	- Diagnóstico del estado actual - Evaluación y selección de alternativas - Medidas para reducir la fragmentación - Seguimiento y coherencia entre documentos	- Diagnóstico del estado actual - Evaluación y selección de alternativas - Medidas para reducir la fragmentación - Seguimiento
INSTRUMENTO DE EVALUACIÓN	EVALUACIÓN AMBIENTAL DE PLANES Y PROGRAMAS			
	- Documentación inicial del plan - Documento de Referencia - Informe de Sostenibilidad Ambiental - Memoria Ambiental	EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL		
		- Documento Ambiental - Documento de determinación del alcance y contenidos del Estudio de Impacto Ambiental - Estudio de Impacto Ambiental - Declaración de Impacto Ambiental		

3.3 Procedimiento para reducir el impacto por fragmentación de hábitats en la planificación y el trazado de infraestructuras viarias

El procedimiento a seguir para minimizar los efectos de la fragmentación causados por un plan, programa o proyecto de infraestructura viaria, incluyendo el proceso de análisis cartográfico, se presenta esquemáticamente en la Figura 3.1. Como en cualquier otro proceso de evaluación ambiental, el paso previo al inicio del procedimiento que se propone consiste en analizar las características del plan, programa o proyecto con el fin de concretar la información básica necesaria y la

escala y el nivel de detalle de la misma. A partir de este punto, en la Figura 3.1 se vincula cada paso a la correspondiente ficha, con las siguientes excepciones:

- La Ficha 1 es transversal y de aplicación a todos los pasos y no aparece en la figura.
- La Ficha 3, en la que se presentan los protocolos que deben guiar la actuación en el caso de planes con cartografía de escala igual o menor de 1:1.000.000, tampoco aparece en la figura. El motivo de ello es que en estos planes, debido a la incertidumbre que presentaría el análisis cartográfico que se prescribe, será necesario valorar la posibilidad de no realizar una evaluación cartográfica formal de los efectos de fragmentación, o bien llevar a cabo análisis de fragmentación complementarios a escalas más detalladas.

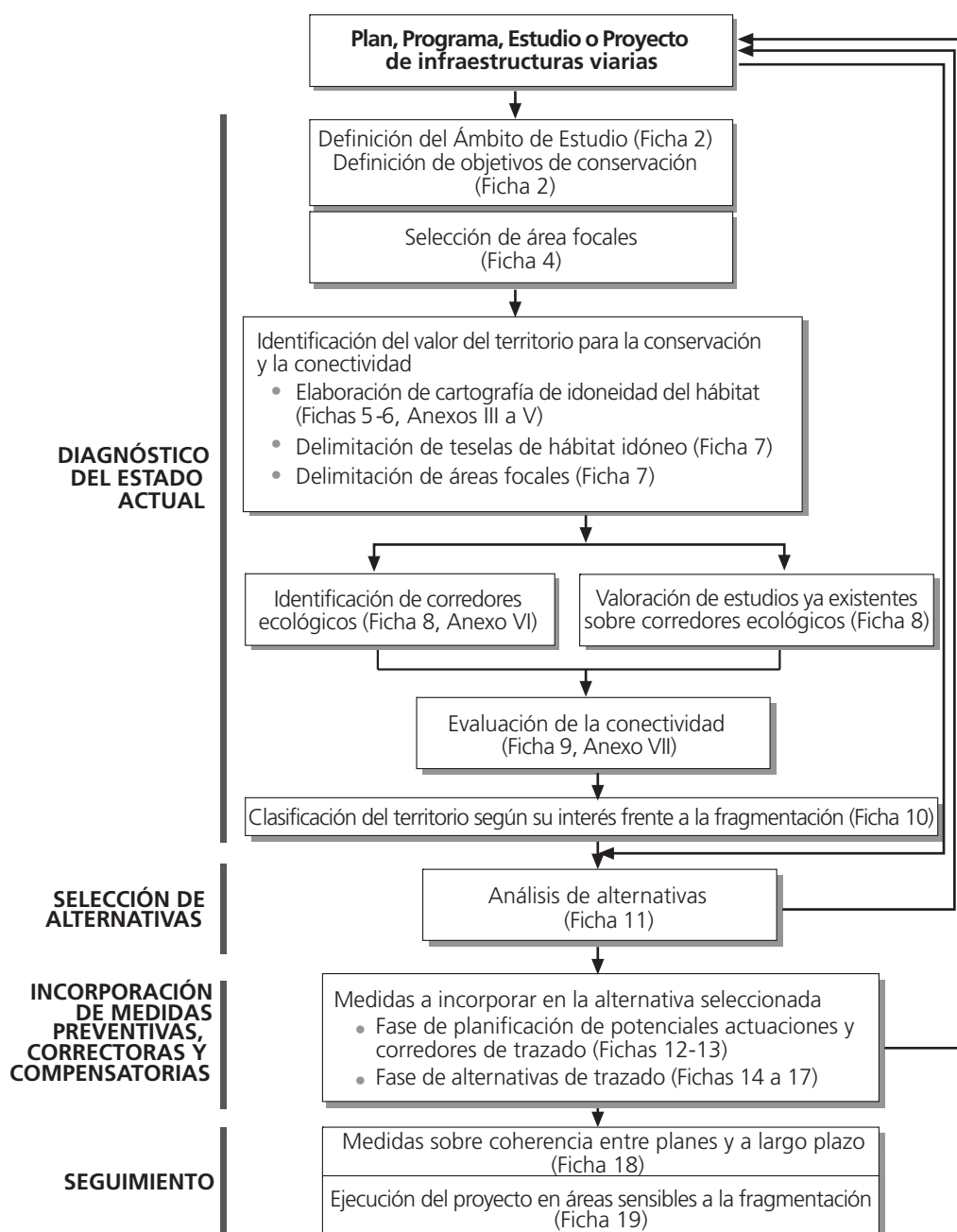


Figura 3.1. Esquema del procedimiento a seguir para minimizar la fragmentación causada por un plan, programa o proyecto de infraestructura. Entre paréntesis se indica la correspondencia con las fichas.

3.3.1 Diagnóstico del estado de fragmentación o grado de conectividad del territorio

El diagnóstico del estado inicial por lo que se refiere a fragmentación y grado de conectividad se efectúa mediante los pasos que se describen a continuación.

a) Definición del ámbito de estudio

La definición del ámbito de estudio incluirá, además de las propias infraestructuras, un entorno que englobe las áreas que van a ser potencialmente afectadas por la fragmentación de hábitats. Este ámbito de trabajo inicial podrá ser revisado y ajustado posteriormente, mediante un proceso iterativo a medida que avance el diagnóstico (Ficha 2).

b) Determinación de los objetivos de conservación para reducir los efectos de la fragmentación

A partir de un análisis del territorio, se definen objetivos de conservación en lo referido a la fragmentación de hábitats. Ésta es una de las fases de más relevancia de todo el proceso de evaluación por cuanto determinará la práctica totalidad de los análisis y los resultados de los mismos. Los procedimientos para la definición de los objetivos de conservación se detallan en la Ficha 2.

c) Identificación de áreas focales a preservar de la fragmentación

Una vez establecidos los objetivos de conservación se identificarán las áreas protegidas del ámbito de estudio. Además se debe proceder a la selección de las especies y hábitats focales siguiendo los criterios indicados en la Ficha 4. Ello permitirá realizar una primera delimitación de las áreas focales.

d) Identificación del valor del territorio para la conservación y la conectividad. Cartografía de idoneidad del hábitat

La identificación del valor del territorio para la conservación y la conectividad, en el contexto del procedimiento que aquí se presenta, se basa en conocer la calidad de los distintos puntos del territorio para las especies y hábitats focales, mediante la realización de modelos (ya que no es posible disponer de datos completos sobre este aspecto a partir del trabajo de campo para todo el territorio estudiado). Ello nos permitirá, en última instancia conocer si se producen afecciones a las zonas de mayor calidad.

Como resultado de las tareas realizadas en esta fase se obtienen:

- Modelos de idoneidad de hábitat para las especies o hábitats focales, formalmente explícitos y justificados, que informan de la calidad de cada píxel del territorio para una especie o hábitat (Fichas 5 y 6, Anexos III-V).

- Teselas de hábitat identificadas y clasificadas en función de la calidad del territorio para las especies y hábitats focales, obtenidas a partir de los modelos de idoneidad mediante la introducción de la componente espacial, para atender al hecho de que las necesidades vitales de las especies no pueden cubrirse con la existencia de un único píxel adecuado para ellas (Ficha 7).

e) Descripción del grado de fragmentación y conectividad en el ámbito de la actuación. Identificación de corredores ecológicos

A partir de la información obtenida mediante el proceso descrito en el apartado anterior, será necesario disponer de una descripción formal del territorio en lo referido a su grado de fragmentación y de conectividad ecológica, identificando como mínimo:

- Las áreas focales, a mantener conectadas y en buen estado de conservación.
- Los corredores ecológicos que las conectan y que permiten el tránsito de las distintas especies o la continuidad de los hábitats focales y el mantenimiento de los procesos ecológicos.

De existir algún análisis previo de la conectividad ecológica en el ámbito de la actuación habrá que valorar la adecuación del mismo a los objetivos de conservación y la escala de trabajo del plan, programa, estudio o proyecto en cuestión. Esta evaluación se realizará por el procedimiento presentado en la Ficha 8, y caso de no existir dicho estudio previo, o si éste no cumpliera los requerimientos necesarios, habrá que realizar un estudio específico de conectividad que se ajuste al ámbito, la escala y los objetivos de conservación del caso en cuestión. En la propia Ficha 8 se presenta el procedimiento a seguir en tal caso, que se detalla y ejemplifica en el Anexo VI.

f) Evaluación de la conectividad en el ámbito de la actuación

Los corredores o red de corredores ecológicos identificados, deben ser evaluados para comprobar cómo se ajustan a las necesidades de cada especie y, de forma general, a los objetivos para reducir la fragmentación. En la Ficha 9 y el Anexo VII se presentan estos procedimientos.

Su utilización puede ser interesante también para valorar la conectividad ecológica del ámbito de estudio en diferentes escenarios y, en este sentido, es una herramienta para la evaluación de alternativas.

g) Clasificación del territorio según su interés frente a la fragmentación

Una vez obtenida la información del territorio en relación con las áreas focales y los corredores ecológicos, habrá que realizar una categorización de todo el

ámbito en función de su interés para reducir o evitar la fragmentación de hábitats. Para ello se define una tipología sencilla de tres clases:

- Zonas del máximo interés a no fragmentar con el trazado.
- Zonas de alto valor para la conectividad de hábitats.
- Zonas de menor valor por el interés de sus hábitats y para la conectividad.

En la Ficha 10 se establecen los criterios para clasificar el ámbito de estudio según esta tipología.

3.3.2 Análisis y valoración de la fragmentación originada por un plan, programa o proyecto. Evaluación y selección de alternativas

El análisis de la fragmentación se realizará una vez conocido el nivel de conectividad ecológica del territorio, e identificadas y tipificadas las áreas de interés para reducir o evitar la fragmentación. Los efectos de las infraestructuras en relación con la fragmentación de hábitats dependen en gran medida de las alternativas de corredores de trazado y de las alternativas de trazado que se planteen y las que finalmente se adopten. Esta parte del proceso presenta tres objetivos fundamentales:

- Identificación de zonas de conflicto y puntos críticos para la conectividad de la propuesta del plan, programa o proyecto.
- Valoración de los efectos de fragmentación de la propuesta.
- Evaluación de las alternativas.

La metodología para desarrollar estos procedimientos se presenta en la Ficha 11.

3.3.3 Medidas a incorporar en la alternativa seleccionada para reducir la fragmentación

Sobre la alternativa escogida se deben aplicar medidas para reducir la fragmentación que la misma pueda originar. Las principales acciones que se pueden realizar se centran en modificaciones en la ubicación, la planta y el alzado de la infraestructura. Además, existe la posibilidad de coordinar el trazado de varias infraestructuras en forma de corredores de infraestructuras y las medidas correctoras a aplicar en las mismas.

Las Fichas 12 a 17 se dedican a estos aspectos, en las distintas fases de la vida de una infraestructura. Las medidas que se exponen son aplicables de modo genérico tanto a carreteras como a ferrocarriles, por lo que se presentan juntas las prescripciones de carácter general, especificándose las diferencias entre ambos tipos de infraestructuras en los casos en que éstas tienen repercusiones notables.

3.3.4 Seguimiento: medidas para asegurar la coherencia trans-sectorial y a largo plazo de los objetivos de conservación y en la ejecución del proyecto en fases posteriores

Una vez diseñado el plan, programa o proyecto de infraestructura de modo que se minimicen los efectos de fragmentación de hábitats, es necesario asegurar la adecuada proyección en el tiempo de los objetivos para reducir la fragmentación que han regido su diseño. Asimismo, se debe procurar que dichos objetivos se mantengan de forma coherente en los diversos planes o programas sectoriales. Las medidas generales para asegurar este seguimiento de los objetivos de conservación más allá de la elaboración de un documento de planificación o proyecto, para incluirlos en documentos subordinados al mismo (o de otros sectores de actividad) se presentan en la Ficha 18, y otras directrices más específicas para la fase de proyecto se presentan en la Ficha 19.



3.4 Fichas

Aspectos metodológicos comunes a todas las fases

Ficha 1. Herramientas para la incorporación y tratamiento de la información

Ficha 2. Definición del ámbito de estudio y de los objetivos de conservación

Fases iniciales de planificación

Ficha 3. Prescripciones para los planes de infraestructuras de escala 1:1.000.000 o inferior

Diagnóstico del estado actual

Ficha 4. Selección de las áreas focales

Ficha 5. Elaboración de cartografía de idoneidad del hábitat

Ficha 6. Elección de los factores para los modelos de idoneidad de hábitat

Ficha 7. Delimitación de las teselas de hábitat idóneo para las especies y hábitats focales

Ficha 8. Identificación de corredores ecológicos

Ficha 9. Evaluación de la conectividad ecológica del territorio

Ficha 10. Definición de zonas a considerar frente a la fragmentación de hábitats

Evaluación y selección de alternativas que minimicen la fragmentación de hábitats

Ficha 11. Evaluación de alternativas: análisis y valoración de la fragmentación de hábitats

Medidas a incorporar en la alternativa seleccionada

Ficha 12. Diseño de alternativas de potenciales actuaciones y de corredores de trazado

Ficha 13. Corredores de infraestructuras

Ficha 14. Directrices generales de diseño de alternativas de trazado

Ficha 15. Diseño de las alternativas de trazado en los corredores de infraestructuras

Ficha 16. Adaptaciones de la geometría en planta en la definición de alternativas de trazado

Ficha 17. Adaptaciones de la geometría en alzado en la definición de alternativas de trazado

Seguimiento

Ficha 18. Medidas para asegurar la coherencia trans-sectorial y a largo plazo de los objetivos de conservación

Ficha 19. Ejecución de proyectos en áreas muy sensibles a la fragmentación

Fase de aplicación

Todas las fases.

Objetivo prescriptivo

Utilizar en todos los casos una herramienta formal de análisis, que se complete, cuando la escala de análisis lo haga factible, con trabajo de campo. Para ello, la metodología de trabajo estará basada en sistemas de información geográfica (SIG), lo que requerirá la utilización de herramientas o aplicaciones SIG que permitan:

- Manejar información vectorial y matricial (ráster).
- Realizar funciones básicas de tratamiento y análisis espacial.
- Elaborar cartografía temática.

Indicaciones para las diferentes escalas de análisis

La escala del estudio y las bases o fuentes de información utilizadas deberán estar en concordancia con el objetivo y el ámbito del plan o proyecto de infraestructuras.

- Fases de esquemas viales o de potenciales actuaciones: se evaluarán los problemas de fragmentación a partir

de la información disponible más próxima a esas escalas, como por ejemplo las coberturas de usos del suelo CORINE CLC2000 (1:100.000), considerándola a nivel de tipos de usos principales (niveles 1-2). A estas escalas difícilmente será útil el trabajo de campo, tanto por la extensión del ámbito de estudio como por la todavía imprecisa escala de trabajo.

- Fases de corredores de trazado o alternativas de trazado: se deberán manejar escalas superiores e información con una mayor resolución espacial, como la cartografía de Hábitats de Interés Comunitario o el Mapa Forestal de España (escalas entre 1:50.000 y 1:25.000). A partir de 1:50.000 las escalas de trabajo ya permiten completar o contrastar en campo las informaciones contenidas en las capas en formato SIG.

El detalle de la información en el entorno SIG cambia según la escala. A mayor escala, mayor detalle y precisión de la información. En cuanto a la representación cartográfica también existirá una relación proporcional en el incremento del nivel de detalle de los elementos representados al aumentar la escala (ver Tabla 3.2).

En cualquier escala, y como en cualquier otro proceso de evaluación ambiental, obviamente deberá recopilarse información documental sobre el ámbito de estudio.

Tabla 3.2. Relación entre escala de trabajo, precisión (para una resolución de 0,2 mm) en el entorno del análisis mediante sistemas de información geográfica (SIG) y unidad mínima cartografiable.

Escala	Tamaño de píxel	Unidad mínima cartografiable*
1:1.000.000	200 m	900 ha
1:100.000	20 m	9 ha
1:50.000	10 m	5600 m ²
1:25.000	2 m	900 m ²
1:10.000	2 m	900 m ²

(*) Unidad mínima cartografiable para un polígono de 3 mm x 3 mm en papel.

Prescripciones metodológicas

Resulta imprescindible manejar desde el inicio dos tipos de información cartográfica digital, concretados en:

- Características básicas de las infraestructuras planificadas o proyectadas, siendo necesario como mínimo disponer de:
 - Catálogo de actuaciones.
 - Escala y nivel de detalle de actuaciones.
 - Posibles escenarios o alternativas del plan, programa o proyecto, es decir, qué conjuntos de

actuaciones van asociadas y están sometidas a decisión conjunta.

Es preciso que la información disponible en el plan, programa o proyecto esté en un formato digital que haga compatible poder utilizar esta información con carácter de bases cartográficas con un SIG. Por ello hay que tener en cuenta que la información procedente del diseño de las obras estará posiblemente en formato CAD (posiblemente en Autocad), debiendo poder ser utilizada con la información general del medio físico, que estará, casi con total seguridad, en un formato SIG.

- Características generales del medio afectado y, en especial, información referida a los siguientes aspectos:
 - Modelo digital de elevaciones.
 - Cartografía de la red hidrográfica.
 - Cartografía de coberturas y usos del suelo.
 - Inventario de hábitats y especies de fauna y flora, con indicación de su estado de conservación y de protección.
 - Catálogo de espacios naturales protegidos u otras áreas de interés.
 - Cartografía de la red de infraestructuras de transporte pre-existente.
 - Planeamiento urbanístico.
- Completar la identificación de corredores mediante datos sobre atropellos en infraestructuras viarias existentes en el ámbito que se está analizando y cercanas a las trazas proyectadas que se evalúan. En este caso la época de realización del trabajo de campo se deberá ajustar a la fenología de las especies a detectar en los atropellos. Las Fichas 15 y 16 del Documento 2 de esta serie dan instrucciones sobre como efectuar seguimientos de atropellos que pueden adaptarse para la finalidad que aquí se plantea.
- Identificar elementos con efecto barrera que no estén presentes en las capas de SIG (cercas o vallados cinegéticos, características constructivas de infraestructuras de transporte con efecto sinérgico con la que estamos considerando, etc.).
- Confirmar la presencia, localización y delimitación de los hábitats focales (Ficha 4).
- Confirmar las características y delimitación de los puntos críticos y tramos conflictivos (Ficha 11).

Orientaciones metodológicas

Trabajo de campo

El trabajo de campo es recomendable para escalas de 1:50.000 y superiores. Especialmente este trabajo se debería centrar en las zonas donde el análisis con SIG ha identificado corredores o áreas focales.

Se debería efectuar una vez realizado un primer análisis con SIG y dirigirse especialmente a:

- Validar los resultados del análisis con SIG.
- Contrastar la existencia de elementos de interés para el análisis que no aparecen en las capas de SIG, y que por ello no se habrán incluido en el análisis inicial, o que pueden haber cambiado desde el momento en que se elaboró la capa. En concreto se debería:
 - Validar las características de las zonas identificadas como corredores (Ficha 8). En especial, contrastar la existencia de cambios recientes en los usos del suelo.

Esta nueva información debería, cuando sea posible, incorporarse al SIG y actualizar aquellos aspectos del análisis del territorio que se vean afectados por los datos aportados por el trabajo de campo.

Programación de SIG para el análisis de la información

Actualmente existen disponibles diversos paquetes de SIG, tanto libres (p.ej., gvSIG) como comerciales (p.ej., Idrisi, ArcGIS, Miramon), que permiten realizar todos los análisis espaciales propuestos en el presente documento.

En los Anexos III y VI se describen diversos programas útiles para la obtención de modelos de hábitat y para el análisis y evaluación de la conectividad (véanse también las Fichas 5 a 9).

Los resultados de estos modelos se pueden integrar en los SIG para la generación de las diferentes capas de información geográfica necesarias para análisis posteriores.

Fase de aplicación

Todas las fases.

Objetivo prescriptivo

Definir un ámbito de estudio e identificar los objetivos de conservación asociados a espacios, hábitats y especies del territorio en el que se quiere minimizar la fragmentación.

Indicaciones para las diferentes escalas de análisis

La definición del ámbito de estudio y los objetivos de conservación variará en conjunto y de forma directamente relacionada con la fase de planificación o trazado y la escala a la que se maneje ésta. De modo genérico, la definición

del ámbito debe ser capaz de abarcar el área necesaria para proteger los objetivos de conservación, y éstos variarán entre fases tal y como muestra la Tabla 3.3.

En la fase de EAPP, algunos de estos objetivos generales pueden ser bastante comunes independientemente del área geográfica en que nos encontremos trabajando (por ejemplo objetivos relativos a Red Natura 2000, o a grandes corredores entre Espacios Naturales Protegidos). Sin embargo, en la fase de EIA, además de tener como marco los objetivos generales, se deberá enunciar un mayor número de objetivos específicos para el contexto geográfico de la zona que va a ser afectada por la infraestructura (objetivos relativos a áreas de interés local, interferencia de corredores específicos, afectación a puntos de nidificación de ciertas aves protegidas, etc.).

Tabla 3.3. Ejemplos de objetivos generales de conservación para reducir el efecto de la fragmentación de hábitats en función del nivel de definición de las actuaciones propuestas.

Fase (escala orientativa)	Objetivos generales
Esquema de nodos y líneas ($\leq 1:1.000.000$) Potenciales actuaciones (1:500.000-1:200.000)	- Mantener la integridad y la coherencia de redes de espacios protegidos. - Mantener la conexión funcional (ecológica) a gran escala de las redes de espacios protegidos. - Preservar grandes unidades de hábitat. - Preservar las áreas de máximo interés y de alto valor. - Garantizar la movilidad de especies sensibles a la fragmentación, y de aquellas de interés regional y/o nacional.
Corredores de trazado (1:50.000) Alternativas de trazado (1:10.000)	- Mantener la integridad y conectividad ecológica para las especies y hábitats de los espacios protegidos y otras áreas focales del entorno. - Garantizar la movilidad de las especies sensibles a la fragmentación y de aquellas de interés regional y local. - Atender a la aplicación local de los objetivos de carácter regional detectados en el proceso de EAPP.

Prescripciones metodológicas

Criterios para determinar el ámbito de estudio

De manera general el ámbito de estudio, será un área que incluirá:

- Las propias infraestructuras de transporte a desarrollar, teniendo en consideración, como mínimo:
 - En fase de alternativas de trazado: 5 km en torno a las alternativas.
 - En fases menos detalladas (esquemas viales, potenciales actuaciones, o corredores de trazado): 20 km en torno a las alternativas.

- Estas dimensiones no son aplicables a entornos geográficos particulares, como por ejemplo los insulares. En este caso se deberá adoptar un ámbito proporcionado a la propuesta de intervención y viable para el territorio a su alrededor.
- Más allá de estas franjas, las áreas focales potenciales a conservar y mantener conectadas, obtenidas a partir de un primer análisis. Este ámbito se podrá reajustar posteriormente (ver Fichas 5-7).
- Las potenciales áreas de conexión entre las áreas focales potenciales, obtenidas a partir de un primer análisis. Corredores ecológicos identificados previamente en el ámbito de la actuación, aunque sea para un ámbito

espacial mayor o con un menor nivel de detalle al requerido en el estudio en cuestión (p.ej., redes de corredores ecológicos declarados por una Comunidad Autónoma).

- La matriz de territorio existente entre las áreas focales potenciales (posiblemente quedarán aquí incluidas total o parcialmente las potenciales áreas de conexión).
- Una superficie de territorio algo mayor para incluir aquellos elementos adyacentes que pueden influir en la conectividad ecológica del ámbito de estudio.

El ámbito de trabajo inicial podrá ser revisado y ajustado posteriormente, mediante un proceso iterativo, de modo que se incluyan de modo conveniente todos los objetivos de conservación considerados.

Criterios para definir los objetivos de conservación referidos a espacios

A la hora de definir las áreas a conservar y mantener conectadas en el ámbito de la actuación se tendrán en cuenta:

- Espacios protegidos: todos aquellos declarados como tales por la legislación ambiental vigente (a escala europea, nacional o autonómica).
- La inclusión de aquellas áreas naturales o semi-naturales, que, no estando amparadas por ninguna figura de protección, a la escala del análisis (comarcal o local) tienen gran relevancia y su funcionalidad ecológica debe ser mantenida. Una aproximación más formal para la inclusión de este tipo de áreas se derivará de la realización de los modelos de idoneidad de hábitat (Fichas 5-6) y la identificación de teselas de hábitat (Ficha 7).

Criterios para definir los objetivos de conservación referidos a hábitats

Entre los criterios a seguir a la hora de establecer qué hábitats deben ser conservados, deben figurar no sólo los derivados del cumplimiento de la normativa vigente, sino también otros intereses de conservación de ámbito más reducido. Los objetivos de conservación se determinarán teniendo en cuenta:

- Hábitats de Interés Comunitario catalogados en 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.
- Hábitats en peligro de desaparición recogidos en la Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad.
- Hábitats o áreas de interés de conservación asociados a Planes de recuperación de especies protegidas u otros instrumentos similares.

- Hábitats de interés de conservación por su singularidad o amenaza a escala regional o local.
- Hábitats requeridos para que las especies objeto de conservación puedan completar su ciclo biológico.

Criterios para definir los objetivos de conservación referidos a especies

Los objetivos de conservación en el caso de las especies vienen fundamentalmente determinados por la normativa ambiental vigente, sin menoscabo del posible interés a escala local de otras especies. En definitiva, deben ser objetivo de conservación:

- Especies que aparezcan en el listado de especies silvestres en régimen de protección especial, según la Ley del Patrimonio Natural y la Biodiversidad (42/2007), incluyendo la categoría de amenaza del CNEA y de los catálogos autonómicos.
- Otras especies que, sin estar incluidas en la categoría anterior, presentan un interés de conservación nacional o internacional a la escala a la que se realiza el análisis, comarcal o local.
- Aquellas especies que puedan ser más sensibles a la fragmentación. Para seleccionar las especies más vulnerables a la fragmentación se atenderá a los siguientes criterios:
 - Rareza: especies con densidades de población muy bajas y/o con una distribución muy restringida.
 - Áreas de campeo: especies que requieren grandes áreas para asegurar la viabilidad de sus poblaciones (p.ej., grandes carnívoros, ungulados).
 - Capacidad de dispersión: especies para las que barreras de pequeña dimensión, tales como carreteras locales, puede limitar o impedir su dispersión y dificultar la viabilidad a largo plazo de sus poblaciones en los fragmentos (p.ej., numerosos insectos no voladores de bosques maduros).
 - Movimientos migratorios: especies que realicen migraciones estacionales, de cuyo mantenimiento dependa la viabilidad de sus poblaciones (p.ej., los anfibios, los murciélagos).
 - Potencial reproductivo: las especies con bajo potencial reproductivo tienen menor capacidad de respuesta ante perturbaciones y, por tanto, mayor riesgo de extinción (p.ej., la tortugas de tierra).
 - Ciclo de vida: las especies con ciclos de vida cortos son potencialmente más proclives a la extinción por presentar fluctuaciones poblacionales intensas (p. ej. muchos pequeños mamíferos, como topillos, musarañas, etc.).

- Dependencia respecto de recursos impredecibles en el tiempo o el espacio: se corresponde con especies con tamaños poblacionales fluctuantes y que dependen de su acceso a los lugares en que pueden encontrar los recursos que necesitan. La fragmentación de hábitats hace más vulnerables a estas especies por reducir el número de lugares donde encontrar estos recursos y por hacerlos más inaccesibles e improbables de encontrar (algunos insectos voladores dependientes de la presencia de charcas temporales de corta duración).
- Dependencia respecto de hábitats poco perturbados: especies que no se aproximan a los bordes de las teselas de territorio, por lo que únicamente aparecen en áreas amplias sin fragmentar (p.ej. grandes carnívoros).
- Explotación o persecución antrópica: las especies no toleradas o explotadas por el hombre se ven afectadas por el hecho de que las nuevas infraestructuras pueden hacer más accesible el territorio y favorecer su recolección o caza (p.ej. el jabalí).

Fase de aplicación

Fase de EAPP, para esquemas viales de nodos y líneas.

Objetivo prescriptivo

Realizar una evaluación de los potenciales efectos fragmentadores de los esquemas viales planteados, a fin de detectar potenciales conflictos graves.

Prescripciones metodológicas

Procedimiento de evaluación

En los planes de infraestructuras con niveles de concreción equivalentes a esquemas viales de nodos y líneas, o a esquemas representados a escalas iguales o inferiores a 1:1.000.000, el grado de imprecisión sobre las propuestas que se efectúan es demasiado alto para poder abordar un análisis detallado de fragmentación. Sin embargo, estas fases iniciales de la planificación presentan, desde el punto de vista de las evaluaciones, la ventaja de centrarse en decisiones estratégicas de gran calado, y de manejar conjuntamente redes de infraestructuras complementarias. La evaluación de la fragmentación de hábitats se puede introducir en este momento de la planificación desarrollando el proceso secuencial que se expone en la Tabla 3.2.

Los objetivos estratégicos planteados en el documento pueden suponer potenciales problemas de fragmentación. Por ello en los primeros niveles de toma de decisión se debe incorporar la fragmentación como elemento a evaluar, utilizando una doble lectura:

- Ecológica, en cuanto a contribución a la pérdida de biodiversidad.
- Económica, para ser comparable con otros escenarios en cuanto a:
 - Seguridad.
 - Cambios tecnológicos en los vehículos.
 - Opciones de transporte terrestre, aéreo o marítimo.

Los métodos utilizados para evaluar escenarios de planes a este nivel suelen manejar procedimientos cualitativos o basarse en escalas cardinales sencillas establecidas, con su correspondiente justificación, mediante criterio experto. Pese a la falta de cuantificación de los efectos de fragmentación a esta escala, estos métodos pueden ser directamente aplicables a una evaluación previa de compatibilidad y coherencia entre objetivos (sectoriales y ambientales) del propio plan, y de éstos frente a otros más concretos relacionados con la fragmentación de hábitats que se establezcan para la elaboración del Informe de Sostenibilidad Ambiental.

a) Detección de conflictos potencialmente graves

Se entiende que un conflicto será grave cuando afecte significativamente zonas de máximo interés o de interés elevado de forma irreversible.

Si el primer nivel de análisis de compatibilidad y coherencia entre los objetivos estratégicos de la planificación de infraestructuras frente al objetivo estratégico (genérico) de conservación en relación con la fragmentación muestra la potencial existencia de conflictos graves, y en especial si diferentes escenarios se caracterizan por diferentes niveles de impacto, será imprescindible profundizar más en el análisis de los efectos del plan sobre la fragmentación de hábitats. En estos casos, el análisis deberá incluirse en la evaluación de factibilidad de los diferentes escenarios, incluyendo la posible necesidad de eliminar escenarios completos de planificación.

Para profundizar en la previsión de fragmentación de hábitats se debe realizar un primer análisis de carácter cartográfico, inevitablemente muy grosero, lo que obligará a concretar:

- Las redes de infraestructuras previstas (a la escala definida por el plan o programa).
- Los objetivos estratégicos de conservación de hábitats sin fragmentar (redes de espacios protegidos, grandes unidades de hábitat, grupos de taxones a proteger).
- Las áreas focales y corredores ecológicos entre las mismas, establecidas a partir de la información del punto anterior. A las escalas mencionadas la definición de dichas áreas focales se podrá efectuar en relación a:
 - Espacios protegidos.
 - Dominios vitales de especies clave o de máximo interés de conservación (oso, lobo...).
 - Grandes unidades de hábitat.
 - Corredores ecológicos previamente identificados por estudios de alcance comarcal o regional.

Con esta información será posible realizar una primera aproximación a los efectos generados por los diferentes escenarios del plan de infraestructuras, y trasladar los resultados de la misma a indicadores simples (p.ej. número de áreas conflictivas, longitud aproximada de las mismas...) útiles para la valoración multicriterio de alternativas. No obstante, los problemas de incertidumbre a estas escalas llevan a que las conclusiones alcanzadas sean fiables sólo para detectar grandes conflictos que se pueden generar, y tomar decisiones de gran trascendencia estratégica (p.ej., determinar el número y ubicación aproximada de corredores de infraestructuras que van a atravesar un sistema montañoso). En todo caso, la utilización de indicadores numéricos a

esta escala debe realizarse con cautela por su inevitable inexactitud, y huyendo siempre del uso de aquéllos que pueden sufrir efectos de dilución debidos a la amplitud del ámbito de análisis (p.ej. porcentaje total de hábitat fragmentado en el territorio).

b) Posibilidad de traslado de análisis más detallados a fases posteriores de la planificación

Una vez realizado este análisis preliminar, y habiéndose detectado conflictos potencialmente graves, es posible trasladar el análisis a momentos posteriores de la planificación, en general al documento siguiente de planificación que se derive del evaluado, si ello resulta aconsejable. La decisión de posponer la valoración de los efectos de fragmentación a fases posteriores deberá tomarse únicamente en los casos en que no haya una diferencia sustancial en el momento en que se introduzca la valoración, y en concreto si:

- Va a ser posible evaluar en esa fase posterior todos los escenarios alternativos relevantes por sus posibles diferencias en términos de fragmentación de hábitats.
- No existe una disgregación de actuaciones con posible efecto sobre la fragmentación de hábitats entre los documentos de planificación que se derivan del actual. Así, no se debería posponer la evaluación de los efectos de fragmentación de un plan de infraestructuras si en el siguiente nivel de análisis las redes de ferrocarril y carretera se van a tratar independientemente.

c) Análisis más detallado en el mismo proceso de planificación

Por último, caso de que el primer análisis cartográfico haya mostrado la aparición de conflictos graves, y no

sea razonable posponer las decisiones a momentos posteriores de la planificación, se deberá desarrollar un análisis a escala más detallada, de forma complementaria a los de escala grosera, en los puntos en que se detecten grandes conflictos. Esto obliga a una delimitación más concreta de actuaciones en estas localizaciones, y puede alargar y complicar esta fase de planificación. Para realizar este análisis detallado de fragmentación pueden ser útiles otras fichas de este documento², ya que trabajan sobre una definición cartográfica de actuaciones equivalente.

d) Directrices para el desarrollo de documentos posteriores de planificación

En función de la concreción con la que finalmente se hayan analizado los efectos de fragmentación de hábitats asociados al plan evaluado, será necesario establecer indicaciones y criterios a seguir en la elaboración de los planes directamente emanados del documento evaluado con especificaciones relativas a:

- Las condiciones y limitaciones de aplicación al diseño de las alternativas que se vayan a proponer.
- Los aspectos básicos a tener en consideración durante la evaluación del nuevo documento de planificación, tales como objetivos de conservación prioritarios, las especies o hábitats a los que habrá que prestar especial atención, etc.
- Los elementos concretos que requerirán análisis más minuciosos en fases de diseño de mayor escala de concreción.
- Los sistemas que aseguren la adecuada coordinación y coherencia entre documentos independientes emanados del mismo (ver Ficha 18).

² Ver por ejemplo Mancebo Quintana *et al.* 2007 y García Montero *et al.* 2008.

Ejemplo básico de planificación a escala 1:5.000.000

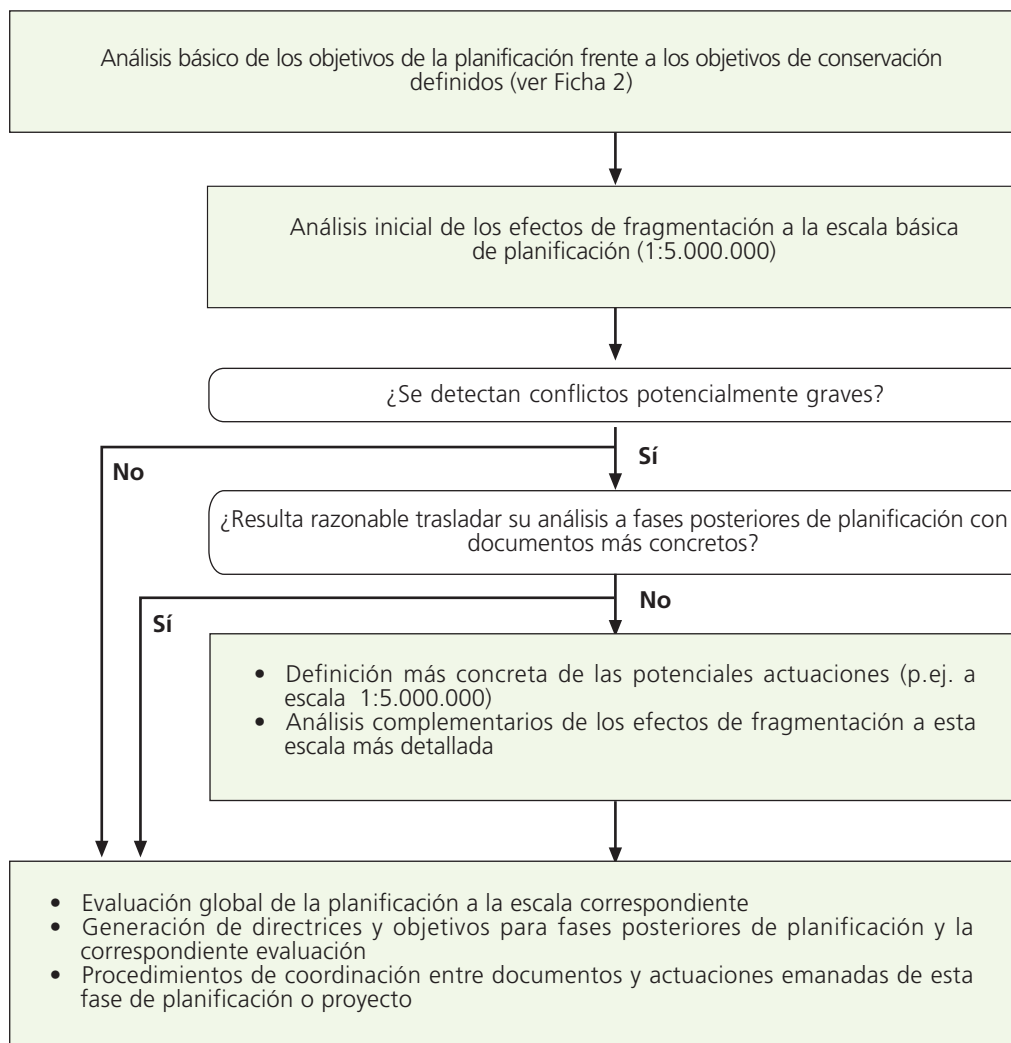


Figura 3.2 Árbol de decisión para abordar el análisis de fragmentación de hábitats por infraestructuras en caso de que el documento de planificación manejado contenga una definición de la red de infraestructuras de baja precisión (esquema vial de nodos y líneas, o cartografía a escala igual o inferior a 1:1.000.000).

Fase de aplicación

Fase de EAPP a escalas superiores a 1:1.000.000. Fase de EIA.

Objetivo prescriptivo

Concretar cartográficamente los objetivos de conservación de espacios, hábitats y especies focales, que faciliten la evaluación de:

- El estado inicial y la conectividad inicial del territorio en el que se enmarca el plan, programa o proyecto.
- El efecto del plan, programa o proyecto sobre la fragmentación de los hábitats.

Indicaciones para las diferentes escalas de análisis

Si bien los criterios de selección de espacios, especies y hábitats que van a ser considerados como focales se mantienen de forma independiente de la escala de análisis, la información de partida sobre la cual se realizará dicha selección puede variar en función de la escala. A continuación se ofrecen algunas indicaciones:

- Común a todas las escalas: la selección de espacios, especies o hábitats focales parte de la elaboración de inventarios de estos elementos en el ámbito de estudio. Para la elaboración de estos inventarios existe información disponible en formato digital a una resolución determinada y homogénea para todo el territorio nacional en el Banco de datos de la Biodiversidad del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Asimismo, diversas CCAA disponen de cartografías y bases de datos muy completas para su ámbito territorial.
- Fases de corredores de trazado y alternativas de trazado: a estas escalas se deberá contar, además, con la información más detallada que sobre estos elementos disponen los órganos ambientales de las CCAA afectadas por el proyecto (por ejemplo, distribución de especies a escala de UTM de 1 km de lado, lugares de cría o presencia de especies amenazadas, etc.). También se podrán realizar trabajos de campo complementarios para completar dicha información.

Orientaciones metodológicas

Procedimiento para la selección de los espacios focales

Serían espacios focales:

- Todos aquellos espacios sometidos a alguna figura de protección legal.

- Espacios identificados como de relevancia y cuya funcionalidad ecológica debe ser mantenida, de acuerdo con la realización de modelos de idoneidad del hábitat (Fichas 5 y 6) y la identificación de teselas de hábitat (Ficha 7).

Procedimiento para la selección de los hábitats focales

La selección de los hábitats focales se sustenta en criterios de valoración tales como el grado de amenaza o catalogación, así como su distribución, extensión y forma. En ocasiones, existen limitaciones asociadas a la disponibilidad de información detallada. Los elementos clave a atender en la selección de hábitats focales son:

- Hábitats correspondientes a los objetivos de conservación referidos a hábitats que se indican en la Ficha 2.
- Hábitats de especies focales de las que no se disponga de información sobre su distribución y desplazamientos.
- Otros hábitats de interés de conservación local a la escala de análisis correspondiente.

Procedimiento para la selección de las especies focales

A partir de los criterios para definir los objetivos de conservación referidos a especies que se indican en la Ficha 2, se obtiene un primer listado de especies. Seguidamente se procede a realizar un cribado de redundancia entre especies en función del solapamiento de cuatro características ecológicas fundamentales de las mismas:

- Distribución de la especie.
- Hábitats que selecciona la especie.
- Capacidad de dispersión.
- Áreas mínimas funcionales.

Se recomienda que el resultado final de la selección incluya al menos 10-20 especies que representen diferentes taxones: plantas, invertebrados, peces, anfibios, reptiles y mamíferos, e idealmente con menos de 6 por grupo taxonómico. Un factor limitante a la hora de realizar esta selección final será la disponibilidad de información suficientemente detallada acerca de las especies.

Procedimiento para la delimitación de las áreas focales

Las áreas focales serán extensiones de área natural o seminatural que tengan perspectivas razonables de conservar sus características en un futuro próximo, y cuya funcionalidad ecológica se garantizará manteniendo su interconexión y evitando las afecciones en su interior.

En este sentido, la selección de la información se manejaría atendiendo a tres principios fundamentales:

- **Representación:** de modo que todos los objetivos de conservación sean considerados de manera explícita.
- **Redundancia:** de forma que se minimice la reiteración entre objetivos a fin de optimizar el proceso. En general suele existir un alto grado de solapamiento entre los distintos objetivos de conservación (en la Figura 3.3 estaría representado por las áreas que muestran solapamiento), lo que facilita realizar un análisis muy completo con un número de variables no excesivamente alto.
- **Suficiencia:** de modo que cada uno de los objetivos se encuentre adecuadamente representado en la selección final. Cabe destacar el interés que pueden tener algunos elementos de carácter más singular, que no quedan englobados bajo el paraguas de otros objetivos (en la Figura 3.3 estaría representado por las áreas que no muestran solapamiento).

La delimitación precisa de las áreas focales a considerar en los análisis de conectividad y fragmentación requerirá la consideración de las siguientes cuestiones:

- En algunos casos de elevada coincidencia entre las áreas focales identificadas y los límites de espacios naturales

protegidos, las áreas focales se pueden ajustar a los límites oficiales de dichos espacios o de los hábitats catalogados (p.ej., según Directiva Hábitats). Estos límites se encuentran establecidos en la normativa vigente o en los bancos de datos oficiales y son proporcionados por las administraciones ambientales. En muchos casos, el nivel de detalle y la escala a la que están definidos no es mayor de 1:50.000, si bien se considera suficiente para los propósitos de este documento.

- También se pueden incluir otras áreas con diferentes o ningún nivel de protección. En estos casos, es fundamental determinar de manera justificada por qué las mismas se incluyen como áreas focales en vez de formar parte del resto de la matriz sobre la que se identificarán los corredores.

Es importante destacar que dentro de un área focal determinada por límites administrativos, la extensión y calidad de los hábitats focales o de interés para las especies focales puede ser limitada y, generalmente, no ocupará la totalidad del área focal en sí misma, lo cual es relevante a la hora de establecer los límites definitivos del área focal a considerar en el proceso de evaluación (Figura 3.4). La utilización de modelos de idoneidad de hábitat (Fichas 5 y 6) y la delimitación de teselas de hábitat (Ficha 7) permite definir estos límites para las especies y/o hábitats focales en cuestión.

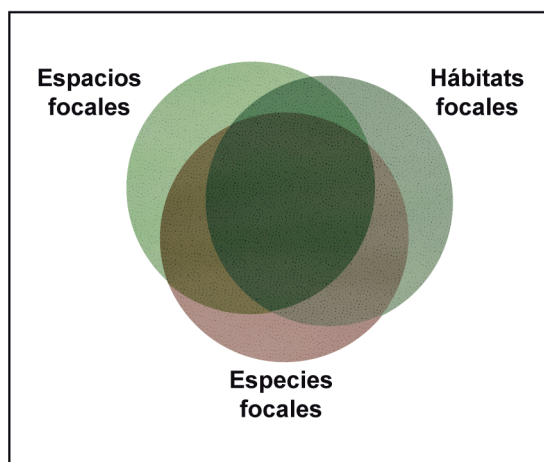


Figura 3.3. Esquema conceptual del solapamiento existente entre espacios, hábitats y especies de interés de conservación, que condiciona el proceso de selección de áreas focales.

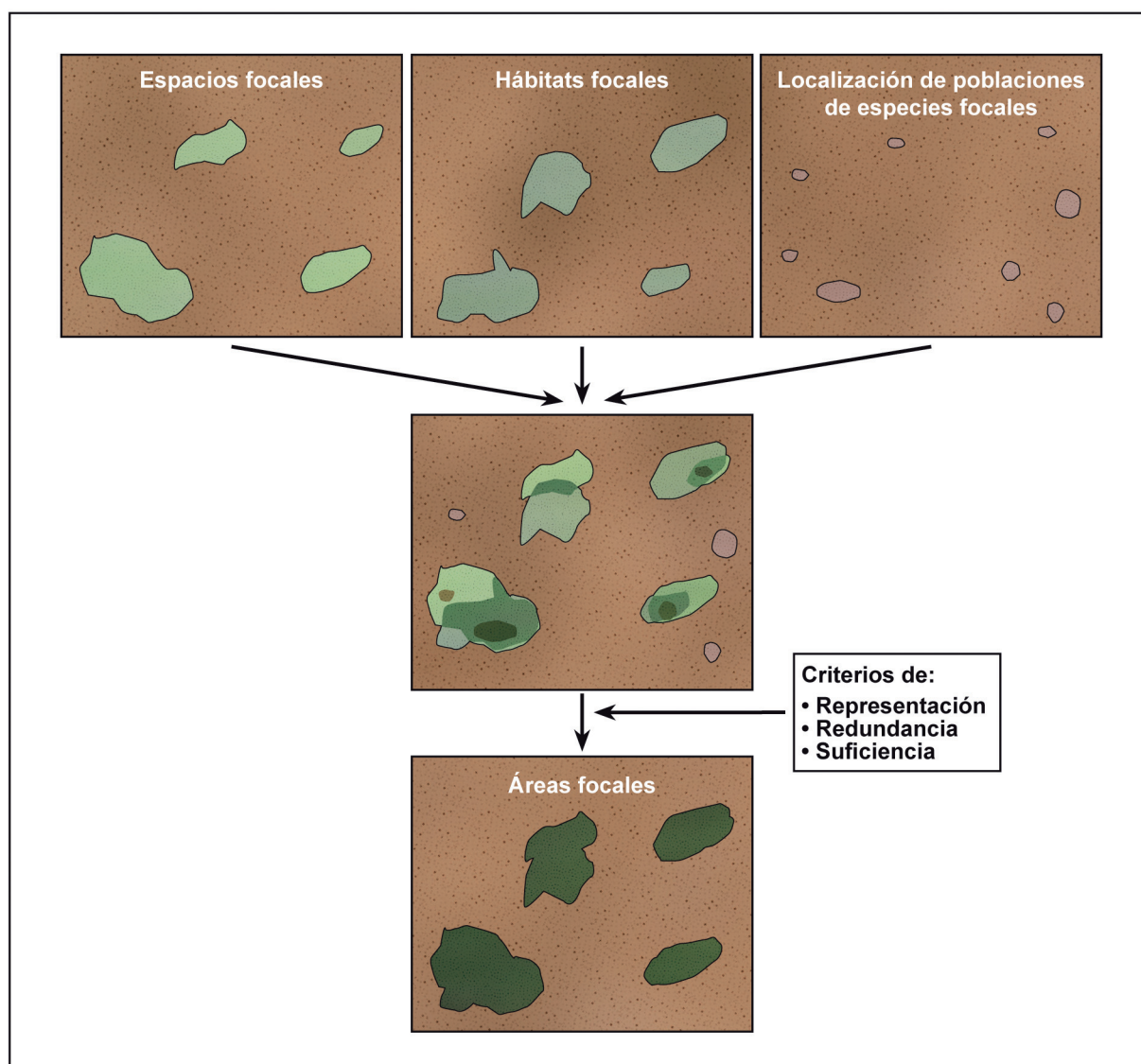


Figura 3.4. Ejemplo de un proceso de selección de áreas focales a partir de los objetivos de conservación centrados en espacios, hábitats y especies de interés definidos en primera instancia.

Fase de aplicación

Fase de EAPP a escalas superiores a 1:1.000.000. Fase de EIA.

Objetivo prescriptivo

Conocer la idoneidad del hábitat para las especies focales para todos los puntos (píxeles) del ámbito de estudio, para:

- Servir de base para una adecuada delimitación posterior de las áreas focales.
- Evaluar la conectividad en el ámbito de la actuación.
- Realizar el posterior análisis de la fragmentación del territorio.

Indicaciones para las diferentes escalas de análisis

No se establecen diferencias significativas entre escalas. En general, la escala y el nivel de resolución de la información de partida sobre los factores de hábitat deberán ser acordes con la escala de análisis, tal como se ha indicado en la Ficha 1. El nivel de detalle de los modelos resultantes estará condicionado por la resolución de los datos utilizados para su elaboración.

Orientaciones metodológicas

La metodología más sencilla para estimar cómo las especies focales se desplazan por el territorio se basa en la realización de modelos de idoneidad del hábitat sustentados en el criterio de expertos sobre las características biológicas de las especies focales y en la revisión de datos bibliográficos (véase Anexo III sobre consideraciones generales de los modelos de hábitat). Dado que estos modelos se encuentran sujetos a cierta incertidumbre y subjetividad por el procedimiento que utilizan para transformar la información básica en valores de adecuación de hábitat, es

importante la justificación adecuada de todas las decisiones que conlleven, a fin de garantizar la transparencia global del proceso.

Los pasos para realizar un modelo simple de idoneidad de hábitat son los siguientes y se basan en bibliografía y conocimiento de expertos en la biología de las especies a considerar (Figura 3.5):

- 1) Utilizar las capas de información geográfica disponibles correspondientes a los factores que potencialmente más influyen en la presencia, calidad y permeabilidad del hábitat para las especies o taxones que se van a considerar (véase Ficha 6 y Anexo IV).
- 2) Distribuir en categorías (o grupos de categorías) los valores del factor, y asignar puntuaciones a las mismas, en función de las preferencias de hábitat de la especie. Los valores se asignan en una escala, por ejemplo, entre 100 para la máxima probabilidad de aparición o preferencia y 1 para el caso opuesto. Se obtienen así matrices que asignan a cada categoría un valor de probabilidad de presencia de la especie, para cada uno de los factores considerados.
- 3) Estimar para cada especie la importancia relativa de cada factor, asignando pesos que reflejen la misma, y definir un algoritmo a partir de ello.
- 4) Con este algoritmo, calcular la idoneidad de cada píxel como una combinación de los distintos factores y sus puntuaciones, resultando en un mapa de idoneidad de hábitat para la especie en cuestión.

Para las especies o hábitats focales que no se puedan modelizar se recomienda evaluar y justificar la adecuación de los resultados obtenidos, en función de fuentes de información específicas de la especie o hábitat en cuestión.

En el Anexo V se describen los procedimientos para realizar un modelo sencillo de este tipo.

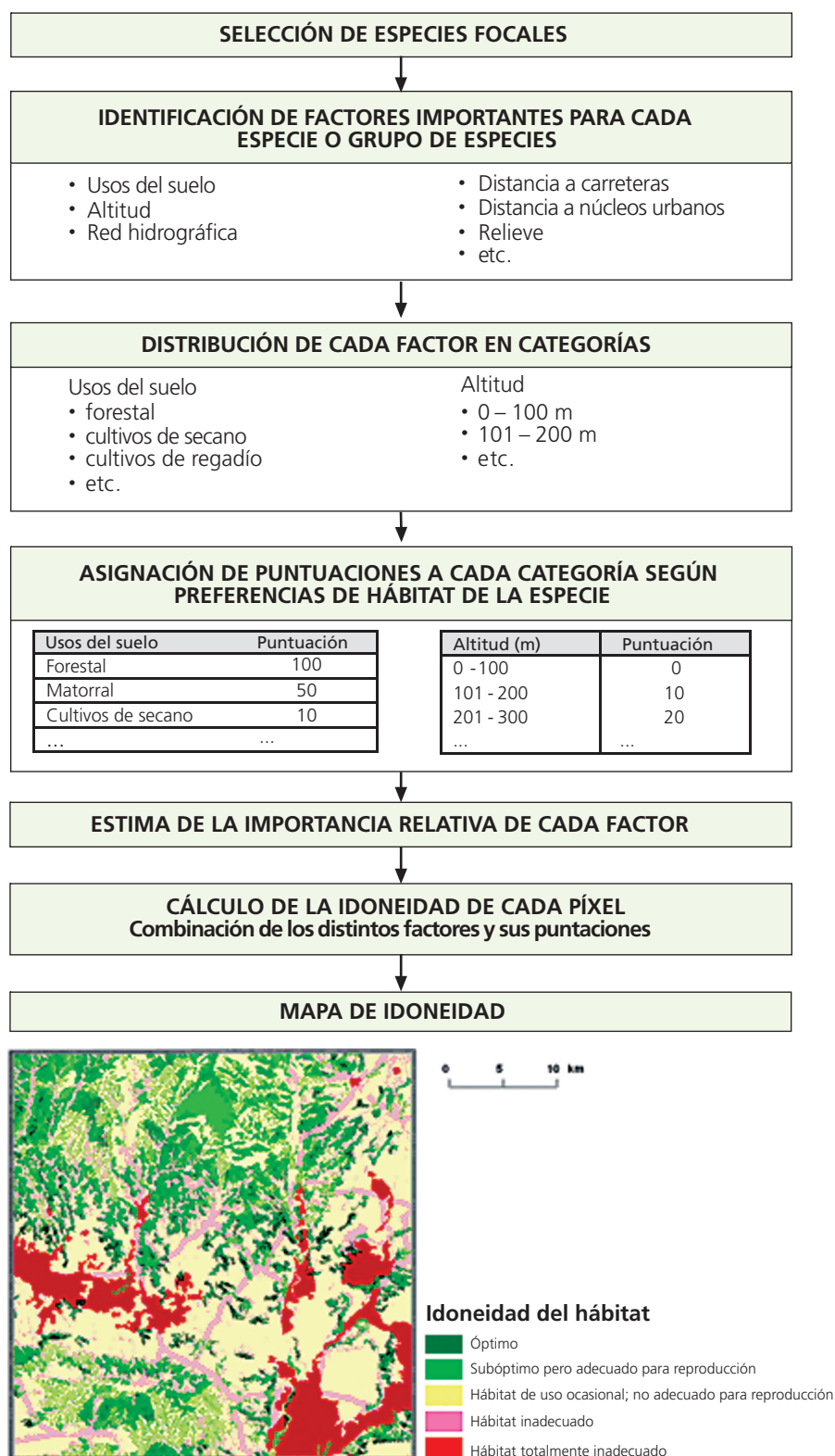


Figura 3.5. Esquema del procedimiento para cartografiar la idoneidad de los hábitats en el ámbito a estudiar (imagen elaborada por TEG-UAM/SECIM).

Fase de aplicación

Fase de EAPP a escalas superiores a 1:1.000.000. Fase de EIA.

Objetivo prescriptivo

Seleccionar los factores necesarios para la construcción de los modelos de idoneidad de hábitat.

Indicaciones para las diferentes escalas de análisis

Será necesario evaluar la adecuación de la información de partida para el ámbito y la escala del estudio, valorando la necesidad de adquirir información adicional o completar la ya disponible (p.ej., mediante análisis adicionales, comprobaciones por fotointerpretación, visitas de campo).

Prescripciones metodológicas

Los modelos se construirán con los factores más relevantes para los que sea posible disponer de información geográfica en un formato que se pueda gestionar con un SIG, como los usos del suelo, la topografía, la densidad de carreteras, etc. Aunque estas variables no permitan describir totalmente las condiciones que determinan los hábitats, una buena elección puede ser suficiente, si bien habrá que tener siempre presentes las correspondientes limitaciones al manejar los resultados.

En el momento de realizar los modelos de idoneidad de hábitat se debe:

- Usar un conjunto completo de factores. Como mínimo, cualquier modelo debe integrar información sobre las siguientes variables (véanse ejemplos de la Figura 3.6 a la Figura 3.9)³:
 - Coberturas y usos del suelo.
 - Posición topográfica (crestas, fondos de valles, llanuras o laderas).
 - Altitud (rangos altitudinales definidos para cada hábitat o especie).
 - Factores relacionados con molestias antrópicas (por ejemplo distancia a carreteras o zonas urbanas).

Otros factores a considerar son:

- Pendiente.
- Orientación.
- Distancia a ríos o humedales.
- Distancia a núcleos urbanos, a carreteras, etc.

Los factores a incorporar en el análisis dependerán de la especie o grupo taxonómico que se esté considerando. Así, por ejemplo, en el caso de los peces o los anfibios, habrá que incorporar factores relativos a red hidrográfica o masas de agua, lo que seguramente no será necesario si se está trabajando con aves forestales no necesariamente asociadas a hábitats de ribera o humedales. En la Tabla 3.4 se muestra un ejemplo de factores (variables) considerados en un caso de estudio de mamíferos carnívoros y ungulados.

- Señalar la fuente, la resolución y la precisión de todos los datos utilizados. Se debe explicitar si las capas de información disponibles son incompletas o presentan limitaciones.

Los factores de hábitat pueden ser de dos tipos:

- Categóricos (clases de coberturas del suelo, clases de topografía...).
- Continuos (cobertura de la vegetación, porcentaje de pendiente, distancia a una carretera...).

La elección de unos u otros dependerá del conocimiento existente acerca del proceso ecológico subyacente a la variable y su influencia sobre las especies o hábitats focales en cuestión, la disponibilidad de datos y el tipo de análisis a aplicar.

La experiencia ha mostrado que en muchos casos, como en los modelos de idoneidad del hábitat basados en criterio de experto sobre la biología del grupo que se está considerando, es preferible el uso de factores categóricos aún en casos en que se dispone de variables continuas. El número de clases se restringirá en función de la posibilidad de interpretarlas biológicamente (p.ej., altitud por encima, dentro, o por debajo de los límites de la distribución conocidos para una especie).

La fiabilidad con que la información disponible refleja la realidad depende de muchos factores, como la fecha de actualización, las fuentes utilizadas (p.ej., tipo de imágenes de teledetección) o los métodos de elaboración de las mismas.

En el Anexo IV se describen los factores más comúnmente utilizados en la elaboración de modelos de idoneidad de hábitat.

³ Estos factores suelen ser los más determinantes de los hábitats, estando muy relacionados con las condiciones básicas del medio físico, la disponibilidad de alimento y refugio, así como con la presencia humana y las molestias o efectos perniciosos derivados de ella.

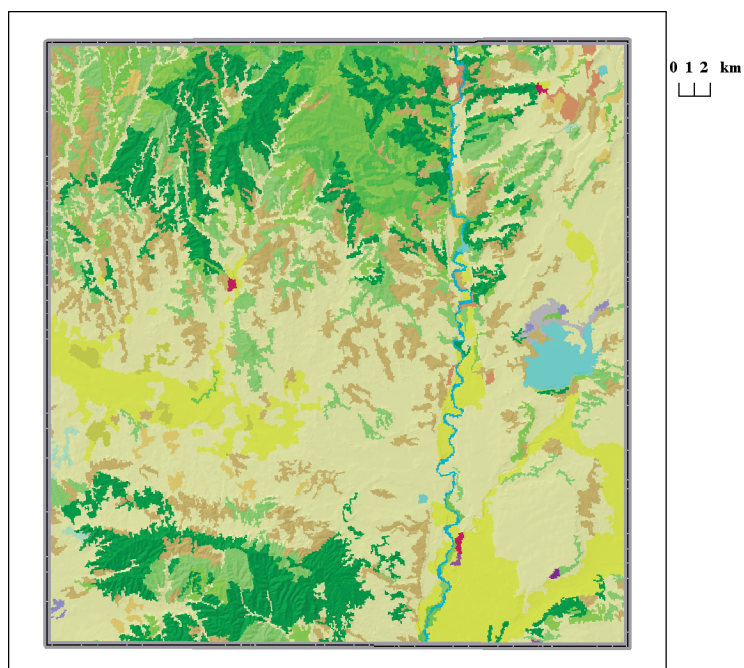


Figura 3.6. Ejemplo de coberturas y usos del suelo según la cartografía del proyecto CORINE Land Cover 2000, a nivel 3 de detalle. Fuente: TEG-UAM/SECIM.

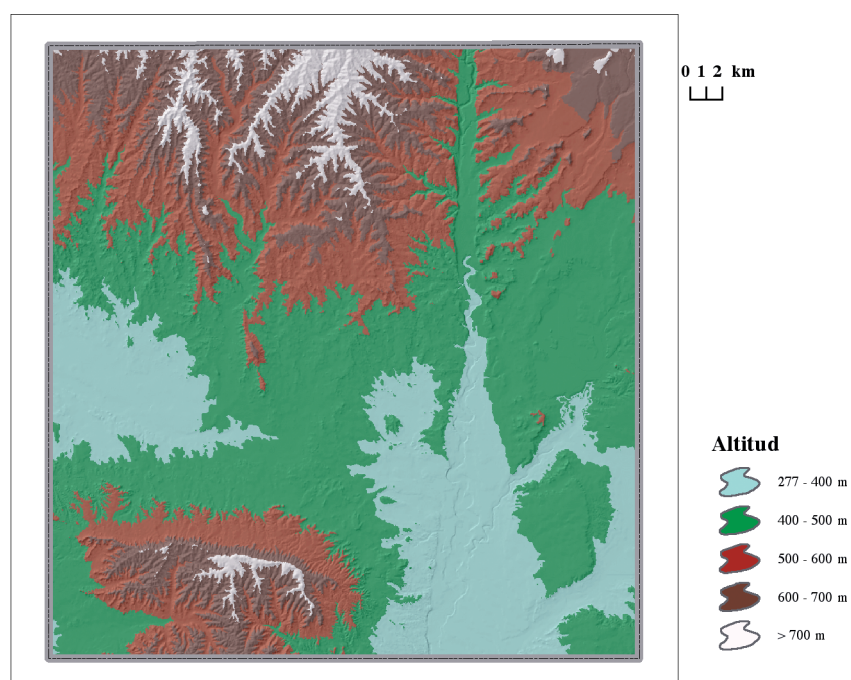


Figura 3.7. Ejemplo de modelo digital de elevaciones clasificado en 5 rangos de altitud. Fuente: TEG-UAM/SECIM.

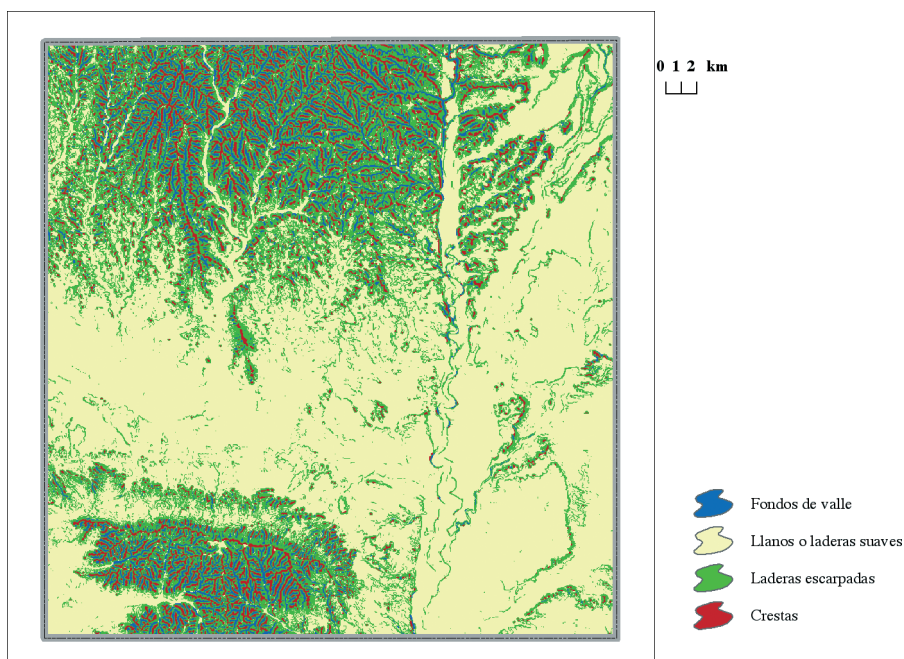


Figura 3.8. Ejemplo de modelo digital del terreno clasificado en función de posiciones topográficas. Elaborado con CorredorDesign. Fuente: TEG-UAM/SECIM.

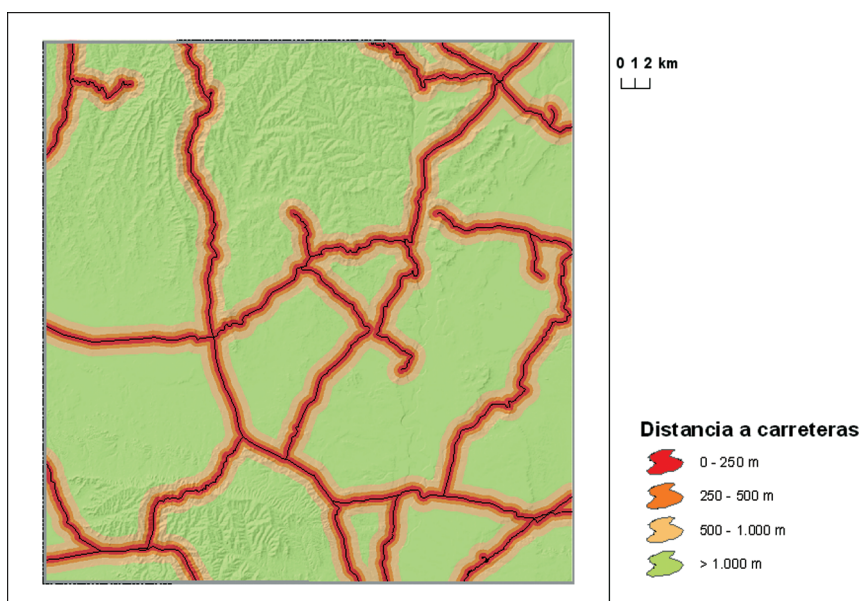


Figura 3.9. Distancia a la carretera más cercana representada en rangos de distancia. Fuente: TEG-UAM/SECIM.

Tabla 3.4. Variables ambientales utilizadas en un caso de análisis de idoneidad del hábitat para mamíferos carnívoros y ungulados en Cataluña. Fuente: Minuartia (2005).

Tipo de variable	Descripción de la variable
Bosque	Bosque de coníferas Bosque esclerófilo Bosque caducifolio Bosque de <i>Pinus halepensis</i> Bosque de <i>Pinus sylvestris</i> Bosque de <i>Pinus nigra</i> Otras especies de <i>Pinus</i> Bosque de <i>Quercus suber</i> Bosque de <i>Quercus ilex</i> Bosque de <i>Quercus humilis</i> Bosque de otros caducifolios Distancia a la mancha de bosque más cercana
Cultivos	Cultivos herbáceos de secano Cultivos herbáceos de regadío Cultivos de frutales de secano Cultivos de frutales de regadío Viñedos
Vegetación baja	Matorral Prados y zonas herbáceas Superficies desnudas
Impacto humano	Zonas urbanas de baja densidad Distancia a ciudades de <10.000 h Distancia a ciudades de >10.000 h Infraestructuras de transporte y zonas urbanas Distancia a carreteras de la red principal Distancia a carreteras de la red secundaria
Clima	Insolación media Precipitación de verano acumulada Precipitación total acumulada Temperatura de invierno media acumulada Temperatura de verano media acumulada Temperatura anual media acumulada
Relieve	Altitud media Desviación estándar media de la altitud Pendiente media Desviación estándar media de la pendiente Distancia a ríos



Fase de aplicación

Fase de EAPP a escalas superiores a 1:1.000.000. Fase de EIA.

Objetivo prescriptivo

Identificar las teselas de hábitat de mayor calidad para las especies y/o hábitats focales, lo que es un paso necesario para:

- La delimitación precisa de las áreas focales.
- La posterior evaluación de la conectividad del territorio e identificación de los corredores ecológicos.

Indicaciones para las diferentes escalas de análisis

- Común a todas las escalas: la delimitación de teselas de hábitat estará condicionada por el nivel de detalle de los modelos de hábitat así como por la escala a la que dichas teselas tienen significado biológico para las especies o hábitats focales.
- Fase de potenciales actuaciones: en esta fase la delimitación de teselas de hábitat únicamente será de interés a la hora de evaluar el impacto del proyecto sobre especies que presenten amplias áreas de campeo o requieran extensos dominios vitales (por ejemplo, grandes carnívoros) o grandes unidades de hábitat equivalentes al CORINE nivel 2 o simplificaciones de los tipos estructurales del Tercer Inventario Forestal Nacional (las unidades mínimas cartografiadas se indican en la Ficha 1). Por lo tanto, su análisis es relevante a dichas escalas.
- Fases de corredores de trazado y alternativas de trazado: este análisis es especialmente importante en las fases de mayor concreción del proyecto donde tanto la resolución de la información sobre las especies o hábitats focales como los datos de la propia infraestructura son suficientemente detallados para una correcta detección de problemas de fragmentación.

Orientaciones metodológicas

En el contexto de la modelización de la conectividad y la identificación de corredores es recomendable la identificación de las teselas de mayor calidad para las especies o los hábitats focales con el fin de disponer de:

- Las superficies de mejor calidad de un determinado hábitat focal.
- El hábitat idóneo para las especies focales.
- Los términos (puntos de inicio y fin) de los corredores dentro de las áreas focales (Figura 3.10).

- Los elementos del territorio que pueden ejercer de refugios de paso para las especies focales (Figura 3.10).
- Descriptores para evaluar la funcionalidad de los corredores resultantes para cada especie.

La delimitación de las teselas de hábitat de las especies o de los hábitats focales se realiza a partir de los modelos de idoneidad de hábitat que representan los valores de calidad del hábitat en el ámbito de estudio, y que integran los diversos factores que se han tenido en cuenta en el cálculo de la idoneidad de hábitat.

Para delimitar las teselas de hábitat es conveniente determinar:

- Cómo afectan las zonas vecinas no adecuadas a la calidad del hábitat (por ejemplo por efectos de borde o de percepción del paisaje por las especies).
- Un umbral de calidad del hábitat que permite la supervivencia y la reproducción.
- Un área mínima necesaria para albergar una pareja o población reproductora.

Efectos de vecindad

La posible existencia de efectos de borde en la calidad del hábitat de una tesela puede minimizarse mediante un proceso de filtrado del modelo de idoneidad de hábitat original. Dicho proceso consiste en calcular, para cada uno de los píxeles del modelo, el valor medio de idoneidad de hábitat de todos los píxeles vecinos incluidos en una ventana móvil de un tamaño determinado. Así se obtiene un valor de idoneidad de hábitat ponderado por vecindad que se utilizará solo para la delimitación de teselas. El valor de idoneidad original de cada punto se utilizará para el resto de los procedimientos.

Es difícil establecer el umbral óptimo de los efectos de vecindad debido a la falta de datos adecuados sobre los requerimientos de las especies focales (áreas de campeo, requerimientos espaciales diarios, relaciones entre la masa y los requerimientos de área, etc.). De manera simplificada, y en función de los requerimientos ecológicos de las especies, se proponen los siguientes tamaños de ventana móvil:

- Para especies de mayor movilidad, se obtiene la idoneidad de hábitat media en un radio de 200 m (12,6 ha) alrededor de cada píxel.
- Para especies de movilidad reducida, se obtiene la idoneidad de hábitat media en una ventana móvil de 3x3 píxeles vecinos (0,6 ha, trabajado con un tamaño de píxel de unos 25 m).
- Ninguno, si la especie no es sensible a estos efectos o se desconocen completamente sus requerimientos.

Umbral de calidad del hábitat

A partir de los datos de la idoneidad del hábitat ponderada por la vecindad (o los datos brutos de idoneidad de hábitat si se ha obviado la vecindad), hay que establecer el umbral de calidad para distinguir los hábitats de supervivencia y reproducción de los hábitats de inferior calidad.

Aunque la decisión en este punto puede ser controvertida por falta de información detallada, se debe dar una interpretación biológica a los valores de idoneidad de hábitat.

A la hora de establecer el valor de los umbrales, son de aplicación las indicaciones presentadas en el Anexo V para la idoneidad de los factores ambientales individuales, siendo deseable contrastar el ajuste de la clasificación a los datos existentes de la especie correspondiente. Esto se podrá hacer de forma más o menos directa en aquellos casos en que se disponga de datos precisos de la distribución de la especie focal en alguna sección del ámbito de estudio, o en áreas próximas que puedan considerarse comparables. En otras situaciones será necesario recurrir a la bibliografía, la consulta a expertos en la biología de la especie en cuestión, o la toma de datos en campo.

Tamaño de área mínima

Por último, los tamaños mínimos de tesela de reproducción serán especificados en función de la información bibliográfica y la opinión de los expertos sobre las características biológicas de las especies focales. En el caso de modelos de hábitat focal, se debe operar de modo similar, interpretándose desde la perspectiva de áreas viables o inviables para el mantenimiento a largo plazo del hábitat.

A partir del mapa de idoneidad de hábitat ponderado por vecindad y una vez establecido el umbral, se agrupan los píxeles adyacentes de hábitat idóneo (por ejemplo, con un valor de idoneidad ponderado > 60) en polígonos que representan las teselas de reproducción potencial, o los núcleos poblacionales potenciales, a fin de calcular la superficie de las teselas de diferentes tipos. Una clasificación de las áreas de hábitat idóneo en función de su tamaño puede ser:

- Núcleos poblacionales potenciales: áreas suficientemente grandes para permitir la reproducción de una población de la especie focal durante al menos 10 años.
- Teselas de reproducción potencial: áreas suficientemente grandes para permitir la reproducción de una unidad reproductora (por ejemplo, una hembra y su cría, o una pareja reproductora) durante la estación reproductora. Estas teselas pueden ser importantes como estriberones (refugios de paso) para especies que no pueden atravesar la matriz en un solo ciclo vital. Se pueden incluir criterios adicionales como que la tesela se encuentre a una distancia de un núcleo poblacional potencial menor de la mitad de la distancia media de dispersión de la especie.
- Teselas de calidad óptima pero menores que las teselas de reproducción: áreas que pese a tener hábitat adecuado no tienen un tamaño suficiente para permitir la reproducción de una unidad reproductora.

La Figura 3.12 presenta el resultado del proceso de definición de teselas utilizando diferentes ventanas de análisis al introducir los efectos de vecindad.

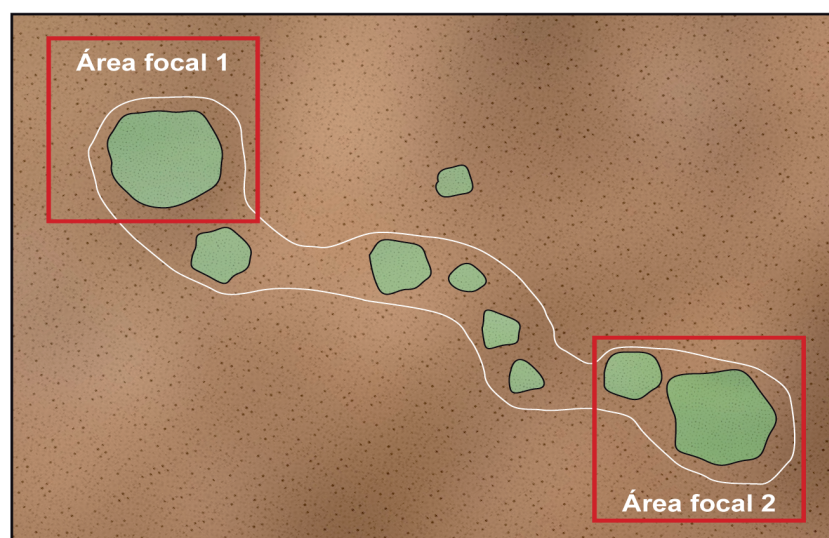


Figura 3.10. Teselas de hábitat de una especie (manchas verdes) en el contexto de un proceso de identificación de un corredor ecológico (línea blanca).

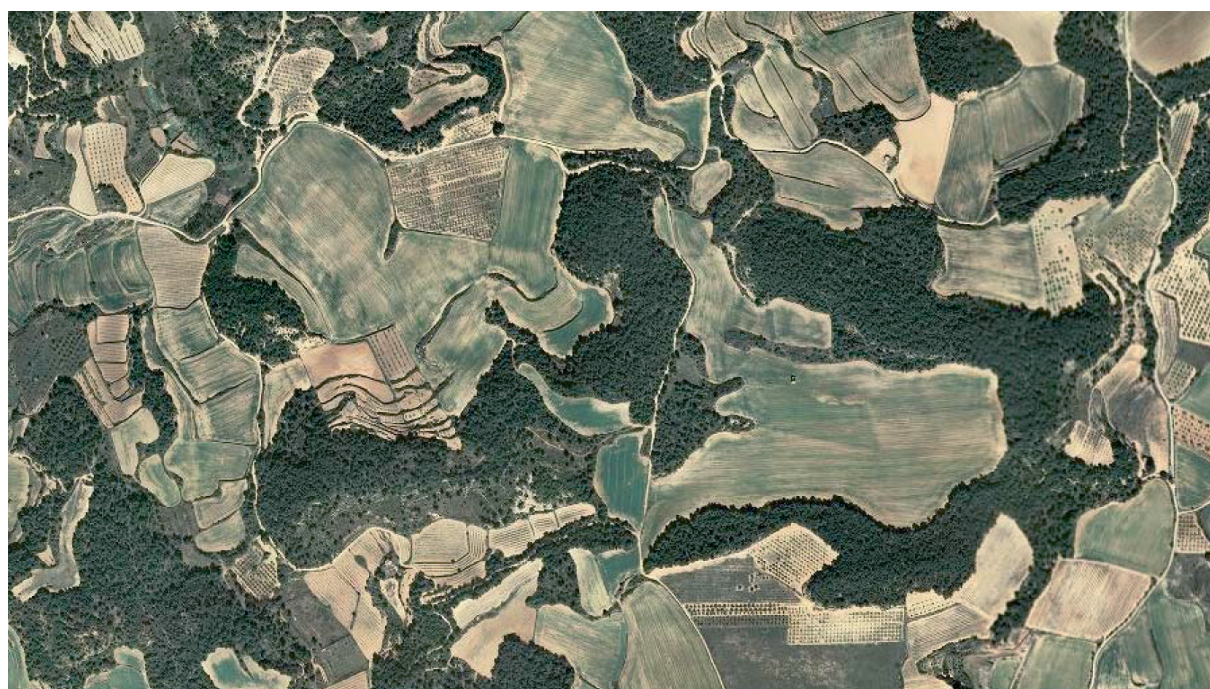


Figura 3.11. Paisaje en mosaico donde se observan fragmentos de bosque en una matriz mayoritariamente agrícola. Las superficies de bosque más reducidas o las hileras de vegetación entre parcelas de cultivo pueden actuar como estriberones o puntos de paso entre superficies más extensas. Fuente: Ortofotomapa 1:25.000, Institut Cartogràfic de Catalunya.

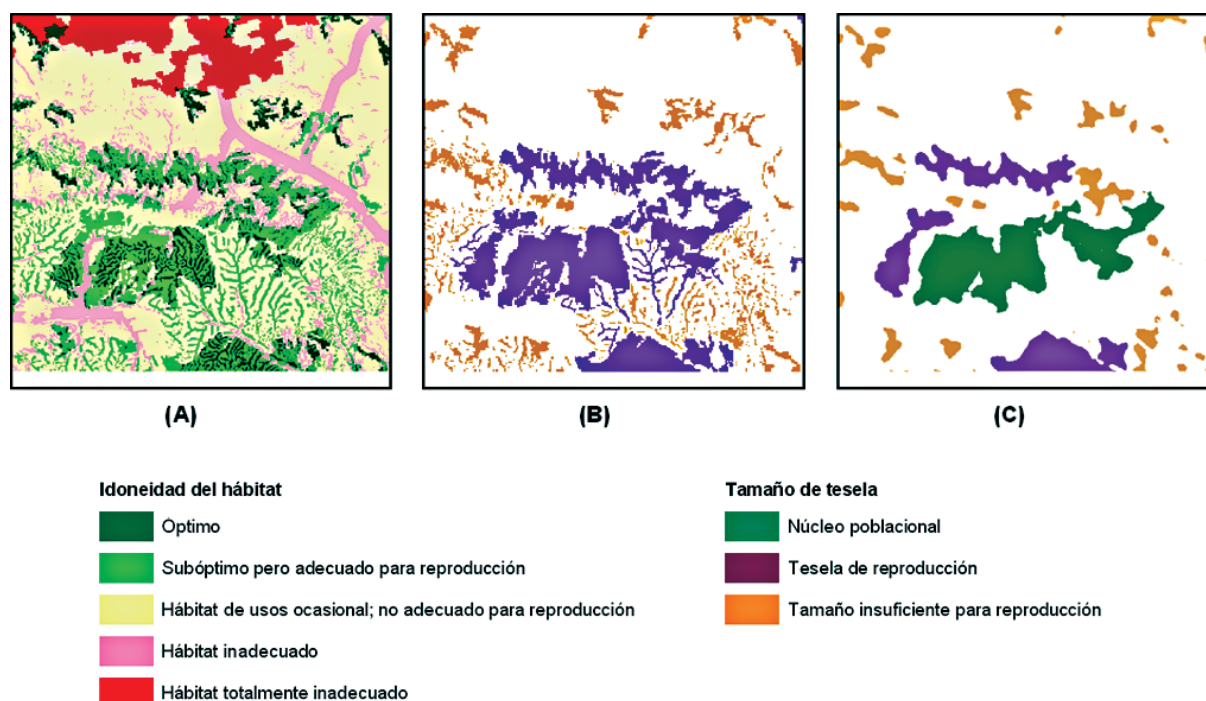


Figura 3.12. Ejemplo de delimitación de teselas de hábitat utilizando diferentes tipos de suavizado para los efectos de vecindad. A partir de un modelo de idoneidad de hábitat (a), se observan las diferencias entre la aplicación de una ventana móvil de 3 x 3 píxeles (b) frente a una ventana móvil de un círculo de 200 m de radio (c). En el primer caso, las parcelas resultantes son de pequeño tamaño y aparecen dispersas por el territorio. En cambio, en el segundo caso, las manchas de hábitat idóneo se han agrupado en teselas de mayor tamaño que, para el caso de la especie en cuestión, pueden tener el tamaño suficiente para albergar una población viable. Elaborado con CorredorDesign. Fuente: TEG-UAM/SECIM.

Fase de aplicación

Fase de EAPP a escalas superiores a 1:1.000.000. Fase de EIA.

Objetivo prescriptivo

Disponer de una cartografía de corredores ecológicos para el ámbito de la actuación que resulte adecuada para evaluar los efectos de fragmentación de hábitats.

Indicaciones para las diferentes escalas de análisis

La identificación de corredores se deberá realizar a la escala y el nivel de resolución adecuados a la escala de análisis.

Prescripciones metodológicas

Existencia previa de documentos que identifican corredores ecológicos

En casos en que ya existe una identificación de corredores ecológicos para el territorio que se va a estudiar, ésta podrá ser utilizada siempre y cuando:

- El ámbito espacial para el cual se identificaron los corredores ecológicos sea igual o superior al establecido para analizar el plan, programa o proyecto.
- La escala cartográfica a la cual se realizó originalmente el trabajo, y los datos utilizados como base en el mismo, sean adecuados por su precisión y grado de actualización.
- Los objetivos de conservación (hábitats, especies) utilizados en la identificación original de los corredores sean suficientes para asegurar el cumplimiento de los objetivos que se hayan establecido específicamente para la evaluación del plan, programa o proyecto.
- Los métodos utilizados para identificar los corredores ecológicos sean formales y técnicamente correctos, y puedan ser puestos a disposición del público.

Caso de que una o varias de las condiciones anteriores no se cumplan, será posible completar el estudio existente con los análisis pertinentes, si esta aproximación resulta más

sencilla que realizar un estudio completo. En todo caso, será necesario justificar que la utilización de una red de corredores definida con anterioridad se ajusta a los criterios recién mencionados.

Identificación previa de corredores ecológicos no disponible

En caso de que no se disponga de una red de corredores ecológicos ya identificada, o de que ésta no sea utilizable, será necesario realizar un estudio específico de identificación de corredores ecológicos acorde con los objetivos y escalas del plan, programa o proyecto.

La metodología básica para identificar una red de corredores ecológicos se presenta en la Figura 3.13 y consta de tres pasos básicos:

- A partir de los mapas de idoneidad de los hábitats, calcular los mapas de resistencia del territorio a la dispersión de la fauna. Estos mapas de resistencia se obtienen asignando a cada píxel del territorio un valor de resistencia a los desplazamientos del grupo biológico que se esté considerando, según las categorías de los factores de hábitat que presente dicho píxel; se definen matrices, con valores de resistencia para cada categoría de los factores considerados (ver ejemplo de matriz en la Tabla 3.5 y de mapa de resistencia en la Figura 3.14).
- A partir de los mapas de resistencia se puede calcular cual será la ruta entre dos puntos dados del territorio que acumulará una menor resistencia. Se pueden obtener, así, las rutas de mínimo coste de desplazamiento entre dos puntos para cada especie (ver ejemplo en Figura 3.15). Se asume que las rutas de mínimo coste serán las rutas utilizadas para cada especie para sus desplazamientos y, en este sentido, se asimilan a los corredores. De esta manera, a partir de las rutas de mínimo coste de desplazamiento (mapas de coste acumulado), se pueden identificar los corredores ecológicos adecuados.
- Integrar los diversos corredores individuales en forma de corredores ecológicos.

En el Anexo VI se encuentra una descripción detallada de este procedimiento.

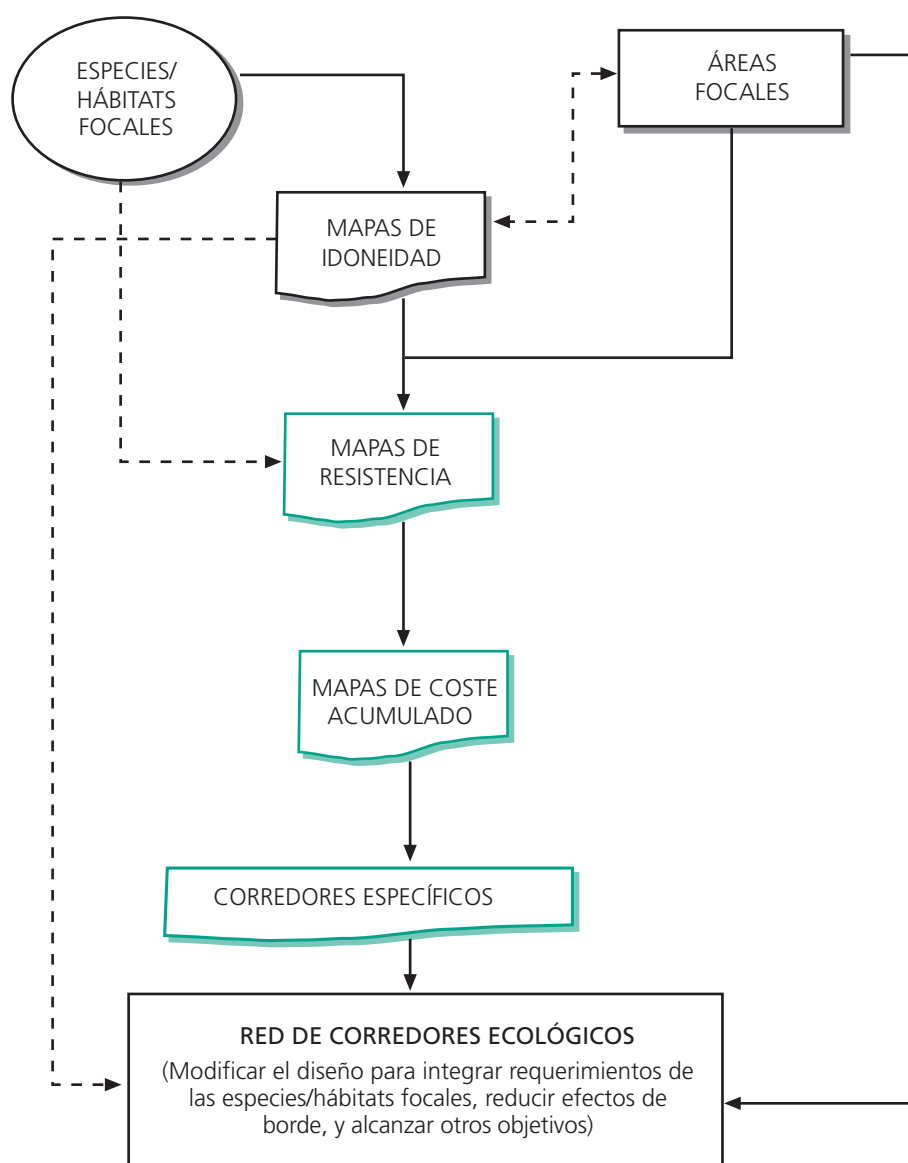


Figura 3.13. Procedimiento general para la identificación de corredores ecológicos. El procedimiento específico para dicha identificación se representa en color verde (más detalles en Anexo VI). La información básica de partida sobre las áreas, especies y/o hábitats focales, en color negro, procede de fases previas, así como los mapas de idoneidad.

Tabla 3.5. Ejemplo de matriz de resistencias utilizada como base para elaborar el mapa de resistencias en un caso de estudio de aves forestales en la provincia de Barcelona. Fuente: Brotons *et al.* (2004).

Uso del suelo	Resistencia base	Dispersión	Tipo de hábitat	Interpretación ecológica
Caducifolios	1	Óptima	Forestal	Estructura vegetal compleja
Coníferas	2	Óptima	Forestal	Estructura vegetal compleja (en la mayoría de casos)
Esclerófilos	5	Sub-óptima	Forestal	Estructura forestal simple
Frutales de secano	20	Sub-óptima	Agrícola	Presencia de elementos arbóreos abundantes
Matorrales y prados	20	Sub-óptima	Arbustivo	Presencia de elementos arbóreos abundantes
Zonas quemadas	20	Sub-óptima	Arbustivo	Presencia de elementos arbóreos abundantes
Viñedos	25	Sub-óptima	Agrícola	Presencia de elementos arbustivos
Frutales de regadío	30	Sub-óptima	Agrícola	Presencia de elementos arbóreos abundantes (actividad intensiva)
Vegetación de humedales	40	Baja	Abierto	Falta de elementos arbóreos
Urbanizaciones	40	Baja	Humanizado	Falta de elementos arbóreos
Cultivos herbáceos de secano	70	Mala	Agrícola	Falta de elementos arbóreos
Cultivos herbáceos de regadío	70	Mala	Agrícola	Falta de elementos arbóreos (actividad humana intensiva)
Prados supraforestales	80	Mala	Abierto	Falta total de elementos arbóreos
Agua continental	150	Muy baja	Acuático	Falta total de elementos arbóreos
Suelos desnudos	150	Muy baja	Abierto	Falta total de elementos arbóreos
Arenales y playas	150	Muy baja	Abierto	Falta total de elementos arbóreos
Infraestructuras	150	Muy baja	Humanizado	Falta total de elementos arbóreos (actividad humana intensiva)
Núcleos urbanos	200	Casi nula	Humanizado	Falta de elementos arbóreos (actividad humana intensiva)
Zonas industriales	200	Casi nula	Humanizado	Falta de elementos arbóreos (actividad humana intensiva)
Agua marina	Sin datos	Nula	Acuático	Falta total de elementos arbóreos

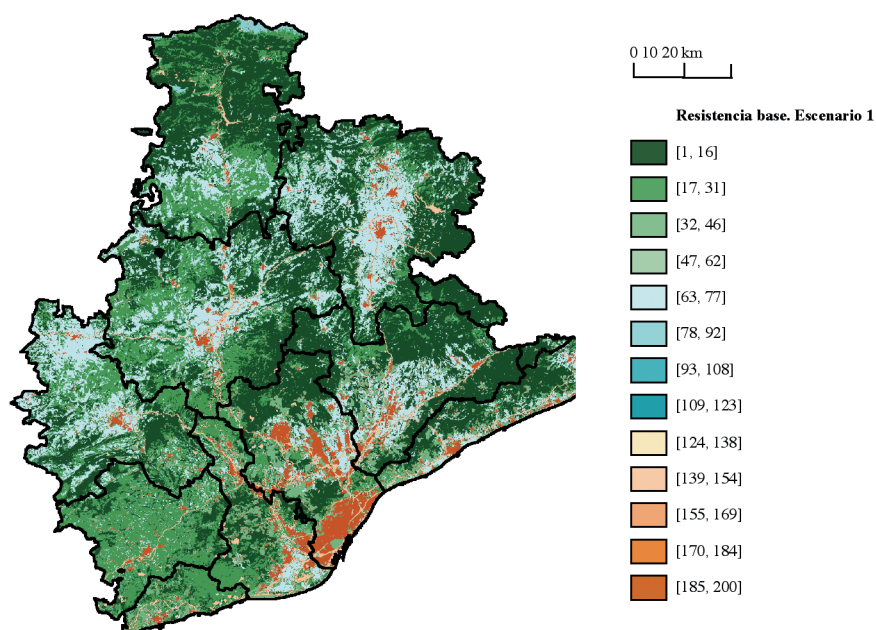


Figura 3.14. Mapa de resistencias elaborado a partir de la matriz de resistencias presentada en la Tabla 3.5 (atendiendo únicamente a usos del suelo), en un caso de estudio de aves forestales para toda la provincia de Barcelona. Los colores verdes corresponden a resistencia mínimas y los rosados y marrones a resistencias progresivamente mayores. Fuente: Brotons *et al.* (2004), elaborado en el marco del Sistema de Información Territorial de la Red de Espacios Libres (SITxell) de la Diputación de Barcelona <http://www.diba.cat>

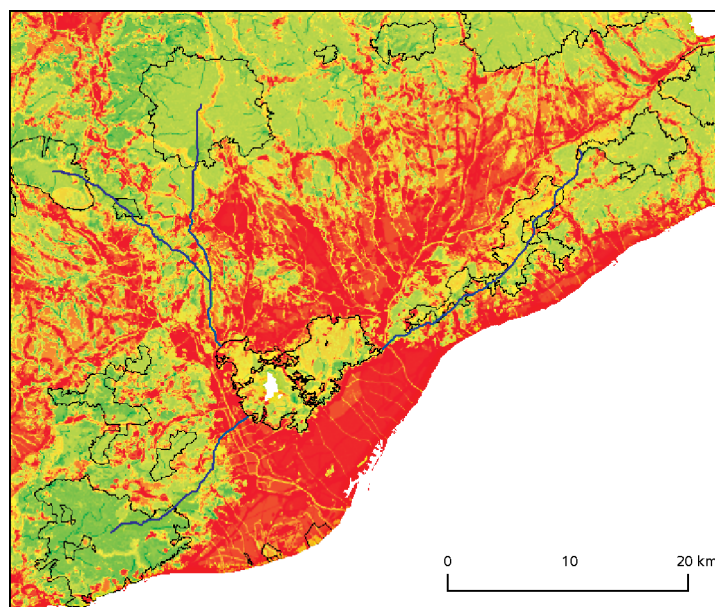
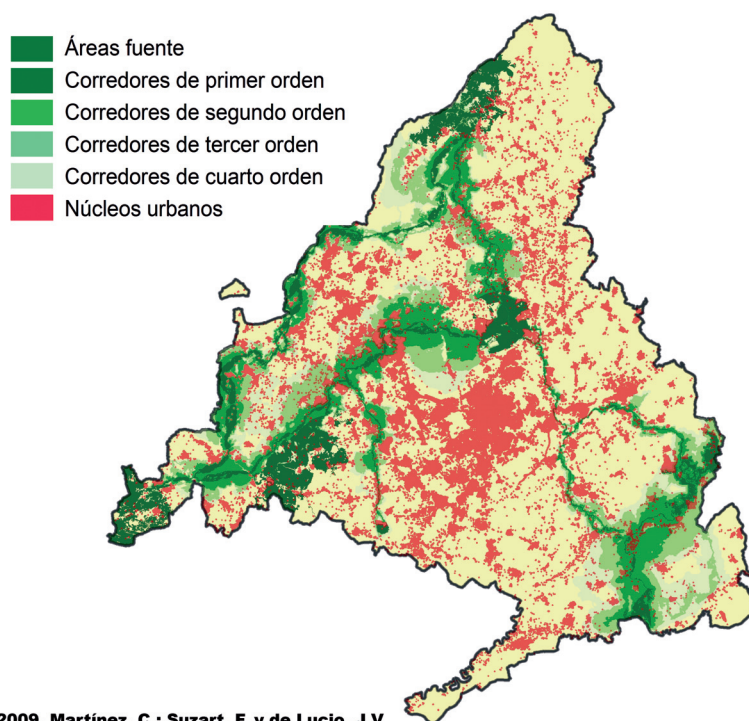


Figura 3.15. Recorridos de mínimo coste (en azul) desde el Parque de Collserola hacia los espacios protegidos de Sant Llorenç del Munt i l'Obac, Montnegre i el Corredor, Montserrat i Garraf (delimitados con una línea negra), obtenidos en un estudio para mamíferos carnívoros y ungulados en toda la provincia de Barcelona. Fuente: Minuartia (2005), elaborado en el marco del Sistema de Información Territorial de la Red de Espacios Libres (SITxell) de la Diputación de Barcelona <http://www.diba.cat>

Propuesta preliminar de Corredores de la Comunidad de Madrid

© 2009. Martínez, C.; Suzart, F. y de Lucio, J.V
Dpto. Ecología Universidad de Alcalá

Figura 3.16. Ejemplo de corredores identificados para la Comunidad de Madrid, obtenidos aplicando modelos de distancias de coste para definir los corredores entre las principales áreas naturales de la Comunidad, identificadas aquí como áreas fuente. Fuente: Martínez *et al.* 2009.

Fase de aplicación

Fase de EAPP a escalas superiores a 1:1.000.000. Fase de EIA.

Objetivo prescriptivo

Disponer de una valoración objetiva de los potenciales niveles de conectividad de hábitats provistos por una red de corredores ecológicos y de los problemas existentes en los mismos.

Indicaciones para las diferentes escalas de análisis

No se plantean diferencias sustanciales entre escalas de análisis, más allá de las lógicas consideraciones de escala y resolución de los datos de partida y los modelos, que condicionan en último término los corredores ecológicos identificados.

Orientaciones metodológicas

Para efectuar la valoración se emplearán metodologías transparentes para contrastar:

- Cómo quedan cubiertos los objetivos de conservación por los corredores ecológicos identificados previamente en el territorio o identificados expresamente para la ocasión.
- La calidad intrínseca de los corredores ecológicos.

En la medida de lo posible, estas valoraciones se fundamentarán en el análisis de datos contrastables, realizándose comprobaciones en campo si es preciso.

Evaluación del cumplimiento de los objetivos de conservación

En primer lugar, sería necesario evaluar y exponer de modo sintético cómo quedan cubiertas las necesidades de conservación de la conectividad del territorio, definidas en las primeras fases del diagnóstico del estado actual (Ficha 2), con los corredores ecológicos que se hayan definido. Este paso resultará clave en el caso de que se disponga de una red de corredores ecológicos definida previamente, ya que si no se dispone de corredores identificados expresamente para la evaluación del plan, programa o proyecto concreto, el procedimiento de selección de áreas focales debe asegurar la adecuada representación final de los objetivos de conservación.

En todo caso, convendrá mostrar (p.ej. en una tabla) cuál es el nivel de vinculación y dependencia de los diferentes objetivos de conservación respecto de los distintos corredores ecológicos identificados en el territorio. Un

objetivo prioritario de esta tarea es la detección de posibles objetivos de conservación no cubiertos adecuadamente y la existencia de redundancias entre corredores ecológicos.

Evaluación de la calidad de los corredores

El segundo nivel de valoración que debería cubrirse es el referido a la idoneidad de los corredores ecológicos identificados. Existen diversas técnicas para contrastar la potencial funcionalidad, desde la perspectiva de la conectividad, de los corredores ecológicos, siendo conveniente conocer:

- La calidad intrínseca de los corredores ecológicos para las especies o hábitats focales. Ya que los procedimientos de identificación de corredores ecológicos detectan los mejores caminos posibles, pero éstos pueden ser poco óptimos (a pesar de ser los mejores), se debe valorar y exponer el estado de los hábitats que forman el corredor ecológico mediante variables objetivas (p.ej. porcentaje de cobertura de bosque maduro en un corredor para especies focales forestales, valores del índice de idoneidad...).
- La existencia de estrechamientos o “cuellos de botella” en los corredores ecológicos, es decir, sectores en los que se incumpla la regla establecida de anchura mínima de los mismos (Figura 3.17).
- La existencia de tramos de gran longitud en los corredores ecológicos sin hábitat abundante para las especies focales (Figura 3.18).

En el Anexo VII se describen sucintamente técnicas para valorar estos tres puntos en el caso de corredores identificados expresamente para el plan, programa o proyecto evaluado. En caso de disponer de redes de corredores definidas con anterioridad, la valoración debería cubrir los mismos aspectos, si bien la aproximación más apropiada dependerá de la información disponible del proceso original de identificación de corredores y de las circunstancias propias de cada situación (p.ej. especies focales, cartografías disponibles...). En cualquiera de los casos, puede ser necesario completar la información disponible mediante el trabajo de campo, principalmente destinado a contrastar directamente las situaciones más conflictivas (p.ej. cuellos de botella).

La información manejada en la evaluación de la idoneidad de los corredores y sus principales conclusiones deben quedar reflejadas en tablas y gráficos sintéticos que justifiquen las decisiones tomadas, y que serán útiles para la valoración de efectos de fragmentación del plan, programa o proyecto.

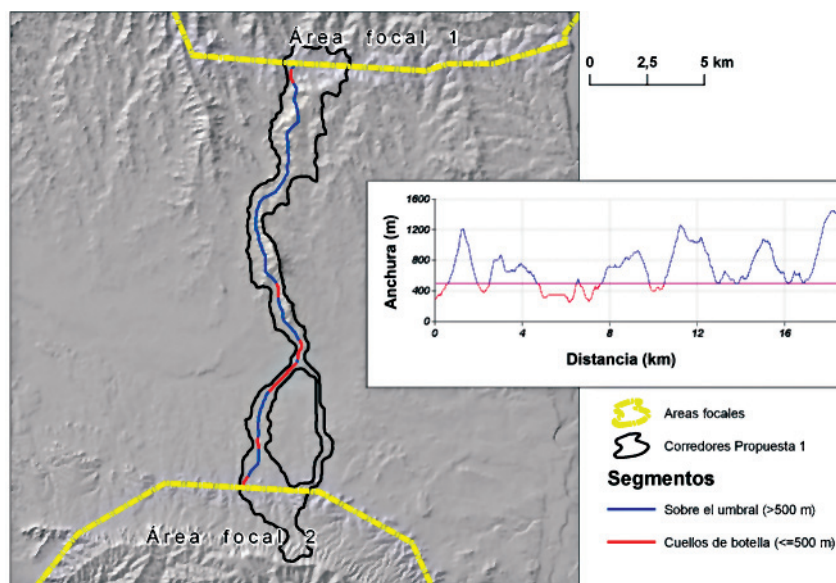


Figura 3.17. Resultado del análisis de cuellos de botella (en rojo) en un corredor. Se muestra un ejemplo en el que la anchura mínima establecida fuera 500 m. Ver explicaciones en Anexo VII. Elaborado con CorredorDesign. Fuente: TEG-UAM/SECIM.

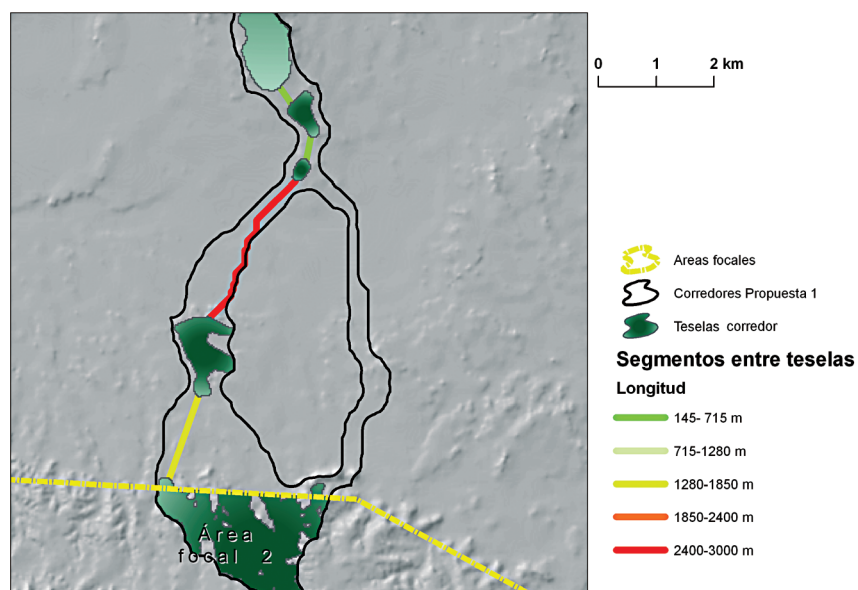


Figura 3.18. Ejemplo del análisis de proximidad de teselas de hábitat adecuado a lo largo de un corredor ecológico. Algunos tramos del corredor (en rojo y amarillo) presentan distancias muy largas entre hábitats adecuados para alojar a la especie focal durante un periodo de tiempo más o menos extenso (ver explicaciones en Anexo VII). Elaborado con CorredorDesign. Fuente: TEG-UAM/SECIM.

Fase de aplicación

Fase de EAPP a escalas superiores a 1:1.000.000. Fase de EIA.

Objetivo prescriptivo

Clasificar el ámbito de estudio en función de su valor e interés para reducir o evitar la fragmentación de hábitats.

Indicaciones para las diferentes escalas de análisis

La clasificación propuesta es aplicable independientemente de la escala de trabajo.

Prescripciones metodológicas

Se establecerán las siguientes categorías:

- Zonas de máximo interés.
- Zonas de alto valor.
- Zonas de menor valor.

Zonas del máximo interés

Se clasificaran como de máximo interés todas las zonas definidas como área focal, y todas las superficies identificadas como corredores ecológicos de importancia para especies amenazadas o de particular interés identificadas a escala local o regional. En aquellos casos en que el análisis de conectividad haya mostrado un alto grado de redundancia entre los corredores ecológicos recién mencionados, se podrá incluir en esta categoría una sub-muestra de ellos, que en todos los casos deberá:

- Asegurar la permanencia de un nivel de conectividad de hábitats suficiente para el mantenimiento a largo plazo de todos los objetivos de conservación identificados.
- Respetar en todos los tramos de los corredores clasificados parcialmente en esta categoría una amplitud suficiente. Esto es, no se podrá excluir de la definición de zona de máximo interés partes de un corredor si ello conlleva que la anchura del corredor resultante sea inferior en ese punto a aquella que resulte razonable para mantener una adecuada conexión de las áreas focales que conecta.

Las zonas de máximo interés que se definan:

- Se entenderán incluidas, a los efectos del establecimiento de medidas correctoras del efecto barrera, en tramos de "interés alto" para la conectividad ecológica en cuanto a la densidad y tipo de estructuras útiles

como pasos de fauna (ver pp. 24-25 del Documento 1 de esta serie).

- Serán consideradas en el Programa de Vigilancia Ambiental como de valor extraordinario, merecedoras de seguimientos de carácter "avanzado, y potencialmente con seguimientos ecológicos particulares" (ver pp. 38-39 del Documento 2 de esta serie).

Aunque las zonas incluidas en este tipo no se encuentran en su totalidad exentas de la posible afección por una infraestructura, las actuaciones deberán atenerse a lo que disponga la legislación y sus instrumentos de planificación, gestión, conservación y recuperación correspondientes. En todo caso, la decisión de aceptar afecciones sobre zonas de máximo interés deberá tomarse:

- De modo individual, caso por caso.
- En función de los condicionantes particulares de tipo natural, y siempre basada en estudios de detalle que evalúen el nivel de afección generada sobre el particular, y las posibilidades de restauración o reposición.
- Atendiendo a la situación legal que confluya en el mismo (por ejemplo, espacio incluido en la Red Natura 2000) y a la posibilidad de cumplir con los requerimientos establecidos para el caso.

Zonas de alto valor

Las zonas de alto valor incluirán todas las áreas que contengan hábitats de interés por su biodiversidad y/o grado de naturalidad, pero que no se hayan identificado como áreas focales, así como las áreas identificadas como corredores ecológicos que no hayan sido incluidas en la categoría anterior.

Estas zonas:

- En relación con la construcción y vigilancia ambiental de las medidas correctoras del efecto barrera, deberán estar provistas de una gran densidad de pasos por su "alto interés" de conservación, si bien las tipologías elegidas corresponderán a las definidas como de "interés medio" en el Documento 1 de esta serie (pp. 24-25).
- En cuanto a los Programas de Vigilancia Ambiental a aplicar, serán merecedoras de seguimientos de tipo "avanzado" (pp. 38-39 del Documento 2 de esta serie).

Zonas de menor valor

Las zonas de menor valor ocuparán el resto del territorio, tratándose de zonas en las que el nivel de transformación de los hábitats por motivos antrópicos lleva a que no existan elementos prioritarios de conservación frente a la fragmentación de hábitats. Para estas zonas será suficiente que:

- Se consideren como de interés “bajo” de acuerdo con lo que se indica en las páginas 24-25 del Documento 1 de esta serie.
- Sean tratadas en el Programa de Vigilancia Ambiental con el seguimiento “básico”, de acuerdo con lo que se indica en el Documento 2 de esta serie (pp. 38-39).

Ello no quiere decir que sean zonas en las que se pueden realizar actividades sin prestar atención a

las cuestiones ambientales. En cualquier caso, estas zonas podrán ser objeto de medidas específicas de conservación relacionadas con otras características (naturales, históricas, sociales...) de las mismas.

Las correspondencias entre las indicaciones de los distintos documentos de prescripciones técnicas se presentan en la Tabla 3.6.

Tabla 3.6. Correspondencia entre la tipología de zonas a considerar frente a la fragmentación de hábitats y el tratamiento que deberán tener en relación con el diseño de pasos de fauna y vallados perimetrales (Documento 1 de esta serie) y con el seguimiento y evaluación de medidas correctoras del efecto barrera (Documento 2 de esta serie).

Prescripciones técnicas. Documento 3 Interés para reducir la fragmentación en fases de planificación y trazado	Prescripciones técnicas. Documento 1 Diseño de pasos de fauna y vallados perimetrales	Prescripciones técnicas. Documento 2 Seguimiento y evaluación de medidas
Zona de máximo interés	Interés alto	Seguimiento avanzado y potencialmente con seguimientos particulares
Zona de alto valor	Interés medio	Seguimiento avanzado
Zona de menor valor	Interés bajo	Seguimiento básico



Fase de aplicación

Fase de EAPP a escalas superiores a 1:1.000.000. Fase de EIA.

Objetivo prescriptivo

- Identificar los tramos de conflicto y los puntos críticos en que las alternativas evaluadas pueden generar efectos relevantes en relación con la conectividad de los hábitats.
- Realizar una valoración de la fragmentación asociada a las alternativas evaluadas.

Indicaciones para las diferentes escalas de análisis

El procedimiento para la identificación de tramos de conflicto no presenta diferencias destacables entre escalas de trabajo, si bien los análisis contendrán un grado de incertidumbre asociado a la misma. Por el contrario, la valoración de los efectos de la fragmentación presenta peculiaridades propias de la escala de trabajo y el procedimiento de evaluación (EAPP o EIA), que se resumen en:

- El procedimiento de EIA establece de manera detallada cómo valorar y calificar los impactos e indica específicamente la necesidad de eliminar aquellas acciones de los proyectos que generen afecciones permanentes e irreversibles a la calidad ambiental si éstas son superiores a umbrales tolerables.
- El procedimiento de EAPP pone especial énfasis en la evaluación de los efectos secundarios, acumulativos y sinérgicos de las actuaciones que contiene un plan o programa y, aunque no detalla cómo valorar los impactos, establece que la selección de alternativas debe atender al resultado de la evaluación de los mismos.
- La escala de trabajo condiciona la precisión de todas las estimaciones, lo que se refleja en la fiabilidad de las predicciones de modo que:
 - A la escala de potenciales actuaciones (1:500.000 a 1:200.000) los efectos evaluados serán aproximados en todos los casos, siendo su ocurrencia segura en el caso de afecciones directas (cruce de áreas focales y corredores ecológicos) y sólo probable en el caso de indirectas.
 - En el caso de los corredores de trazado, a escalas próximas a 1:50.000, las estimaciones son aproximadas, pero la detección de efectos directos e indirectos puede considerarse segura o de elevada probabilidad respectivamente.
 - En la selección de alternativas a escalas 1:10.000 o superiores las predicciones de los efectos son muy fiables en cuanto a extensión y probabilidad de ocurrencia.

A escalas pequeñas puede ser difícil definir el ámbito de los tramos de conflicto, que puede ser además más extenso, por lo que puede ser apropiado hablar de zonas de conflicto.

Prescripciones metodológicas

El análisis de la fragmentación que se describe permite la evaluación de alternativas mediante la aplicación del mismo a cada una de ellas. En todo caso, el estado actual a describir (alternativa 0 en el caso de EAPP) puede ser comparado con las diversas alternativas a evaluar.

En algunos casos, el análisis con SIG será suficiente para descartar algunas de las alternativas (especialmente a escalas menores), mientras que en otros casos se hará necesario completarlo con trabajo de campo e informaciones complementarias no disponibles en formato de SIG.

Identificación de tramos de conflicto y puntos críticos

Los tramos de conflicto corresponderían a aquellos en los que se generan impactos notables (de forma similar a como se usa esta expresión en la terminología de la EIA), que como tales hay que introducir en las valoraciones de impactos individuales y la selección de alternativas.

Los puntos críticos corresponden a aquellos tramos de conflicto en los que el impacto generado supera los umbrales admisibles y es irreversible, por lo que procede sustituir o eliminar la acción que lo genera⁴. Por tanto, puntos críticos serían aquellos en los que la afección se considere de un nivel suficiente como para modificar o descartar la alternativa.

La identificación de los tramos de conflicto se realizará mediante la superposición de la información geográfica correspondiente a las alternativas del plan, programa o proyecto con la relativa a la tipología de áreas del ámbito de estudio. De esta manera rápida y sencilla, se determinarán los tramos de conflicto desde el punto de vista de la fragmentación, que serán:

- Áreas focales atravesadas por infraestructuras.
- Corredores ecológicos afectados directa o indirectamente por las infraestructuras. En éstos se incluirán los estribaciones, para los que será de especial trascendencia comprobar si coinciden o no con tramos de conflicto.

⁴ La expresión "punto crítico" se utiliza aquí de forma paralela a como se utiliza en la terminología de la evaluación de impacto ambiental y de forma complementaria a la utilización de la expresión "tramo de conflicto". Sin embargo la expresión "punto crítico" se utiliza habitualmente en fragmentación de hábitats para designar un lugar de interés para la conectividad ecológica donde se concentran los efectos negativos de la presión urbana y de las infraestructuras, hasta el punto de limitar en gran medida, o impedir, la función conectiva.

La Figura 3.19 y la Figura 3.20 muestran ejemplos de identificación de los tramos de conflicto por fragmentación de hábitats generada por una red de infraestructuras.

Valoración de las alternativas

Los procedimientos y escalas de valoración serán similares a los que se utilicen para los demás factores (ambientales, sociales...) incluidos en la evaluación de impactos del Informe de Sostenibilidad Ambiental o del Estudio de Impacto Ambiental, y en todo caso se incluirá la evaluación de la alternativa 0 en el caso de EAPP.

Teniendo en cuenta que la perturbación por las infraestructuras de transporte genera una banda de afección de distintos procesos ecológicos a cada lado de la misma de entre 100 y 500 m, en la evaluación de los efectos indirectos se utilizarán como referencia estos dos límites de afección para el cálculo de indicadores⁵:

- Una banda de afección severa en los primeros 100 m a partir del borde externo de ocupación del proyecto.
- Una banda de afección intermedia que englobe el área ocupada entre 100 y 500 m.

En la identificación de tramos de conflicto y la valoración de la afección se debe considerar las especies presentes en la zona que pueden ser afectadas y cómo. En concreto, en los casos en que existan evidencias de que la banda de afección puede ser superior, se aplicará el límite correspondiente. Existen datos que indican que algunas especies se retiran 1 km o más de las infraestructuras, como es el caso de algunas aves (ver por ejemplo Forman *et al.* 2002).

La valoración se efectuará a partir de:

- Tipo de área afectada e intensidad de la afección.
- Tipología de las actuaciones que generan la afección.
- Número y superficie de las afecciones.
- Características propias de las áreas de interés afectadas.

Tipo de zona afectada e intensidad de la afección

La gravedad de los efectos de fragmentación de hábitats se evaluará de forma justificada atendiendo en primer lugar al tipo de zona afectada. Idealmente, las actuaciones previstas sólo deberían afectar a las zonas identificadas como de menor valor, por lo que:

⁵ La mayor parte de los estudios sobre efecto borde de perturbaciones muestran efectos entre 100 y 500 m para diferentes parámetros (tanto físicos como en relación a dinámica de poblaciones animales o procesos ecológicos). Información sobre esta tema aparece por ejemplo en Hunter (1996) y Meffe & Carroll (1997).

- En general, la afección directa o indirecta a las zonas de máximo interés debe tomarse como criterio para modificar o descartar las alternativas que las generen, y de modo particular si se prevé que las afecciones tendrán un carácter irreversible. Hay que tener en cuenta que este tipo de afecciones corresponderían a la categoría de impactos críticos establecidos por la legislación de Evaluación de Impacto Ambiental. Por ello, en todos los casos en que aparezcan afecciones a zonas del máximo interés será necesario realizar una evaluación detallada de los efectos previsibles, teniendo en cuenta las indicaciones que emanen del proceso de consultas previas. Esta evaluación detallada:

- Debe contar con fuentes de datos y cartografías complementarias a las utilizadas inicialmente en el análisis con cubiertas de SIG y con frecuencia deberá contar con estudios de ámbito local o regional (según la escala de análisis).
- Cuando se esté trabajando a escalas superiores a 1:50.000, debe completarse con trabajo de campo (ver Ficha 1) que permita:
 - Contrastar la validez de los análisis con SIG.
 - Completar la información disponible y verificarla cuando ello sea posible.

- La intensidad de las afecciones directas e indirectas a las zonas de alto valor debe utilizarse como criterio a la hora de realizar la evaluación de impactos de las alternativas manejadas. En estos casos se utilizará el indicador que se considere oportuno en cada situación (número de afecciones, superficie de ocupación, poblaciones afectadas...) a fin de integrar la valoración con las provenientes de otros apartados de la evaluación de impactos.

Tipología de las actuaciones que generan la afección

Se asociarán mayores niveles de impacto a las vías valladas y de gran capacidad, y valores menores a las vías no valladas. En este caso, como segundo factor a considerar se utilizará la intensidad de tráfico prevista para la que se diseñen (ver Tabla 3.7). Además, se atenderá al tipo de actuación previsto, valorando en una escala decreciente las afecciones asociadas a la construcción de nuevas infraestructuras, las duplicaciones y ampliaciones de gran magnitud, y otro tipo de mejoras o adecuaciones.

Tabla 3.7. Relación entre la intensidad del tráfico y el efecto barrera en los mamíferos. Adaptado a partir de Luell *et al.* (2005).

Tipo de carretera	Permeabilidad
Carreteras con un tráfico inferior a 1.000 vehículos/día	Alta
Carreteras con un tráfico entre 1.000 y 4.000 vehículos/día	Media
Carreteras con un tráfico entre 4.000 y 10.000 vehículos/día	Baja
Carreteras con un tráfico superior a 10.000 vehículos/día	Impermeable

Número y superficie de las afecciones generadas por las infraestructuras

Se evaluarán atendiendo prioritariamente a las afecciones directas, pero también a las indirectas. Se calcularán las superficies afectadas, la longitud de los tramos y las superficies de las zonas de máximo interés y de alto valor afectadas directamente por la propuesta de infraestructuras.

Características propias de las áreas de interés de conservación afectadas

Se valorará qué objetivos de conservación se verán afectados, y si en las zonas de afección concurren otras situaciones, como el tratarse de teselas de hábitat de especial interés para las especies o hábitats focales (p.ej., núcleos poblacionales potenciales), cuellos de botella o segmentos extensos de corredor entre teselas de hábitat idóneo.

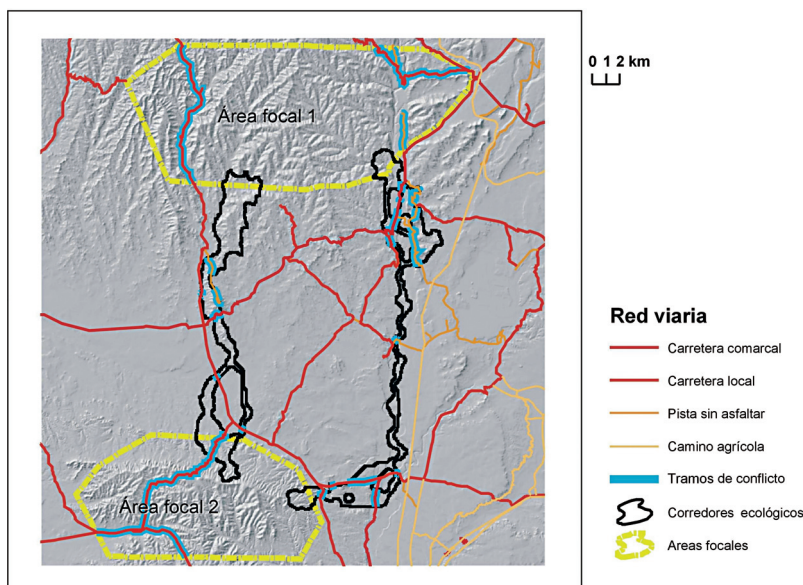


Figura 3.19. Identificación de tramos de conflicto entre la red viaria y las áreas de máximo interés de conservación de un territorio: áreas focales y corredores ecológicos. Las zonas de conflicto aparecen resaltadas en azul. Elaborado con CorredorDesign. Fuente: TEG-UAM/SECIM.

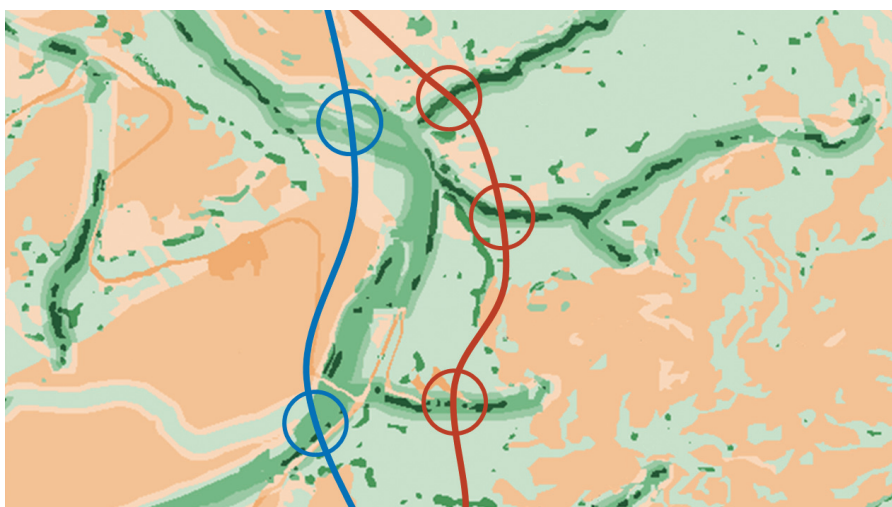


Figura 3.20. Comparación, mediante el modelo *Dispersa* (Rosell et al. 2003b), de las intersecciones de dos alternativas de trazado (roja y azul) con zonas de baja resistencia a la dispersión de la fauna que constituyen corredores ecológicos potenciales. Fuente: Minuartia.

Fase de aplicación

Fase de EAPP, para potenciales actuaciones, a escalas superiores a 1:1.000.000 e inferiores a 1:100.000, normalmente entre 1:500.000 y 1:200.000. Fase de EAPP o EIA, para corredores de trazado, a escalas entre 1:100.000 y 1:25.000, habitualmente a escala 1:50.000.

Objetivo prescriptivo

- Diseñar las alternativas de potenciales actuaciones a estas escalas de planificación de modo que se minimice su efecto sobre la fragmentación de hábitats, tanto en nuevas infraestructuras como en la mejora de las existentes.
- Delimitar corredores de trazado para una infraestructura, minimizando la fragmentación de hábitats que producirá la misma.

Prescripciones metodológicas

En la fase de definición de alternativas de potenciales actuaciones se debe minimizar el cruce u ocupación de las áreas de mayor interés desde el punto de vista de la fragmentación. Asimismo, la identificación de corredores de trazado habitualmente se basa en la exclusión de las áreas de baja capacidad de acogida por motivos ambientales, sociales o económicos (ver ejemplo en Figura 3.21). Por ello, el diseño de las alternativas debe:

- Evitar por completo las afecciones directas o indirectas de las zonas de máximo interés, excepto en aquellos casos en que se compruebe la imposibilidad de seguir esta norma. En general, la afección a zonas de máximo interés se entenderá que es razón suficiente para descartar la alternativa correspondiente y buscar una alternativa a la misma, incluyendo en todo caso la alternativa 0 en el procedimiento de EAPP (no ejecución de la planificación que se evalúa). Estas zonas deben ser clasificadas con el menor nivel de capacidad de acogida o la incapacidad total de acogida para el corredor de trazado.
- Excluir en la medida de lo posible la ocupación de zonas de valor alto, optando por aquellas alternativas que no las afecten o lo hagan mínimamente. Reducir en la medida de lo posible la afección indirecta a este tipo de zonas. Deben ser consideradas como de baja capacidad de acogida para el corredor de trazado y deben definirse restricciones para la implantación de la vía.
- Establecer las actuaciones únicamente en áreas identificadas como zonas de menor valor, siempre que ello sea factible; serán las zonas que acogerán prioritariamente a la infraestructura. Estas zonas serán tratadas como de capacidad de acogida alta para el corredor de trazado.

- Considerar la opción de ajustar la infraestructura a un corredor de infraestructuras ya existente o, si se están planificando o proyectando diversas vías en paralelo, concentrarlas en un único corredor de infraestructuras. Ver especificaciones para este caso en la Ficha 13.

Afectación de zonas de máximo interés

En los casos en que resulte inevitable afectar de forma directa o indirecta zonas de máximo interés será necesario:

- Replantear, en el propio proceso de evaluación, la idoneidad de:
 - Si se está en un proceso de EAPP: mantener el objetivo del plan o programa evaluado cuya consecución inevitablemente conlleva la afección a zonas de máximo interés, o bien optar por eliminar del plan o programa aquellas actuaciones responsables de dichas afecciones. Debe tenerse en cuenta que la eliminación de un objetivo puede ser completa (p.ej. la conexión por ferrocarril de una localidad) o sólo parcial (p.ej. cuando el objetivo era modernizar trazados y se descarta mejorar parte de uno de ellos).
 - Si se está en un proceso de EIA: eliminar en su conjunto el proyecto que no puede ser resuelto sin afectar zonas del máximo interés.
- Evaluar en la EAPP o EIA, con el nivel de detalle que sea necesario, las posibilidades existentes de asumir la generación de afecciones sobre zonas de máximo interés. Cualquier decisión de este tipo debe basarse en estudios detallados que permitan justificar su inevitabilidad y garantizar que no se va a superar un nivel tolerable de afección. Esta decisión debe tener siempre carácter excepcional, y se adoptará única y exclusivamente en el mínimo número de situaciones imprescindibles para asegurar la consecución de algunos objetivos irrenunciables que se establezcan desde las perspectivas económicas y sociales, pero sin menoscabo del principio de prevalencia de la planificación de recursos naturales sobre otras políticas sectoriales, establecido en la Ley del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad (42/2007). Un ejemplo paradigmático de este tipo puede verse en la Figura 3.22.
- Señalar de modo explícito las áreas de los corredores de trazado ubicadas dentro de zonas de máximo interés, ya que en ellas el diseño posterior de las alternativas de trazado se verá fuertemente condicionado (ver ejemplo en la Figura 3.22). Aunque la delimitación de corredores de trazado no conlleva realmente una definición técnica del proyecto, las restricciones a que

se verán sometidas las alternativas de trazado en ellas (Fichas 14 a 17) deben ser puestas en evidencia desde el primer momento, de modo que se asuman completamente en las fases posteriores de diseño de la infraestructura.

- Si se está en un proceso de EAPP:
 - Fijar las exigencias de evaluación requeridas para fases posteriores de planificación o proyecto.
 - Fijar, para los documentos subordinados del plan o programa, criterios y condiciones relativas a la corrección (medidas preventivas, correctoras y compensatorias) y el seguimiento de los efectos de fragmentación que se producirán si se da luz verde a las actuaciones previstas.

- Si se está en un proceso de EIA, establecer las medidas preventivas, correctoras y compensatorias, así como las de seguimiento necesarias que deberán desarrollarse en las fases posteriores del proceso.

Estas condiciones deben permitir una toma de decisión racional dentro del proceso de la EAPP, que asegure la coherencia entre los objetivos de la planificación de las diferentes políticas sectoriales, incluyendo la ambiental. En especial, la EAPP debe servir para optimizar la decisión última de asumir costes sociales o ambientales, potenciando la coordinación en la toma de decisiones para evitar tener que asumir posteriormente costes de mayor entidad (p.ej., si resulta necesario modificar una actuación ya ejecutada tras detectarse que no es posible actuar sobre otra infraestructura por las afecciones inasumibles que se producirían).



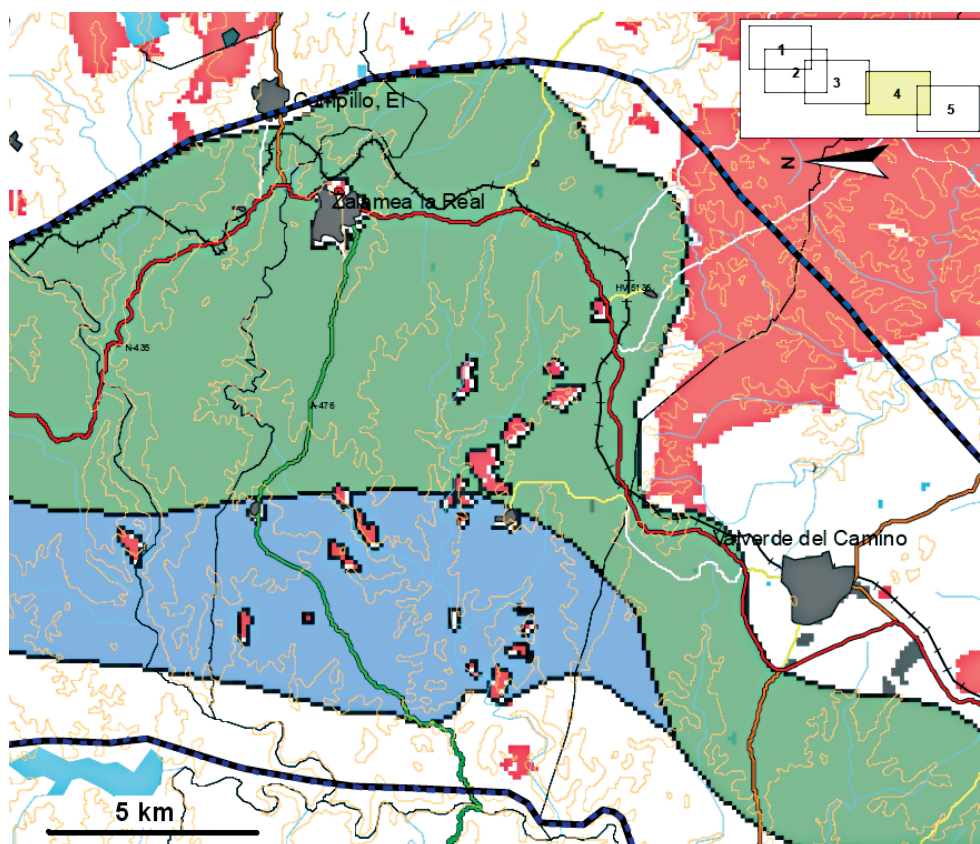


Figura 3.21. Delimitación inicial de corredores de trazado para la Autovía de la Plata en el área centro-norte de la provincia de Huelva. Los corredores de trazado, en verde y azul, se identifican evitando áreas de acogida baja o nula por motivos ambientales, sociales o económicos. La línea azul y negra representa el límite del área de estudio. En este ejemplo, se ha procedido a excluir, por una parte, las zonas urbanizadas (en gris) y por otra parte aquéllas sometidas a otro tipo de restricciones (en color salmón). Escala original: 1:100.000. Fuente: Ministerio de Fomento.

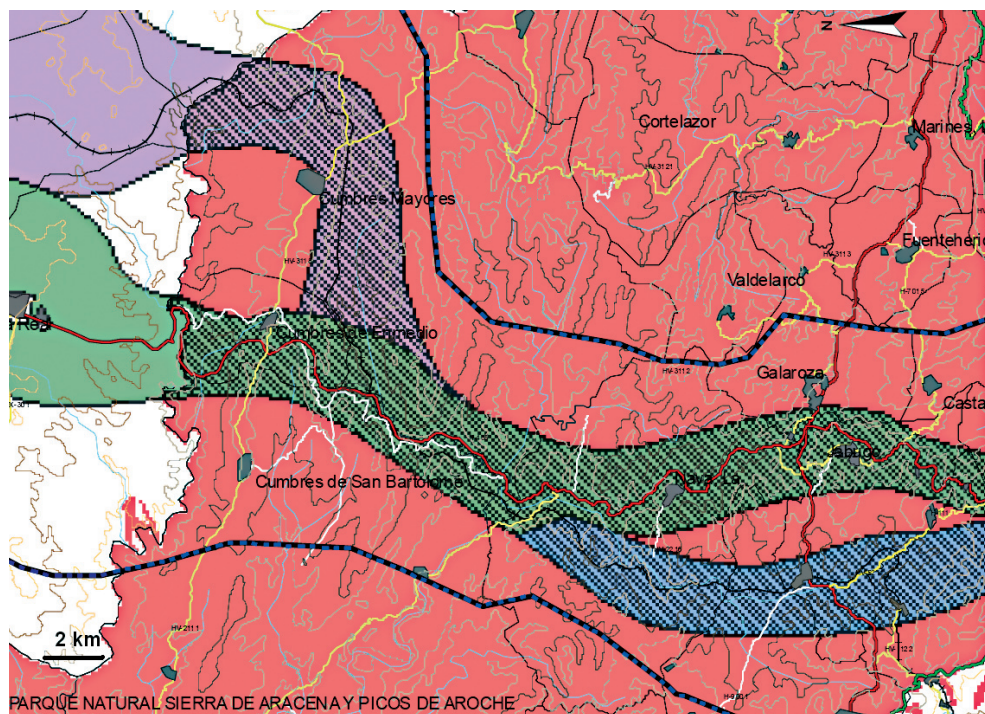


Figura 3.22. Delimitación inicial de corredores de trazado para la Autovía de la Plata en su cruce de Sierra Morena. La gran mancha de color salmón corresponde al Parque Natural de la Sierra de Aracena y Picos de Aroche. Resulta inevitable que cualquier corredor de trazado que conecte el occidente de Andalucía con Extremadura contenga un tramo de aproximadamente 25 km totalmente incluido en zonas de máximo interés, y en este caso correspondería a un área focal a no fragmentar por su condición de pertenencia a la Red Natura 2000. Escala original: 1:100.000. Fuente: Ministerio de Fomento.

Fase de aplicación

Fases de EAPP o EIA en las que los documentos, normalmente, se encuentran a escalas entre 1:500.000 y 1:200.000 (potenciales actuaciones), y alrededor de 1:50.000 (corredores de trazado).

Objetivo prescriptivo

Minimizar las afecciones de los planes, programas o proyectos de infraestructuras mediante la generación de corredores de infraestructuras para:

- Grupos de infraestructuras que pueden constituir un nuevo corredor de trazado.
- Nuevas infraestructuras que pueden ser incorporadas a un corredor de infraestructuras ya existente.

Orientaciones metodológicas

Se reconoce que para minimizar los efectos de fragmentación de hábitats es conveniente diseñar corredores de infraestructuras comunes para infraestructuras con trazados paralelos (sean éstas ferrocarriles y/o carreteras). La coordinación entre proyectos en estas situaciones resulta clave tanto por el ahorro que puede conllevar el análisis conjunto como por el hecho de que las características de detalle de las diferentes infraestructuras de un corredor pueden ser distintas, debiendo prestarse atención a este condicionante desde el inicio. Por este motivo, las decisiones de generar corredores de infraestructuras deben emanar desde los documentos de planificación de las redes de transporte, y su aprobación inicial someterse a un procedimiento de Evaluación Ambiental de Planes y Programas que establezca, además, las condiciones y criterios comunes que deberán guiar el desarrollo posterior de la planificación y el proyecto de las actuaciones en el corredor de infraestructuras.

Potenciales actuaciones

Con carácter general, en la definición de potenciales actuaciones se deberían seguir las siguientes indicaciones:

- En los planes o programas que prevean escenarios para diferentes tipos de infraestructuras (p.ej. ferrocarriles y carreteras), manejarlas en forma de escenarios conjuntos a fin de detectar en qué recorridos se pueden generar corredores de infraestructuras.
- En todos los casos en que sea posible, se debe dar prevalencia a la generación de corredores de infraestructuras, tanto si la planificación prevé una o varias infraestructuras nuevas coincidentes, como si se planifican simultáneamente varios tipos de actuaciones (p.ej. nueva línea férrea y mejora de carreteras en un corredor).

- Como primera opción, plantear la posibilidad de asociar cualquier nueva infraestructura a trazados ya existentes, a fin de minimizar la afección a áreas actualmente no fragmentadas por infraestructuras.
- En todos los casos, pero muy especialmente en las situaciones en que se planifiquen simultáneamente actuaciones que afecten a una carretera y una línea férrea en un corredor de infraestructuras (pre-existentes o de nueva construcción), establecer los mecanismos adecuados para coordinar la planificación de ambas. El objetivo es asegurar, desde el inicio y a lo largo de todo el proceso planificador de ambas, la búsqueda de una solución óptima y común aunque dependan de instrumentos de planificación independientes. Igualmente, se debe perseguir la coordinación máxima de las medidas correctoras.
- La opción de diseñar las potenciales actuaciones en forma de corredores de infraestructuras se evaluará, como mínimo, en todas las zonas del máximo interés o de alto valor, ya que las exigencias de planificación de las infraestructuras en forma de corredores serán de aplicación prioritaria en ellas.

Corredores de trazado

En el caso del diseño de corredores de trazado, se debería:

- Identificar y evaluar corredores de trazado correspondientes al conjunto de las infraestructuras en el caso de varias infraestructuras nuevas, atendiendo a la amplitud necesaria para incluir todas las infraestructuras y a la posible diferencia en las exigencias entre ellas (p.ej. necesidad de dar servicio directo a mayor número de poblaciones en el caso de carreteras que en el de ferrocarriles).
- En todos los casos incluir en el análisis como alternativas de corredor de trazado de nuevas infraestructuras aquellas opciones que correspondan al aprovechamiento de ejes ocupados por infraestructuras de transporte ya construidas.
- En los casos en que se prevea la imposibilidad de asociar tramos de la nueva infraestructura planificada al trazado de la ya existente (p.ej. en un sector de orografía difícil o de gran interés natural), se debería valorar la posibilidad de que a medio o largo plazo la infraestructura antigua sea desplazada al corredor generado por la nueva infraestructura. En esta situación (p.ej. si el incremento de tráfico hace prever la duplicación futura de la carretera), debería introducirse esta posibilidad entre los escenarios a evaluar y hacer las provisiones de espacio necesarias en el diseño del corredor de trazado. En caso de desplazamiento de la antigua infraestructura, se debe plantear la restauración del terreno donde se halla ésta. Además, si la

infraestructura dispone de puentes u obras de fábrica que le permiten el cruce de otras infraestructuras viarias que van a permanecer, se debe plantear la posible transformación de dichos puentes en ecoductos y de las obras de fábrica en pasos inferiores para la fauna.

- Se deben fijar mecanismos de coordinación para el posterior diseño de los proyectos de infraestructuras del corredor, y muy especialmente en las situaciones en que se planifiquen simultáneamente actuaciones en

carreteras y líneas férreas (pre-existentes o de nueva construcción). En concreto, debe prestarse atención a este punto en las actuaciones de permeabilización de las infraestructuras, con la finalidad de que la creación de pasos de fauna en una de las vías no quede invalidada por actuaciones no concordantes en otra.

Estas orientaciones deberían ser de aplicación en todo el territorio, y de forma particular allá donde los corredores de trazado coincidan con zonas de máximo interés o de alto valor.

Fase de aplicación

Fase de EIA, a escala 1:10.000 o superior.

Objetivo prescriptivo

Diseñar las alternativas de trazado de modo que se minimice la fragmentación de hábitats en el ámbito de la actuación.

Prescripciones metodológicas

A la escala de alternativa de trazado es posible conocer de modo bastante preciso la ubicación de la plataforma y los volúmenes de materiales (de préstamo o a depositar en vertedero) que va a generar una alternativa concreta. Por este motivo, tanto en el diseño de alternativas de trazado como en el proceso de selección entre ellas, deben primar los siguientes criterios:

- Evitar completamente la ocupación directa de las zonas de máximo interés.
- Reducir al mínimo la ocupación de zonas de alto valor.
- Distanciar la infraestructura respecto de las zonas de máximo interés y de alto valor a fin de minimizar los efectos indirectos de perturbación durante las fases de construcción y funcionamiento de la vía.
- Adaptar la infraestructura a la topografía local con el objetivo de minimizar el volumen de materiales a movilizar durante la obra y, con ello, reducir los efectos generados.

Orientaciones metodológicas

Orientaciones para casos de afección a áreas de máximo interés

a) Afección a áreas extensas

Las situaciones en que se diseñen infraestructuras que generen afecciones directas e indirectas en tramos de gran longitud (decenas de kilómetros) a zonas de máximo interés deberían ser excepcionalmente raras, por cuanto su aceptación en procesos de EAPP es difícil, y otro tanto puede decirse del procedimiento de EIA del proyecto en cuestión. No obstante, estas situaciones se pueden producir, y en tal caso será imposible aplicar los máximos niveles de protección en la totalidad de la superficie de afección.

En tales situaciones se recomienda asegurar:

- La aplicación de las máximas exigencias de adaptación ambiental del trazado, que sirvan para conseguir

una mínima afección, ya que los efectos de fragmentación pueden aparecer a partir de cualquier umbral de pérdida o fragmentación de hábitat. En las Fichas 15, 16, 17, 18 y 19 se presentan directrices para el diseño, ejecución y seguimiento de proyectos con mínima afección por fragmentación, que deberían aplicarse intensivamente en las áreas en que se pretenda minimizar la afección.

- La aplicación de dichas exigencias en tramos individuales de al menos 1.500-2.000 m de longitud, que se corresponde con la anchura deseable de corredores ecológicos con áreas libres de efecto borde.
- La repartición de estos tramos a lo largo de todo el área, de forma que se asegure el mantenimiento sin afección de los lugares de mayor interés y de una representación de los hábitats de diferentes tipos existentes en el área (p.ej., no se debería conservar los bosques de ladera y, por contra, afectar todas las riberas).

b) Afección a áreas no extensas

En los casos en que se diseñen infraestructuras que inevitablemente afecten a zonas de máximo interés, pero en tramos más reducidos que los referidos en el apartado anterior, se recomienda:

- En caso de tramos de hasta 1.500-2.000 m, aplicar las máximas exigencias de adaptación ambiental del trazado al 100% del área afectada.
- Cuando el área de afección sea de 2.000-6.000 m, aplicar dichas exigencias a un mínimo del 75-80% de trazado, con un porcentaje mayor cuanto más corto sea el tramo.
- En casos en que la afección sea de mayor longitud, aplicar las máximas exigencias en un mínimo del 50-75% del trazado, con un porcentaje mayor cuanto más corto sea el tramo, y seguir las indicaciones dadas para las afecciones extensas a zonas de máximo interés en cuanto a la adecuada distribución espacial de las áreas de aplicación.

Orientaciones para casos de afectación de zonas de alto valor

Cuando se prevea la ocupación de zonas de alto valor, se deberían utilizar las indicaciones previas de forma orientativa, pudiéndose disminuir el nivel de exigencia en función del caso concreto. Los criterios manejados para reducir los niveles de exigencia serán acordes con los motivos que llevaron a la no identificación de estas áreas como zonas del máximo interés, y se atenderá también a la presencia en las proximidades de otras partes del trazado en las que

sí se apliquen intensivamente medidas para reducir los efectos de fragmentación de hábitats.

Orientaciones para casos de afectación de zonas de menor valor

Dando prioridad a la consecución de los objetivos anteriores, en las zonas de menor valor se aplicarán los niveles más estrictos de protección que sean factibles. Es decir, la introducción de fuertes exigencias en parte de los tramos no conlleva la posibilidad de ejecutar actuaciones poco cuidadosas en el resto de los mismos.

Orientaciones para casos de duplicación de vías

Un caso particular son las autovías o autopistas construidas por duplicación de carreteras y las mejoras de plataformas de ferrocarril preexistentes. En estos casos existe una serie de consideraciones a tener en cuenta que son de aplicación a todo tipo de áreas, aunque con especial atención a las zonas de máximo interés y a las zonas de alto valor:

- En general, el aprovechamiento de la plataforma antigua reduce el volumen de obra, minimizando las afecciones del proyecto. Se trata de una alternativa deseable en la mayoría de los casos.
- No obstante, ello puede obligar en el caso de carreteras a disponer las calzadas separadas con un área interior aislada y sometida a fuerte perturbación, situación no deseable.
- Cuando se reutilice la plataforma antigua, se debe valorar la oportunidad de introducir modificaciones en la misma, como ampliaciones de las obras de drenaje, puentes, etc. que den continuidad a las de nueva construcción. Esta reutilización constituye una oportunidad para incrementar, ampliar o mejorar los pasos de fauna. En cualquier caso debe garantizarse la

funcionalidad de los pasos de fauna de la plataforma antigua y de la nueva calzada correspondiente a la duplicación.

- En ocasiones, es más fácil construir toda la infraestructura sobre una plataforma nueva, permitiendo la adopción de mejores estándares de construcción y el establecimiento de medidas correctoras más adecuadas. Esta opción puede permitir además desacoplar el trazado de la topografía local en ciertos puntos para aumentar la permeabilidad del mismo mediante la construcción de obras de paso amplias.
- En las situaciones en que se abandona la plataforma antigua, ésta debería ser eliminada y restaurado el entorno, no instalándose en ningún caso elementos auxiliares (p.ej., zonas de esparcimiento, estaciones de servicio) si se trata de áreas de máximo interés o de alto valor. Esta indicación debe ser especialmente atendida cuando en la nueva infraestructura se dispongan medidas de reposición de la permeabilidad (p.ej., un ecoducto).

Por último, la permanencia de tramos en funcionamiento de la carretera preexistente en paralelo con la nueva autovía es desaconsejable en general, si bien puede ser la única solución posible para facilitar el acceso a las propiedades colindantes. En estos casos se tendrían que identificar posibles actuaciones de mejora de la permeabilidad de la carretera preexistente (o de reducción de impactos, como pueden ser los atropellos de animales), así como analizar cómo la nueva carretera puede presentar efectos sinérgicos con la preexistente e incrementar la fragmentación originada por esta. Habría que aplicar las medidas correctoras necesarias también en la carretera preexistente; muchas veces las intervenciones en ésta podrían ser planteadas como medidas compensatorias asociadas a la construcción de la nueva carretera.



Fase de aplicación

Fase de EIA, a escala 1:10.000 o superior.

Objetivo Prescriptivo

Diseñar las alternativas de trazado en los corredores de infraestructuras de modo que se minimice la fragmentación de hábitats.

Prescripciones metodológicas

El diseño de corredores de infraestructuras con la escala de concreción de las alternativas de trazado, sean éstas del mismo tipo o carreteras y ferrocarriles, debe tender a:

- La aproximación máxima posible entre infraestructuras.
- El diseño simultáneo y coordinado entre las infraestructuras.
- La coordinación de las medidas correctoras.

Orientaciones metodológicas

Orientaciones generales

Con objeto de minimizar el área de afección indirecta de las infraestructuras y la fragmentación de hábitats que conlleva, en los corredores de infraestructuras se debería:

- Mantener la distancia mínima posible entre infraestructuras en toda la longitud del trazado paralelo en que ello sea factible, independientemente del tipo de zona (máximo interés, alto valor, menor valor) que se atraviese. En una situación ideal se deberían hacer coincidir los límites de sus respectivas expropiaciones de dominio público, sin dejar espacio libre entre ellas más allá del imprescindible para las tareas de mantenimiento o para futuras actuaciones en la propia infraestructura. El área entre infraestructuras estará sometida a una intensa perturbación, por lo que el espacio entre infraestructuras mantendrá un interés ecológico muy reducido.
- Cuando la opción anterior no se pueda aplicar, distanciar las infraestructuras un mínimo de 1.500-2.000 m, siempre que sea posible, a fin de asegurar la existencia de hábitat poco perturbado entre ellas.

Teniendo en cuenta que la banda de afección de las infraestructuras se puede cuantificar en la mayoría de los casos en un entorno de entre 100 y 500 m, cualquier terreno que se sitúe entre dos infraestructuras de transporte, y a menos de 500 m de cualquiera de ellas, posee un hábitat perturbado con escasas posibilidades de albergar las especies más sensibles a la fragmentación. La Figura 3.23 muestra esquemáticamente estos efectos.

Por este motivo, en el diseño de corredores de infraestructuras se recomienda que la distancia entre infraestructuras sea muy pequeña (parte central de C, en la Figura 3.23, y allá donde esto no sea posible se distancien las mismas lo suficiente como para permitir la existencia de áreas amplias libres de perturbación entre ellas (los dos extremos del caso C, en la Figura 3.23).

Aplicación a la definición del trazado

En las situaciones en que se diseñan trazados de varias infraestructuras dentro de un corredor, hay que prestar atención a esta peculiaridad y coordinar todo el proceso de elaboración de los proyectos por las diferentes características estructurales y funcionales que pueden tener.

La Figura 3.24 muestra cómo los diferentes requerimientos de construcción de infraestructuras de distinto tipo dificultan el diseño de corredores de infraestructuras con una superficie mínima entre las mismas, lo que obliga a la coordinación de los equipos que elaboran los proyectos de las mismas para reducir los efectos de fragmentación de hábitats.

La única forma de resolver las dificultades que surgen al diseñar varias infraestructuras en corredor es disponer por anticipado de un diagnóstico detallado del interés, en términos de fragmentación, de las distintas zonas atravesadas a fin de:

- Forzar el diseño simultáneo de las infraestructuras, asegurando que se construirán con las áreas de ocupación adyacentes en la totalidad de los tramos catalogados como zonas de máximo interés, salvo en los casos en que esta condición sea manifiestamente incumplible.
- Diseñar de modo simultáneo, y en la medida de lo posible con una mínima distancia entre plataformas, los tramos que discurren por zonas de alto valor. Esta forma de actuar se aplicará especialmente a aquellos casos en que en el entorno próximo no existan zonas de máximo interés a las que se aplique el punto anterior; ello no significa que, si existen dichas zonas, este criterio de distancia mínima no deba ser tenido en cuenta.
- Ubicar de forma coincidente y sobredimensionar las estructuras establecidas como pasos de fauna respecto de las que serían normalmente prescriptivas para una infraestructura independiente (p.ej. sustituir pasos inferiores específicos por pequeños viaductos), teniendo en cuenta la pérdida de efectividad que acarreará la presencia de dos infraestructuras. Es imprescindible coordinar las medidas correctoras en general, y aquellas destinadas a la disminución del efecto barrera en particular.

En el caso de que se vayan a construir infraestructuras en paralelo a una ya existente, se debería evaluar la permeabilidad de ésta, e introducir las modificaciones pertinentes en la infraestructura antigua que disminuyan su efecto sobre la fragmentación de hábitats. Esto se puede plantear como medida compensatoria de la construcción de las nuevas infraestructuras.

Orientaciones específicas para corredores de infraestructuras que atraviesen zonas de máximo interés en una gran longitud

Las situaciones en que se diseñen corredores de infraestructuras que atraviesen áreas de gran longitud dentro de zonas de máximo interés son especialmente delicadas y como tal su procedimiento de EIA debe manejar información de gran detalle. En los casos en que se trazan

proyectos en esta situación, la coordinación de proyectos debería asegurar que la consecución de los estándares generales para los proyectos individuales (Ficha 14) se cumple también para el conjunto de infraestructuras, mediante la aplicación de lo indicado en los apartados primero (orientaciones generales) y segundo (aplicación a la definición de trazado) de esta ficha 15, y mediante:

- La existencia de túneles de gran longitud (mayores de 1.000 m) coincidentes en ambas infraestructuras.
- La minimización de las afecciones a los hábitats en aquellas partes en que una de las infraestructuras discurre en túnel y la segunda en superficie, aprovechando al máximo posible estas situaciones para establecer medidas correctoras de la conectividad (p.ej. creación de un falso túnel en una carretera antigua paralela a una nueva línea férrea).

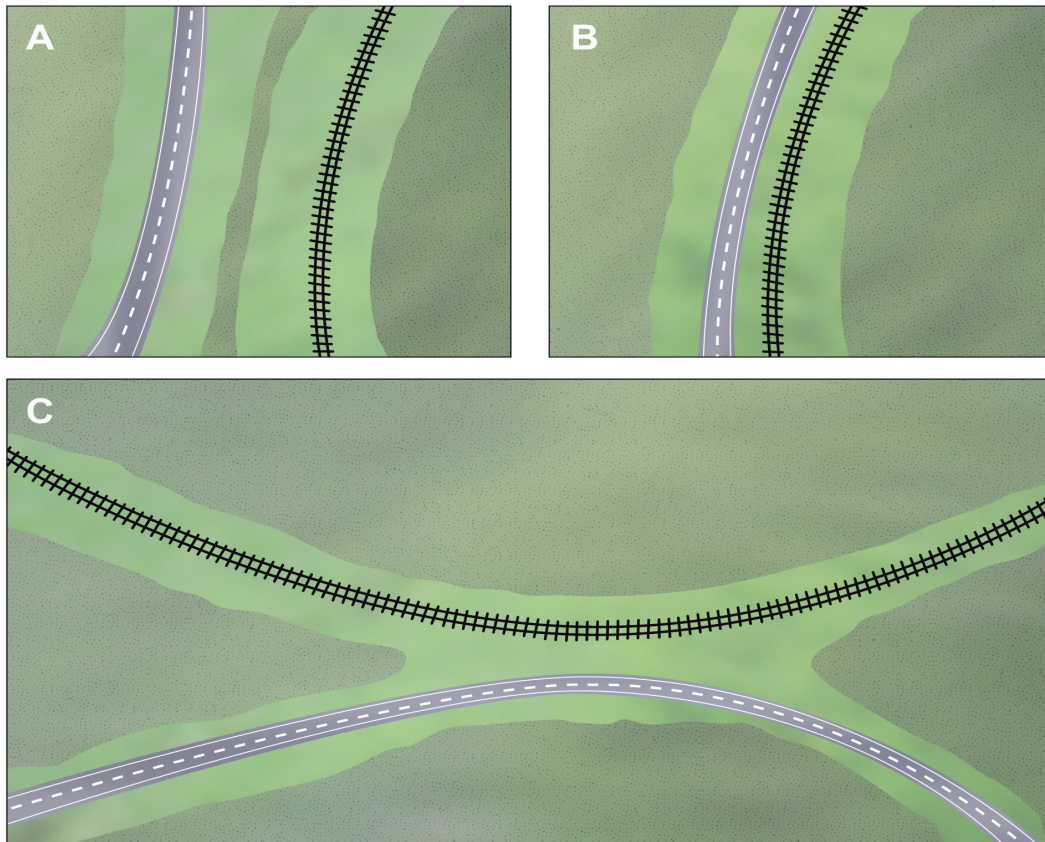


Figura 3.23. Esquemas representativos del área de afección en el entorno de las infraestructuras de transporte, y recomendaciones sobre cómo diseñar los trazados. En el caso A la distancia existente entre la carretera y el ferrocarril es de unos 1.200 m, y, asumiendo la existencia de una banda de afección de 500 m a cada lado de las infraestructuras, se generan amplias bandas de hábitat degradado y un área libre de perturbación relativamente estrecha: el hábitat residual sujeto a mínima perturbación es prácticamente inexistente. Por contra, en B las infraestructuras discurren lo más próximas posible y la banda de afección es menor. En C se muestra otra opción de diseño, con las infraestructuras muy distantes o lo más próximas posible.



Figura 3.24. Ejemplo de dos vías que discurren muy próximas en un tramo y claramente separadas en el siguiente.

Fase de aplicación

Fase de EIA, a escala 1:10.000 o superior.

Objetivo prescriptivo

Introducir en el diseño de la planta de las alternativas de trazado adaptaciones que permitan minimizar su efecto sobre la fragmentación de hábitats.

Orientaciones metodológicas

Las normas de trazado de infraestructuras establecen rangos relativamente amplios que deben cumplir los parámetros de trazado, lo que facilita el diseño de alternativas de trazado que cumplan las directrices establecidas en la Ficha 15 mediante la aplicación de dichos rangos a:

- El diseño general de la plataforma de circulación de los vehículos.
- La introducción de secciones especiales a la vía.
- El diseño de elementos funcionales o auxiliares de la vía.

Orientaciones relativas al diseño general de la plataforma de circulación de los vehículos

La planta de las alternativas de trazado puede ser adaptada, a fin de evitar las afecciones directas o indirectas a las zonas del máximo interés y a las de alto valor, mediante:

- Cambios que no alteran la velocidad de proyecto, tales como una ligera reducción del margen de seguridad de diseño (p.ej., de 140 km/h a 120 km/h) respecto de la velocidad legal de circulación (p.ej., autovía de 120 km/h), y que pueden requerir señalización de advertencia a los conductores.
- La reducción de la velocidad de proyecto en un tramo determinado, siempre dentro de las condiciones impuestas por las instrucciones técnicas correspondientes.

La disminución de la velocidad de proyecto puede permitir que la infraestructura se adapte mejor al entorno natural, o pueda servir para evitar con una curva la afección a un punto concreto.

Sin embargo, la reducción de velocidad puede ser problemática:

- Se producirá una reducción de la funcionalidad de la infraestructura, que puede representar un problema más de rechazo por los usuarios que de un aumento significativo del tiempo de recorrido, ya que, aunque las reducciones de velocidad deben extenderse por un tramo algo prolongado, el aumento del tiempo de recorrido

en la mayoría de los casos no es muy apreciable. La instalación de una señalización adecuada puede ser utilizada para asociar el cambio de la tipología de diseño de la vía a la situación de calidad del entorno que lo justifica (p.ej., Parque Natural), y por este procedimiento se puede contrarrestar la opinión negativa generada en el usuario.

- El cambio puede aumentar el riesgo de accidente, por lo que debe estar convenientemente señalado.

Este tipo de cambio es más fácil de aplicar en las carreteras convencionales de menor capacidad, dado que se diseñan para velocidades de circulación menores y más variables.

El principio de que una reducción de velocidad de proyecto permite radios de curvatura inferiores se aplica también a los ferrocarriles, si bien en ellos la mayor amplitud del rango de velocidades se refleja en cambios en los radios de curva mucho más acusados (p.ej., de 5.350 m para 300 km/h a 2.200 m para 200 km/h).

Orientaciones relativas a la introducción de secciones especiales en la vía

Las vías de comunicación disponen, puntualmente, de cambios en su sección transversal que se reflejan en una mayor o menor amplitud de la misma, lo que puede reflejarse en efectos de fragmentación de hábitats. En particular se recomienda:

- Evitar la introducción de secciones especiales que amplíen la plataforma en puntos de la carretera a su paso por zonas de valor alto o de máximo interés, aunque en algunos casos puede ser inevitable (p.ej., carriles adicionales para vehículos lentos en rampas, o lechos de frenado en descensos pronunciados).
- Reducir el ancho de los arcones o de la mediana al paso de la carretera por zonas de máximo interés o de valor alto, si ello es posible. La reducción final del ancho de la plataforma conseguida por este procedimiento es reducida (menos de 10 m) y puede tener consecuencias sobre la seguridad en fase de funcionamiento, por lo que puede ser más una solución puntual que una norma a seguir en tramos largos de trazado.

En el caso de las líneas de ferrocarril, el perfil transversal se encuentra ya muy ajustado a las dimensiones de los vehículos circulantes, por lo que los posibles cambios de este tipo son básicamente inexistentes.

Orientaciones relativas al diseño de elementos funcionales o auxiliares de la vía

Existen elementos funcionales o auxiliares de la infraestructura que cambian el perfil transversal de la infraestructura y aumentan el área de afección como:

- En carreteras: ramales de enlace, cruces, vías de servicio, áreas de conservación y explotación, y áreas de servicio público como las destinadas a venta de combustible, descanso, estacionamiento, pesaje u otros fines.
- En líneas de ferrocarril: ramales de enlace, vías de servicio, apeaderos o apartaderos, instalaciones de mantenimiento, electrificación, señalización, seguridad y telecomunicación de la vía, y otras.

Este tipo de elementos pueden ser prescindibles en ciertos lugares, o su ubicación funcional puede estar sometida a cierta flexibilidad, por lo que en general no deberían instalarse en zonas de máximo interés o en zonas de alto valor a no ser que ello sea imprescindible

Estas normas son de especial aplicación a aquellos elementos que, además de ocupar cierta superficie de hábitat para su construcción, generan emisiones, son fuente de perturbación o presentan riesgos potenciales durante la fase de funcionamiento de la infraestructura, como las estaciones de servicio, centros de mantenimiento integral, áreas de descanso, o vías de servicio externas al cerramiento perimetral de la infraestructura.

Los enlaces de las vías de alta capacidad pueden generar un importante efecto de fragmentación. Además, con frecuencia en su interior quedan aislados fragmentos de hábitat que constituyen trampas para la fauna. Será necesario conectar adecuadamente mediante pasos inferiores o superiores tanto estas zonas interiores como ambos lados de las calzadas y enlaces.



Figura 3.25. Ejemplos de distinto tratamiento de los hábitats que quedan aislados por enlaces y rotondas, con un resultado de elevada alteración de los mismos en uno de los casos (arriba). Fuente: Ortofotomapa 1.25.000, Institut Cartogràfic de Catalunya i Foto de Rijkswaterstaat (en Iuell *et al.* 2005).

Fase de aplicación

Fase de EIA, a escala 1:10.000 o superior.

Objetivo prescriptivo

Introducir en el diseño en alzado de las alternativas de trazado modificaciones que permiten minimizar su efecto sobre la fragmentación de hábitats.

Prescripciones metodológicas

Diseño del alzado en zonas de máximo interés y de alto valor

En el diseño de alternativas de trazado se debe atender a las siguientes formas básicas de proceder para minimizar su efecto sobre la fragmentación de hábitats:

- Adaptar el trazado a la topografía local en la mayor medida posible en todo el trazado, y muy especialmente en las zonas de máximo interés y en zonas de alto valor a fin de reducir el volumen de obra, el desplazamiento de materiales y las necesidades de préstamos y vertederos.
- Aprovechar los puntos en que el trazado no puede quedar acoplado al terreno por motivos geométricos para instalar las medidas de permeabilización de la infraestructura, tendiendo a desacoplar puntualmente el trazado en ellos si es pertinente para sobredimensionar las estructuras (pasos de fauna). Este tipo de actuación se debe primar en zonas de alto valor y en puntos de las zonas de máximo interés en que no se aplique el punto siguiente.
- Desacoplar totalmente el trazado de la infraestructura del perfil topográfico en una longitud suficiente como para construirla en túnel o viaducto, generando estructuras de este tipo de longitud media o larga (>300 m). Esta acción debe llevarse a cabo de forma prioritaria en zonas de máximo interés, y en puntos destacados de las zonas de alto valor.

Una representación esquemática de estas tres situaciones puede verse en la Figura 3.26. En A, la infraestructura se adapta a la topografía local en la medida de lo posible, minimizando el tramo que discurre bajo rasante o sobre talud, y de este modo se disminuye la perturbación por la obra y el volumen de los movimientos de tierra. En el caso B, el trazado se ha desacoplado en parte del terreno para permitir la instalación de un paso inferior en la zona de talud y una estructura estrecha, similar a un paso superior multifuncional o específico o un falso túnel, en la zona de talud. Nótese que el volumen de materiales desplazados ha sido mayor. Finalmente, en C se ha procedido a

suavizar más el alzado de la infraestructura para forzar la presencia de un túnel y un viaducto de longitudes relativamente largas. En este caso sería necesario encontrar un punto de vertido de los materiales excedentes del túnel, no presentado en la figura. Por lo que se refiere estrictamente a fragmentación, esta sería la opción que permitiría una mayor permeabilidad de la vía.

En relación con la adaptación de las infraestructuras al terreno, o su separación del mismo en forma de túneles o viaductos, debe atenderse a las siguientes consideraciones:

- La adaptación del trazado a la topografía local dificulta la permeabilización de la vía mediante pasos de fauna superiores o inferiores.
- Los trazados en túnel ejercen un mínimo impacto en las áreas que se encuentran sobre ellos y ofrecen una elevada permeabilidad de la vía. No obstante, requieren grandes áreas de vertido de estériles relativamente cerca de las embocaduras, así como accesos e instalaciones muy impactantes en el entorno de las mismas.
- La construcción de falsos túneles presenta a largo plazo las mismas ventajas que los túneles perforados, así como un menor coste, si bien genera durante la construcción niveles de impacto intensos en el área que va a quedar abovedada, y la funcionalidad del área restaurada tardará tiempo en recuperarse. Además, requiere ubicar en sus proximidades áreas de acopio temporal de los materiales de relleno, o áreas de vertido definitivo de los excedentes. El ajuste del balance de tierras es de especial interés.
- La construcción de viaductos sirve para salvar valles minimizando el impacto en ellos, pero los métodos constructivos más habituales requieren el acceso y trabajo intensivo en los puntos en que se asientan las pilas. Las posibilidades de reducir el número de pilas y la intensidad del trabajo bajo los tableros son técnicamente complejas y caras, aunque cada día más utilizadas. Las técnicas constructivas de losa empujada o voladizos sucesivos se aplican cada vez con mayor frecuencia y permiten mantener intactos los hábitats existentes bajo los viaductos entre pilas. Además, debe prestarse atención a los intensos impactos generados en el área de los estribos.
- Cambios de alzado de pequeña o mediana entidad son factibles y permiten salvar elementos puntuales así como facilitar el adecuado dimensionado de las medidas correctoras a lo largo de todo el trazado de una infraestructura.

Prescripciones relativas a los volúmenes de materiales de préstamo o vertido

En el diseño del alzado de las alternativas de trazado debe prestarse una atención particular al hecho de que el alzado se relaciona estrechamente con el volumen de materiales de préstamo y vertedero, y la afección de un trazado al entorno es muy dependiente de estos volúmenes. Por ello:

- En todas las situaciones se deben evaluar de forma aproximada los balances de materiales de las alternativas de trazado con el objetivo de evitar grandes desequilibrios.
- Esta evaluación se debe realizar de modo detallado en el entorno de las zonas de máximo interés y las zonas de alto valor. En estos casos, además, tendrán que valorarse las posibilidades existentes para ubicar los lugares de acopio o vertido de materiales, que deberán encontrarse fuera del área de máximo interés, y en su interior sólo si no hay otra opción.

En relación con estos volúmenes, y con las implicaciones que van a tener los cambios de alzado que se puedan plantear, es necesario indicar que:

- Idealmente se debería buscar una alternativa que se encuentre lo más próxima posible al balance de materiales, lo que permitiría prescindir de áreas de vertedero y de préstamo para rellenos.
- Los cambios en la rasante de la plataforma se reflejan en cambios en el balance de materiales, de modo que puede reducirse el volumen de vertidos o acopios elevando o deprimiendo la misma.
- No obstante, con frecuencia se dan situaciones de déficit o superávit intrínseco de materiales por la topografía de la zona.
- Además, no todos los materiales tienen las mismas propiedades (p.ej., compactabilidad) por lo que no en todos los casos el material extraído es utilizable, generándose volúmenes a verter.
- El transporte de materiales entre distintos puntos de un trazado en búsqueda del balance de ellos es factible, pero se ve dificultado por el coste de transporte, la simultaneidad de la producción y el posible vertido, y por la tramificación de los proyectos durante la fase de construcción.

Trazado en zonas montañosas

En general, las posibilidades de minimizar las afecciones con cambios en el alzado de las infraestructuras, cuando éstas discurren por áreas montañosas y/o tienen que salvar desniveles importantes, son reducidas, ya que en estas ocasiones el diseño de la vía suele ser en forma de

tramos largos con pendientes iguales o próximas a los máximos tolerados. Ejemplos de este tipo se encuentran en la práctica totalidad de los puertos de montaña de la red principal construidos en los últimos años, que son virtualmente una rampa de pendiente constante, próxima al 5-6%, en toda su extensión. Por tanto, las opciones pasan por alteraciones combinadas de la planta y el alzado, que sirvan para evitar los puntos de mayor interés.

A cambio, esta inflexibilidad de la infraestructura facilita la existencia de frecuentes viaductos, túneles o tramos en trinchera profunda (potencialmente transformables en falsos túneles o túneles perforados) que pueden permitir el restablecimiento de la permeabilidad de la infraestructura (Figura 3.27).

Trazado en zonas llanas

En zonas llanas existen mayores posibilidades de actuación, ya que las modificaciones en planta para evitar zonas de máximo interés o alto valor no tendrán implicaciones importantes para el alzado. En estas situaciones es relativamente fácil forzar una adaptación mayor del alzado a la topografía. Técnicamente va a ser más difícil la construcción de pasos de fauna, ya que es más escasa la posibilidad de utilizar desmontes o terraplenes, o el paso de pequeñas vaguadas para construir pasos de fauna superiores o inferiores. Sin embargo, pequeños terraplenes pueden permitir la construcción de pasos de fauna para anfibios o determinados carnívoros. Además en algunos casos habrá que forzar el alzado de la vía para poder construir pasos inferiores o superiores de mayores dimensiones, adecuados a los requerimientos de la fauna presente en el entorno de la infraestructura (Figura 3.28). Las actuaciones a realizar según la zona que está atravesando la infraestructura (tipos de pasos de fauna y distancias entre ellos) se detallan en el Documento 1 de esta serie.

Problemas de seguridad que aparecen en la adaptación a la topografía local

La adaptación del alzado de las infraestructuras a la topografía local puede chocar con impedimentos de seguridad o comodidad de la vía como los expuestos en la Figura 3.29. En el caso de A, el trazado contiene dentro de una alineación recta varias rampas y pendientes consecutivas, lo que lleva a que los cambios de rasante impidan al conductor la visualización de tramos intercalados de la carretera. Algo parecido ocurre en el caso de B, en el que coincide un cambio de alineación (curva) con una combinación de pendiente y rampa consecutivas que impiden al conductor anticipar el trazado que no puede ver.

En estos casos habrá que desacoplar ligeramente la infraestructura del terreno. Este desacoplamiento puede ser aprovechado para la ubicación de un paso inferior para fauna.

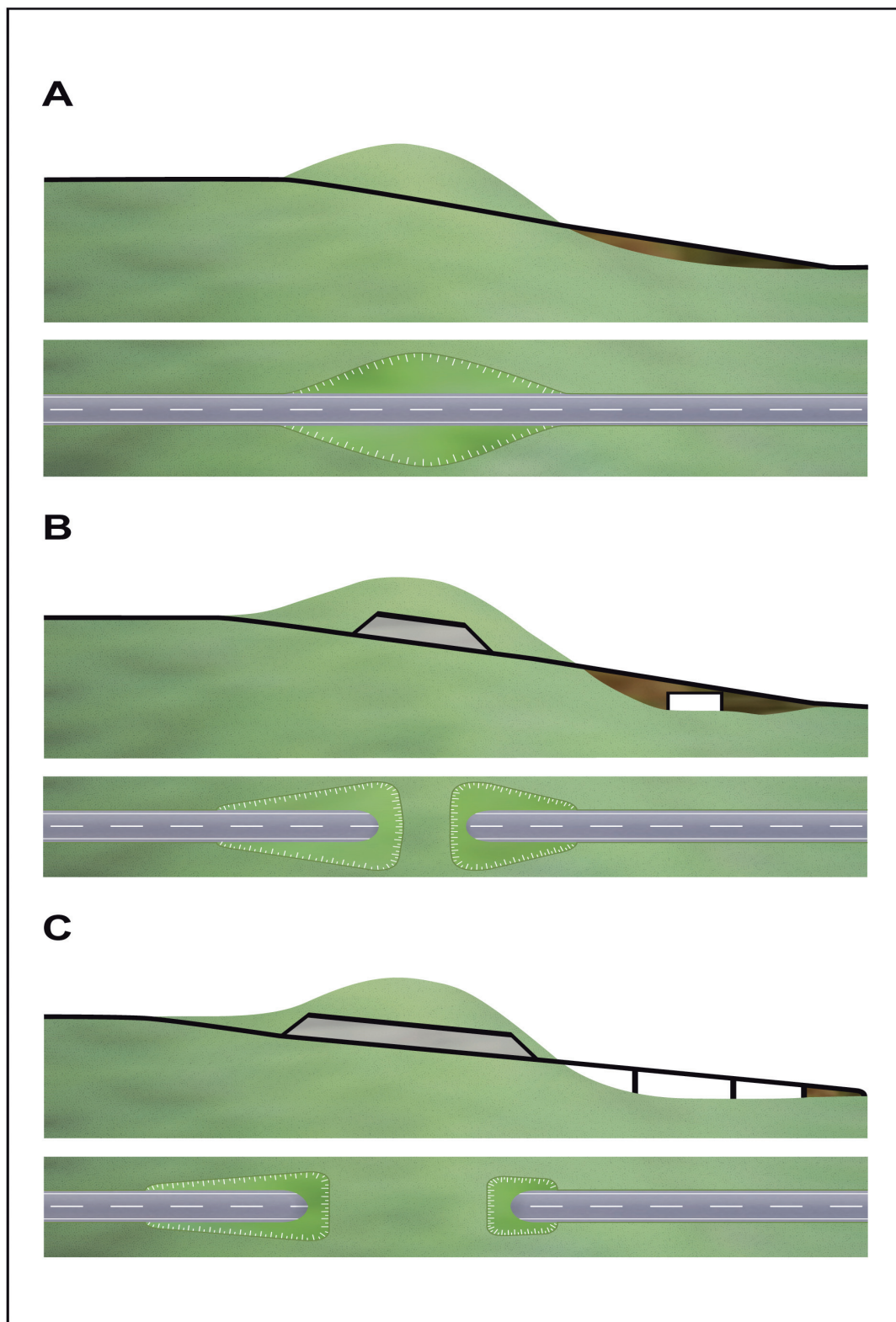


Figura 3.26. Representación esquemática de tres alzados de carretera en los que se muestran las posibilidades existentes de acoplar el trazado a la topografía local (A), desacoplarlo ligeramente para sobredimensionar estructuras (B), o desacoplarlo fuertemente para favorecer un trazado muy permeable (C).



Figura 3.27. Las zonas de relieve montañoso facilitan la existencia de grandes viaductos, túneles o tramos en trinchera profunda (potencialmente transformables en falsos túneles o túneles perforados). Foto: Minuartia.



Figura 3.28. Ejemplo de paso inferior en el que se ha forzado el alzado para construir un paso para lince ibérico en una carretera en el entorno de Doñana. Foto: Minuartia.

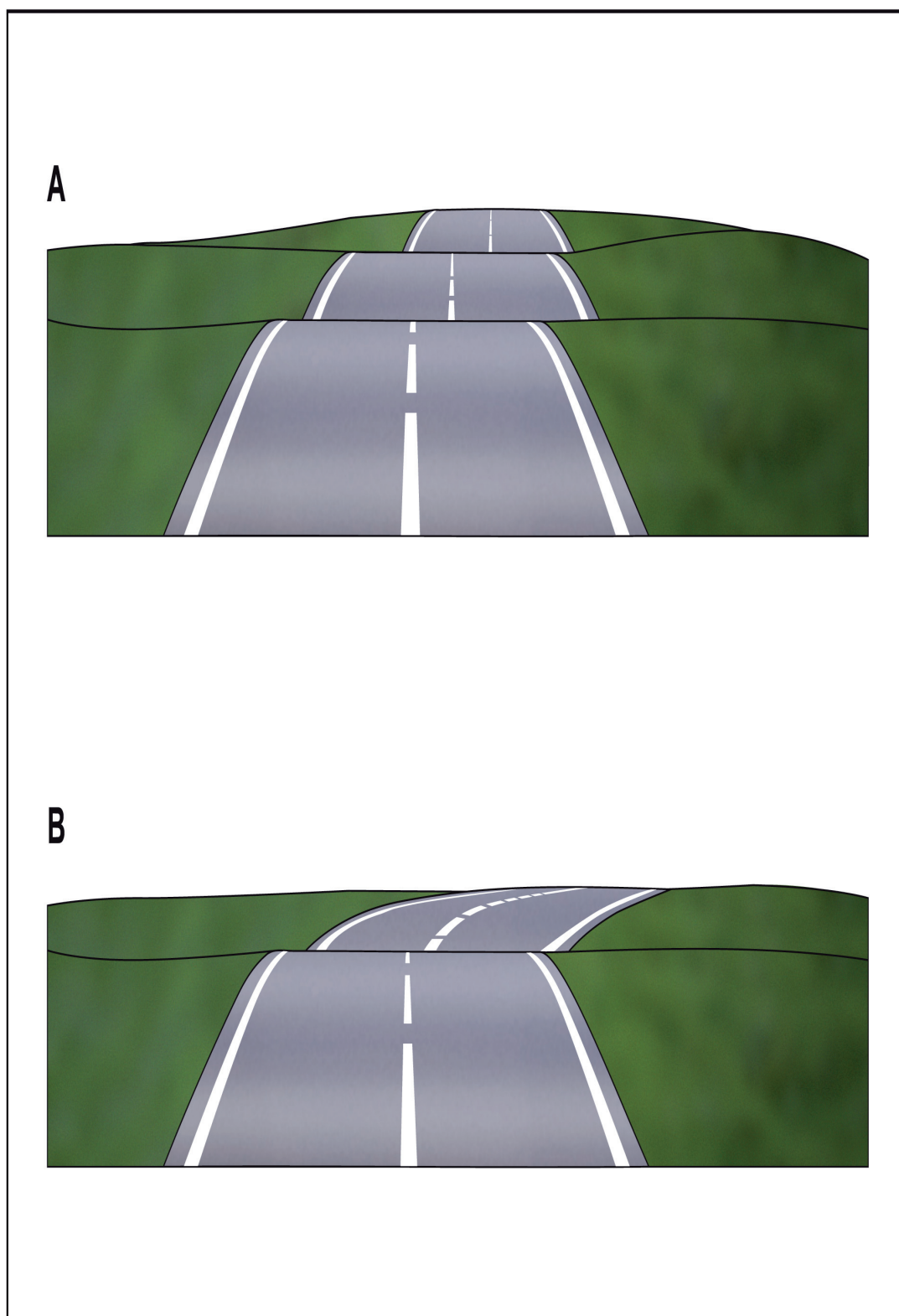


Figura 3.29. Dos ejemplos de situaciones que pueden darse al acoplar el trazado de una carretera a la topografía local pero que deben evitarse por motivos de seguridad del tráfico según consta en la Instrucción Técnica de Carreteras. Ver explicación en el texto.

Fase de aplicación

Todas las fases.

Objetivo prescriptivo

Dotar de una perspectiva coherente, trans-sectorial y de largo plazo a las decisiones relativas a la minimización de la fragmentación de hábitats tomadas en el proceso de planificación y trazado de infraestructuras de transporte.

Indicaciones para las diferentes escalas de análisis

Aunque los principios de actuación y las orientaciones generales son de aplicación indistinta a todas las fases de planificación y trazado, la concreción de las medidas a incluir se encontrará directamente relacionada con la escala de trabajo, que condiciona directamente la precisión de las propuestas, la información básica del territorio y todos los productos derivados de ellas (p.ej., cartografía de corredores ecológicos).

Todo lo concerniente a procedimientos a incluir en los Programas de Vigilancia Ambiental de los proyectos para la fase de funcionamiento no se especifican hasta las fases de diseño concreto de alternativas de trazado (escalas 1:10.000 o superiores), aunque pueden empezar a esbozarse desde fases previas de la planificación.

Prescripciones metodológicas

El objetivo prescriptivo enunciado se concreta en:

- Asegurar que los documentos subordinados a un determinado plan, programa o proyecto de infraestructura se desarrollen de modo coherente con las decisiones tomadas en el mismo.
- Trasladar las decisiones y directrices emanadas de un documento de planificación o trazado de infraestructuras a otra planificación sectorial y a sus proyectos derivados, de acuerdo con la prevalencia de los documentos de planificación y la fase que corresponda, para que estos incorporen los objetivos de conservación y definan en su ámbito las actuaciones que deben conducir a alcanzarlos, de forma coherente con lo establecido en la planificación de infraestructuras.
- Asegurar el mantenimiento efectivo a largo plazo, más allá de las fases de planificación y proyecto, de aquellos elementos que se consideren básicos para los objetivos de conservación que se hayan manejado.

Estos tres objetivos, aplicables de modo genérico a múltiples aspectos de la toma de decisión, son de especial relevancia en el caso de las medidas para reducir la fragmentación de

hábitats, dadas las amplias escalas espaciales y temporales del caso particular, y la complejidad y coste de las medidas que pueden ser necesarias para revertir efectos indeseados.

a) Prescripciones relativas a los planes, programas o proyectos de infraestructuras de transporte subordinados al documento evaluado

En todos los casos resulta imprescindible establecer indicaciones y criterios a seguir en la elaboración de los documentos (planes, programas o proyectos) correspondientes a las fases subsiguientes de planificación, dependientes del documento evaluado.

Esta información quedará integrada en el sistema de seguimiento que se establezca. En el caso de EIA, el sistema de seguimiento será el Programa de Vigilancia Ambiental. En el caso de EAPP, el propio proceso de evaluación ambiental de un documento subordinado incluye el análisis de la coherencia de éste con los objetivos y prescripciones de los planes o programas de orden superior y específicamente de aquel del que emana el documento que se evalúa.

Las indicaciones y criterios a incluir se referirán a:

- Las condiciones y limitaciones de aplicación al diseño de las alternativas (corredores de trazado o trazados) que se vayan a manejar.
- Los aspectos básicos a tener en consideración durante la evaluación, tales como objetivos de conservación prioritarios, especies o hábitats focales, en especial si su evaluación ha presentado un elevado grado de incertidumbre o no se ha podido abordar.
- Los elementos concretos que requerirán análisis más minuciosos en fases de diseño de mayor escala de concreción (p.ej., ciertos hábitats de pequeña extensión o la funcionalidad de un corredor ecológico identificado).
- El sistema que asegure la coordinación y coherencia entre documentos independientes emanados del mismo, con especial atención a los relativos a diferentes actuaciones que vayan a ocurrir sobre un territorio concreto (p.ej., diversas actuaciones en un mismo corredor de infraestructuras).

b) Prescripciones relativas a la extensión de los objetivos para reducir la fragmentación de hábitats al resto de la planificación sectorial

Las conclusiones y decisiones tomadas sobre la base del análisis de fragmentación realizado para la planificación y el trazado de una infraestructura deben ser tenidas en consideración en la planificación y el diseño de otras actividades

en el entorno, a fin de asegurar la optimización de los procesos de planificación. No es razonable la introducción de costes en un proyecto concreto (p.ej., cambios en su diseño básico) cuyos objetivos quedan inutilizados por decisiones posteriores procedentes de otros planes o proyectos sectoriales.

Además de la coordinación que puede existir entre administraciones y equipos técnicos que intervienen en la redacción de documentos sectoriales, la coherencia entre documentos de planificación y proyectos de diferentes sectores se debe conseguir mediante las consultas a administraciones establecidas en los procedimientos de EAPP y EIA. Cuando la administración de carreteras o ferrocarriles es consultada en el curso del procedimiento de evaluación que sigue un plan o proyecto de otro sector, debe alertar de la existencia de incoherencias entre las conclusiones y decisiones adoptadas en los planes y proyectos de su propio sector y el documento que se somete a evaluación. Esto es válido también para la administración competente en planificación sectorial territorial o urbanística que toma decisiones sobre infraestructuras de transporte.

En este contexto, las incoherencias deberían indicarse en las especificaciones del Documento de Referencia e informes posteriores generados por el órgano ambiental, así como en el resto de los informes sectoriales (en EAPP). Paralelamente, en EIA el documento de amplitud y nivel de detalle u otros informes sectoriales deberían poner de manifiesto las posibles incoherencias.

Coordinación entre documentos sectoriales de infraestructuras viarias y de planeamiento territorial y planificación urbanística

Éste constituye un caso especial de coordinación entre documentos sectoriales, ya que la coherencia con el planeamiento territorial y urbanístico es especialmente relevante para las infraestructuras viarias. Por una parte, los análisis de fragmentación y conectividad efectuados para la planificación o proyectos de infraestructuras deberían ser conocidos por los redactores de los documentos de planificación territorial o urbanísticos que se estén elaborando para un determinado territorio, de manera que los pudiesen incorporar a su propio análisis territorial de base; además se deberían tener en cuenta las determinaciones a que han dado lugar dichos análisis en la planificación o proyectos de infraestructuras, para no invalidarlas con la actuación urbanística o la planificación del territorio (Figura 3.30).

Garantizar la coherencia entre objetivos y actuaciones debe ser una primera meta. Sin embargo, en el caso de documentos de planificación territorial, incluso se podría

favorecer la desfragmentación del territorio mediante el traslado de infraestructuras viarias a corredores de infraestructuras (existentes o de nueva creación) o la eliminación de vías para las que existen o existirán alternativas de uso más eficientes tanto desde el punto de vista de la movilidad como de las dinámicas territoriales.

A una escala más concreta, el planeamiento urbanístico tendrá capacidad sobre todo de asegurar la coherencia entre objetivos y actuaciones antes citada. Su capacidad para reforzar los objetivos para reducir la fragmentación son más limitados, pero igualmente importantes por lo que se refiere al suelo no urbanizable. A pesar de las limitaciones, incluso en los casos de planes parciales, la ordenación que se adopte puede reducir la fragmentación que puede originar el nuevo suelo urbano a desarrollar. Sería el caso, por ejemplo, de optar por acumular las zonas verdes en determinado sector para que den continuidad a un paso de fauna cuyas entrada o salida quedarían interferidas por la nueva zona urbana.

En el caso de planificación de infraestructuras de transporte mediante documentos que tienen prevalencia sobre otros de planificación territorial o planeamiento urbanístico, se pueden incorporar restricciones a estos últimos por parte de los primeros. Estas restricciones pueden orientarse a mantener las condiciones para garantizar que no se van a producir cambios en el entorno de la infraestructura que puedan invalidar las actuaciones para reducir la fragmentación de los hábitats que se han aplicado en la misma.

Las conclusiones de los estudios de fragmentación y conectividad quedarían integradas en la planificación territorial a modo de las servidumbres de tipo ambiental que correspondan. En este sentido, cabe destacar que la introducción de restricciones a la ordenación territorial como consecuencia de la planificación de transportes tiene base legal y se aplica sistemáticamente para lo que es la propia vía de transporte (y sus previsibles ampliaciones).

c) Orientaciones relativas a la conservación a largo plazo del entorno de la infraestructura

En relación con la fase de funcionamiento de las infraestructuras, los instrumentos que posee la legislación sectorial de carreteras y ferrocarriles permiten ejecutar las acciones necesarias para conservar la integridad del área próxima a la infraestructura, y para asegurar la funcionalidad de las medidas correctoras establecidas. Las infraestructuras de transporte disponen de una franja de dominio público (entre 3 y 8 m, dependiendo de los casos) a la que se suman las zonas con limitaciones de

uso: de servidumbre y afección en carreteras (2-25 m y 30-100 m), y de protección en ferrocarriles (70 m). En dichas zonas pueden restringirse acciones como talas, plantaciones u otros cambios de uso del suelo si se considera que pueden afectar al funcionamiento de la infraestructura. La vigilancia de las actividades en estas zonas debe ejercerse con eficacia a fin de asegurar el mantenimiento de los hábitats calificados como zonas de máximo interés y zonas de alto valor, y de modo sobresaliente en puntos críticos como el entorno de los pasos de fauna.

Estas tareas deben quedar reflejadas en el Programa de Vigilancia Ambiental de la infraestructura, ya que la consecución del objetivo ambiental establecido tiene el mismo valor que el propio objetivo funcional de la infraestructura. La medida correctora no es un añadido al proyecto, sino una parte integral del mismo.

En último término, podría llegarse a la expropiación del terreno afectado si esta situación resulta imprescindible por entenderse que el nivel de restricción de usos deseado sólo puede conseguirse mediante la propiedad del terreno.



Figura 3.30. Los cambios en la planificación urbana pueden reducir o anular la efectividad de estructuras construidas para permeabilizar la vía, como ejemplifican estas dos estructuras, sobredimensionadas para la fauna por indicación de la Declaración de Impacto Ambiental, que pasan a tener una función urbana. Línea de Alta Velocidad Madrid-Valladolid a su paso por Tres Cantos, Madrid. Foto: TEG-UAM.

Fase de aplicación

Fase de EIA, a escala 1:10.000 o superior.

Objetivo prescriptivo

Evitar las afecciones que puede generar una infraestructura sobre las áreas focales y los corredores ecológicos más allá del proceso básico de planificación y diseño geométrico del trazado de la infraestructura, para abarcar todo el proceso de puesta en marcha de la infraestructura.

Prescripciones metodológicas

En las zonas identificadas como de máximo interés y de alto valor, se deberá:

- Aplicar los máximos estándares ambientales de diseño de las medidas correctoras del proyecto.
- Aplicar los procedimientos de obra de máximo respeto al mantenimiento de las cualidades ambientales del entorno.
- Prestar especial atención a las tareas de restauración relacionadas con los objetivos ambientales establecidos para el ámbito.

Esta atención prioritaria no obsta para la aplicación generalizada de las mejores prácticas posibles a las zonas identificadas como de menor valor.

Orientaciones metodológicas

Orientaciones relacionadas con el diseño de las medidas correctoras

Existen múltiples variantes e indicaciones referidas al diseño de elementos concretos del proyecto que con frecuencia se modifican para disminuir el volumen de obra o para reducir cierto tipo de afecciones. En todos los casos, se debería atender a que en las zonas de máximo interés y de alto valor se apliquen los diseños más conservadores en lo referido a:

- Tamaño, forma y tratamiento final de desmontes y taludes, para reducir su dimensión y afección sobre los hábitats y sus repercusiones sobre la integración estética-paisajística.
- Motas y caballones laterales a la infraestructura, que pueden disminuir el nivel de perturbación del entorno y servir como áreas de vertido de materiales excedentarios.
- Sistemas para disminuir la afección por ruidos, y de modo particular la utilización de asfaltos absorbentes y/o pantallas antirruído.

- Sistemas de drenaje, balsas de retención y procedimientos para que el vertido a los cauces genere los mínimos cambios físico-químicos posibles.
- Pasos de fauna y cerramientos, tratados en el Documento 1 de esta serie.
- Sistemas que eviten la colisión de aves, especialmente en líneas férreas, y de protección de las líneas de alimentación eléctrica de las mismas.
- Adecuación estético-paisajística en general de las estructuras y elementos accesorios de la vía.
- Medidas para evitar la contaminación lumínica.

Orientaciones relacionadas con las prácticas de obra

Durante el proceso de construcción se aplican por norma estándares de protección ambiental que pueden ser modulados en función de requerimientos especiales del entorno, aunque las prácticas menos impactantes puedan tener un coste económico asociado. Para medidas que no son de aplicación al conjunto de la obra, es frecuente que se definan zonas de exclusión o protección, y otras libres en las que se aplican los procedimientos comunes.

Entre el tipo de prácticas de obra a las que deberían aplicarse en **zonas de máximo interés y de alto valor** los máximos estándares de conservación se pueden destacar:

- Tareas previas de replanteo en campo del proyecto, con la delimitación de zonas de exclusión y protección, y la debida señalización de las mismas.
- Ubicación y condiciones que deben cumplir las instalaciones auxiliares tales como oficinas de obra o plantas de hormigón y asfalto.
- Definición de caminos de servicio a utilizar en la obra y condiciones de circulación en los mismos.
- Localización de áreas de préstamo y vertedero, ya comentadas anteriormente.
- Voladuras, iluminación u otras actividades que pueden generar fuerte perturbación, y que pueden permitirse sólo en algunas zonas de proyecto.
- Calendarios y horarios de obra, establecidos para proteger a la fauna silvestre y a los pobladores del área y compatibles con la ejecución del proyecto.
- Procedimientos de desbroce y despeje, preparación del terreno y eliminación de los restos extraídos.
- Sistemas de control de la erosión, la difusión de partículas y su retención antes de que alcancen sistemas acuáticos.

- Almacenamiento, manejo y retirada o vertido de sustancias tóxicas, peligrosas u otras producidas por la obra y las instalaciones auxiliares.
- Procedimientos de extracción, acopio y tratamiento de la tierra vegetal para su uso posterior en tareas de restauración.
- Limpieza y retirada de las instalaciones y los restos de obra.
- Formación ambiental de trabajadores que asegure el adecuado cumplimiento de las normas referidas a la protección del medio.

Orientaciones relacionadas con las tareas de restauración

Igual que en el caso anterior, existen procedimientos de restauración que en ocasiones presentan variantes en función del interés de conservación del área, y de los objetivos de utilización que se pretenden para la misma. En este sentido se debe prestar atención prioritaria a las

zonas de máximo interés y a las zonas de alto valor en lo referido a:

- Acabado de superficies y materiales utilizados (p.ej., en cauces).
- Tratamientos del suelo en su extendido, abonado, etc.
- Procedimientos de siembra y/o plantación.
- Selección del número y tipo de especies a utilizar.
- Protección y mantenimiento de las plantas, incluyendo su riego y la reposición de marras.

Además, las medidas correctoras son sometidas a un seguimiento posterior para comprobar su realización, efectividad y funcionalidad pasada la fase inicial de puesta en marcha. En este sentido, los Programas de Vigilancia Ambiental deben prestar una atención especial a todas las variables a evaluar en los entornos de mayor valor, tal y como queda ejemplificado para el caso de los pasos de fauna en el Documento 2 de esta serie.



1

Presentación

2

Marco de referencia

3

Catálogo de medidas
y prescripciones
técnicas para su
aplicación

4

Información
complementaria

5

Anexos

4.1 Bibliografía

- Administrador de Infraestructuras Ferroviarias (ADIF). 2006. *IGP-3 Instrucciones y Recomendaciones sobre Trazado*. En: Instrucciones y Recomendaciones para redacción de proyectos de plataforma.
- Anderson, A.B. y Jenkins, C.N. 2006. *Applying Nature's Design: Corridors As a Strategy for Biodiversity Conservation*. Columbia University Press, EEUU.
- Anderson, E.M. y Danielson, B.J. 1997. The effects of landscape composition and physiognomy on metapopulation size: the role of corridors. *Landscape Ecology*, 12: 261-271.
- Andriansen, F.; Chardon, J.P.; De Blust, G.; Swinnen, E.; Villalba, S.; Gulinck, H. y Matthysen, E. 2003. The application of 'least-cost' modelling as a functional landscape model. *Landscape and Urban Planning*, 64: 233-247.
- Bani, L.; Baietto, M.; Bottoni, L. y Massa, R. 2002. The use of focal species in designing a habitat network for a lowland area of Lombardy, Italy. *Conservation Biology*, 16: 826-831.
- Beier, P. y Noss, R.F. 1998. Do habitat corridors really provide connectivity? *Conservation Biology*, 14: 1241-1252.
- Beier, P.; Majka, D.R. y Spencer, W.D. 2008. Forks in the Road: Choices in Procedures for Designing Wildland Linkages. *Conservation Biology*, 22: 836-851.
- Bender, D.J. y Fahrig, L. 2005. Matrix structure obscures the relationship between interpatch movement and patch size and isolation. *Ecology*, 86: 1023-1033.
- Bennett, A.F. 1999. *Linkages in the Landscape. The Role of Corridors and Connectivity in Wildlife Conservation*. IUCN The World Conservation Union and Environment, Cambridge, Reino Unido.
- Berling-Wolf, S. y Wu, J. 2004. Modelling urban landscape dynamics: a review. *Ecological Research*, 19: 119-129.
- Bian, L. 2003. The representation of the environment in the context of individual-based modelling. *Ecological Modelling*, 159: 279-296.
- Bolger, D.T.; Scott, T.A. y Rotenberry, J.T. 2001. Use of Corridor-Like Landscape Structures by Bird and Small Mammal Species. *Biological Conservation*, 102: 213-224.
- Brotons, L.; Campeny, R.; Planas, V.; Rosell, C. 2004. *Definició de metodologia i assaig d'obtenció de mapes de connectivitat per als ocells forestals en el Sistema d'Informació Territorial de la Xarxa d'Espais Lliures (SITxell) de les comarques de Barcelona*. Diputació de Barcelona. Inédito.
- Brotons, L.; Campeny, R.; Pla, M.; Rosell, C. 2005. *Obtenció de mapes de resistència a la dispersió per als ocells d'espais oberts en el Sistema d'Informació Territorial de la Xarxa d'Espais Lliures de les comarques de Barcelona*. Diputació de Barcelona. Inédito.
- Bruinderink, G.G.; Van der Sluis, T.; Lammertsma, D.; Opdam, P. y Pouwels, R. 2003. Designing a Coherent Ecological Network for Large Mammals in Northwestern Europe. *Conservation Biology*, 17: 549-557.
- Burel, F. y Baudry, J. 2002. *Ecología del paisaje: conceptos, métodos y aplicaciones*. Mundi-Prensa. Madrid.
- Clevenger, A.P.; Wierzchowski, J.; Chruszcz, B. y Gunson K. 2002. GIS-generated, expert-based models for identifying wildlife habitat linkages and planning mitigation passages. *Conservation Biology*, 16: 503-514.
- Comisión Europea. Guía para la gestión de espacios protegidos Red Natura 2000. Artículo 6. http://ec.europa.eu/environment/nature/natura2000/management/guidance_en.htm#art6.
- Comisión Europea. 2000. *Gestión de espacios Natura 2000. Disposiciones del artículo 6 de la Directiva 92/43/CEE sobre hábitats*. Oficina de Publicaciones Oficiales de las Comunidades Europeas. Luxemburgo.
- Crooks, K.R. y Sanjayan, M. (Eds.). 2006. *Connectivity Conservation*. Cambridge University Press. Cambridge, Reino Unido.
- Davies, Z.G. y Pullin, A.S. 2007. Are Hedgerows Effective Corridors Between Fragments of Woodland Habitat? An Evidence-Based Approach. *Landscape Ecology*, 22: 333-351.
- Del Barrio, G. y Ruiz, A. 2006. ALCOR: software para estimar la conectividad ecológica. Registro de la Propiedad Intelectual de Almería, solicitud nº 61/06. Almería.

- Centro de Investigación "Fernando González Bernáldez" 1995. *Hacia una Red Ecológica de Conservación de la Comunidad de Madrid*. Serie Documentos del Centro de Investigación Fernando González Bernáldez, Nº 18. (L). Consejería de Medio Ambiente y Desarrollo Regional. Departamento Interuniversitario de Ecología. Madrid.
- Downes, S.J.; Handasyde, K.A. y Elgar, M.A. 1997. The Use of Corridors by Mammals in Fragmented Australian Eucalypt Forests. *Conservation Biology*, 11: 718-726.
- Europarc-España. 2008. *Planificar para gestionar los espacios naturales protegidos*. Ed. Fundación Interuniversitaria Fernando González Bernáldez para los espacios naturales. Madrid.
- Europarc-España. 2009. *Conectividad ecológica y Herramientas y casos prácticos*. Ed. Fundación Interuniversitaria Fernando González Bernáldez para los espacios naturales. Madrid.
- Fahrig, L. 2001. Effect of habitat fragmentation on the extinction threshold: a synthesis. *Ecological Applications*, vol. 12, no. 2, pp. 346-353.
- Fleury, A.M. y Brown, R.D. 1997. A Framework for the Design of Wildlife Conservation Corridors With Specific Application to Southwestern Ontario. *Landscape and Urban Planning*, 37: 163-186.
- Forman, R.T.T. 1995. *Land mosaics. The ecology of landscapes and regions*. Cambridge, Reino Unido.
- Forman, R.T.T. y Deblinger, R.D. 2000. The ecological Road-Effect zone of a Massachusetts (USA) suburban highway. *Conservation Biology*, 14: 36-46.
- Forman, R.T.T.; Bissonette, J.A.; Clevenger, A.P.; Cutshall, C.D.; Dale, V.H.; Fahrig, L.; France, R.; Goldman, C.R.; Heanue, K.; Jones, J.A.; Swanson, F.J.; Turrentine, T. y Winter, T.C. 2002. *Road Ecology. Science and Solutions*. Island Press.
- García, P. 2009. Diseño de redes de conservación: los corredores ecológicos a través de los modelos espaciales. *Naturalia Cantabrigiae* 4: 3-78.
- García-Montero, L.G.; Otero Pastor, I.; Mancebo Quintana, S. y Casermeiro, M.A. 2008. An Environmental Screening Tool for Assessment of Land Use Plans Covering Large Geographic Areas. *Environmental Science & Policy*, 11: 285-293.
- Gilliam, J.F. y Fraser, D.F. 2001. Movement in Corridors: Enhancement by Predation Threat, Disturbance, and Habitat Structure. *Ecology*, 82: 258-273.
- Grimm, V. 1999. Ten years of individual-based modelling in ecology: What we have learned and what could we learn in future? *Ecological Modelling*, 115: 129-148.
- Gu, W.D. y Swihart, R.K. 2004. Absent or undetected? Effects of non-detection on species occurrence on wildlife-habitat models. *Biological Conservation*, 116: 195-203.
- Haddad, N.M.; Bowne, D.R.; Cunningham, A.; Danielson, B.J.; Levey, D.J.; Sargent, S. y Spira, T. 2003. Corridor Use by Diverse Taxa. *Ecology*, 84: 609-615.
- Harper, K.A.; Mascarua-López, L.; Macdonald, S.E. y Drapeau, P. 2007. Interaction of edge influence from multiple edges: Examples from narrow corridors. *Plant Ecology*, 192: 71-84.
- Hilty, J.A.; Lidicker, W. Jr., Merenlender, A. 2006. *Corridor Ecology: The Science and Practice of Connectivity for Biodiversity Conservation*. Island Press. Washington, EEUU.
- Hunter, M.L. Jr. 1996. *Fundamentals of conservation Biology*. Blackwell Science. Cambridge, Massachusetts. EEUU.
- luell, B.; Bekker, H.G.J.; Cuperus, R.; Dufek, J.; Fry, G.; Hicks, C.; Hlavác, V.; Keller, V.; Rosell, C.; Sangwine, T.; Torslow, N. y Wandall B. 2005. *Fauna y tráfico. Manual europeo para identificar conflictos y diseñar soluciones*. COST 341. Fragmentación del hábitat causada por las infraestructuras de transporte. Ministerio de Medio Ambiente. Madrid.
- Jongman, R. y Pungetti, G. 2004. *Ecological Networks and Greenways. Concept, Design, Implementation*. Cambridge University Press, Reino Unido.
- Jordan, F. 2000. A Reliability-Theory Approach to Corridor Design. *Ecological Modelling*, 128: 211-220.
- Kettunen, M.; Terry, A.; Tucker, G. y 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.
- Lambeck, R.J. 1997. Focal Species: A Multi-Species Umbrella for Nature Conservation. *Conservation Biology*, 11: 849-856.
- LaRue, M.A. y Nielsen, C.K. 2008. Modelling potential dispersal corridors for cougars in midwestern North America using least-cost path methods. *Ecological Modelling*, 212: 372-381.
- Mabry, K.E. y Barrett, G.W. 2002. Effects of Corridors on Home Range Sizes and Interpatch Movements of Three Small Mammal Species. *Landscape Ecology*, 17: 629-636.
- Macdonald, D.W. y Rushton, S. 2003. Modelling space use and dispersal of mammals on real landscapes: A tool for conservation. *Journal of Biogeography*, 30: 607-620.
- Mancebo Quintana, S.; Ortega Pérez, E.; Martín Ramos, B. y Otero Pastor, I. 2007. Nuevo modelo de cartografía de calidad ambiental de España para su uso en evaluaciones de impacto: Biodiversidad. *Actas del IV Congreso Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental*, Madrid: 67-74.

- Marull, J. y Mallarach, J.M. 2002. La conectividad ecológica en el Área Metropolitana de Barcelona. *Ecosistemas*, 11 (2). URL: <http://www.aeet.org/ecosistemas/022/investigacion6.htm>
- Marull, J. y Mallarach, J.M. 2005. A GIS methodology for assessing ecological connectivity: application to the Barcelona Metropolitan Area. *Landscape and Urban Planning*, 71: 243-262.
- Marull, J.; Pino, J.; y Mallarach, J.M. 2006. *Mapa de l'índex de Connectivitat Ecològica de Catalunya (v3) a escala 1:50.000*. Barcelona Regional y CREA.
- Mech, S.G. y Hallett, J.G. 2001. Evaluating the Effectiveness of Corridors: a Genetic Approach. *Conservation Biology*, 15: 467-474.
- Meffe, G.K. y Carroll, C.R. 1997. *Principles of Conservation Biology*. Second Edition. Sinauer Associates, Inc. Sunderland, Massachusetts, EEUU.
- Meir, E.; Andelman, S. y Possingham, H.P. 2004. Does conservation planning matter in a dynamic and uncertain world? *Ecology Letters*, 7: 615-622.
- Merriam, G. 1984. *Connectivity: a fundamental ecological characteristics of landscape pattern*. En: Brandt, J., Agger, P.A. (Eds.). *Methodology in Landscape Ecological Research and Planning*, vol. 1. University Centre, Roskilde, Denmark: 5-15.
- Ministerio de Fomento. 2005. *PEIT: Plan Estratégico de Infraestructuras y Transporte 2005-2020*. Ministerio de Fomento. Madrid.
- Ministerio de Fomento. 2006. *Trazado. Instrucción de Carreteras Norma 3.1-IC*. Instrucciones de Construcción. Dirección General de Carreteras, Ministerio de Fomento. Madrid.
- Ministerio de Medio Ambiente. 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.
- Ministerio de Medio Ambiente. 2007. *Convenio Europeo del Paisaje*. Centro de Publicaciones. Secretaría General Técnica, Ministerio de Medio Ambiente. Madrid.
- Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. 2008. *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.
- Newburn, D.; Reed, S.; Berck, P. y Merenlender, A.M. 2005. Economics and land-use change in prioritizing private land conservation. *Conservation Biology*, 19: 1411-1420.
- Minuartia. 2005. *Obtenció de mapes de resistència a la dispersió de mamífers i avaluació de l'interès de conservació del territori dins el mòdul de fauna i connectivitat del SITxell*. Diputació de Barcelona. Inédito.
- Múgica, M.; de Lucio, J.V. y Pineda, F.D. 1995. *Ecological corridors and buffer zones: The study case of Madrid Region. Spain. Proyecto MN 2.7*. European Centre for Nature Conservation, European Topic Centre for Nature Conservation. Agencia Europea de Medio Ambiente. Informe inédito.
- Noss, R.F. 2003. A checklist for wildlands network designs. *Conservation Biology*, 17: 1270-1275.
- Oñate, J.J.; Pereira, D.; Suárez, F.; Rodríguez, J.J. y Cachón, J. 2001. *Evaluación ambiental estratégica. La evaluación ambiental de políticas, planes y programas*. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid.
- Pascual-Hortal, L. y Saura, S. 2007. Impact of spatial scale on the identification of critical habitat patches for the maintenance of landscape connectivity. *Landscape and Urban Planning* 83, 176-186.
- Pouwels, R., van der Gref, J.G.M.; van Adrichem, M.H.C.; Kuipers, H.; Jochem, R. y Reijnen M.J.S.M. 2008. *LARCH Status A*. Werkdocument 107. Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu. Wageningen.
- Primack, R.B. 1995. *A primer conservation biology*. Second Edition. Sinauer Associates, Inc. Publishers. Sunderland, Massachusetts. EEUU.
- Pullin, A.S. 2002. *Conservation Biology*. Cambridge University Press. Cambridge, Reino Unido.
- Radford, J.Q.; Bennett, A.F. y Cheers, G.J. 2005. Landscape-level-thresholds of habitat cover for woodland-dependent birds. *Biological Conservation*, 124: 317-337.
- Roberge, J.M. y Angelstam, P. 2004. Usefulness of the Umbrella Species Concept as a Conservation Tool. *Conservation Biology*, 18: 76-85.
- Rodríguez González, J.; del Barrio, G. y Duguy, B. 2008. Assessing functional landscape connectivity for disturbance propagation on regional scales-A cost-surface model approach applied to surface fire spread. *Ecological modelling*, 211: 121-141.
- Rosell, C.; Álvarez, G.; Cahill, S.; Campeny, R.; Rodríguez, A. y 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.
- Rosell, C.; Planas, V. y Navàs F. 2003b. Location of fauna passages. How to identify the optimal solution. *International Conference on Habitat Fragmentation due to Transport Ecology*. Bruselas. 13-15 de noviembre de 2003.

- Rouget, M.; Cowling, R.M.; Lombard, A.T.; Knight, A.T. y Kerley, G.I.H. 2006. Designing large-scale conservation corridors for pattern and process. *Conservation Biology*, 20: 549-561.
- Saunders, D.A. y Hobbs, R.J. (editors). 1991. *Nature Conservation 2: the Role of the Corridors*. Surrey, Beatty, Chipping Norton, New South Wales, Australia.
- Sastre, P.; de Lucio, J. V. y Martínez, C. 2002. Modelos de conectividad del paisaje a distintas escalas. Ejemplos de aplicación en la Comunidad de Madrid. *Ecosistemas* 2002/2 (URL: <http://www.aeet.org/ecosistemas/022/investigacion5.htm>).
- Saura, S. y Pascual-Hortal, L. 2007. A New Habitat Availability Index to Integrate Connectivity in Landscape Conservation Planning: Comparison With Existing Indices and Application to a Case Study. *Landscape and Urban Planning*, 83: 91-103.
- Schlotterbeck, J. 2003. Preserving biological diversity with wildlife corridors: Amending the guidelines to the California Environmental Quality Act. *Ecology Law Quarterly*, 30: 955-990.
- Simberloff, D.; Farr, J.A.; Cox, J. y Mehlman, D.W. 1992. Movement Corridors: Conservation Bargains or Poor Investments? *Conservation Biology*, 6: 493-504.
- US Fish & Wildlife Service. 1996. *Habitat Evaluation Procedures Handbook*.
- Van der Grift, E.A. 2005. Defragmentation in the Netherlands: A success story? *GAIA - Ecological Perspectives for Science and Society*, 14: 144-147.
- Van der Windt, H.J. y Swart, J.A.A. 2008. Ecological Corridors, Connecting Science and Politics: the Case of the Green River in the Netherlands. *Journal of Applied Ecology*, 45: 124-132.
- Vuilleumier, S. y Prelaz-Droux, R. 2002. Map of ecological networks for landscape planning. *Landscape and Urban Planning*, 58: 157-170.
- Williams, J.C.; ReVelle, C.S. y Levin, S.A. 2004. Using mathematical optimization to design nature reserves. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 2: 98-105.
- Wilson, K.; Pressey, R.; Newton, A.; Burgman, M.; Possingham, H.P. y Weston, C. 2005. Measuring and incorporating vulnerability into conservation planning. *Environmental Management*, 35: 527-543.
- With, K.; Gardner, H. y Turner, M.G. 1997. Landscape connectivity and population distributions in heterogeneous environments. *Oikos*, 78: 151-169.

4.2 Fuentes básicas de información cartográfica

En la Tabla 4.1. se presentan las principales fuentes de información cartográfica disponibles para el ámbito nacional, si bien las diferentes Comunidades Autónomas disponen de información complementaria.

Tabla 4.1. Fuentes de información cartográfica básica de ámbito nacional (diversas Comunidades Autónomas disponen de información cartográfica en su ámbito territorial que debe ser también consultada).

Fuente de información	Objetivo	Escala	Actualización	Periodo de ejecución	Fecha última actualización
Mapa Forestal de España 1:200.000 (MFE200)	Principal capa de la representación de la vegetación natural del país. Contempla algo más de 5.500 especies entre arbóreas, arbustivas y herbáceas, introduciendo conceptos novedosos, como es el nivel de madurez.	1:200.000	0	1986 -1997	1997
Mapa Forestal de España 1:50.000 (MFE50)	Base cartográfica del IFN. Incluye información dasométrica y selvícola respecto al MFE200.	1:50.000	10 años	1996-2006	2007
Mapa Forestal de España 1:25.000 (MFE25)	Amplia las utilidades del Mapa Forestal de España. Se incluyen novedades en el modelo de datos; por una parte se enriquecen los parámetros ya estudiados en el MFE50, y por otra se incluyen otros parámetros como modelos de combustible y estudios de vegetación arbustiva.	1:25.000	10 años	2007-2017	
Primer Inventario Forestal Nacional (IFN1)	Proyecto encaminado a obtener el máximo de información posible sobre la situación, régimen de propiedad y protección, naturaleza, estado legal, probable evolución y capacidad productora de todo tipo de bienes de los montes de un país en el momento de la inquisición.			1966-1975	1975
Segundo Inventario Forestal Nacional (IFN2)	<i>Ídem.</i>	1:50.000	10 años	1986-1996	1996
Tercer Inventario Forestal Nacional (IFN3)	Entre los objetivos de este proyecto se incluyen suministrar una información estadística homogénea y adecuada sobre el estado y la evolución de los ecosistemas forestales españoles; servir como instrumento para la coordinación de las políticas forestales y de conservación de la naturaleza de las comunidades autónomas y del Estado; y estudiar la evolución de los montes españoles mediante la comparación de las parcelas del IFN2 remediadas y de las que de éste se repetirán en el próximo ciclo.	1:50.000	10 años	1997-2007	2007
Hábitat (Directiva 92/43/CEE)	Inventario Nacional, de carácter exhaustivo, sobre los tipos de Hábitat del Anexo I de la Directiva.	1:50.000			1997

Tabla 4.1 (cont.). Fuentes de información cartográfica básica de ámbito nacional (diversas Comunidades Autónomas disponen de información cartográfica en su ámbito territorial que debe ser también consultada).

Fuente de información	Objetivo	Escala	Actualización	Periodo de ejecución	Fecha última actualización
Sistema de Información sobre la Ocupación del Suelo en España (SIOSE)	Definición de la cobertura y los usos del suelo del territorio español en el año 2005.	1:25.000	5 años	2005-2009	2005
Corine Land Cover (CLC)	Cartografía y seguimiento de los usos del suelo en Europa.	1:100.000	10 años		2000
Inventario Nacional de Biodiversidad (INB) 2007	Inventario nacional de las especies de fauna (aves, mamíferos, anfibios, reptiles e invertebrados) y flora amenazada de España.	UTM 10x10 km	Variable	Variable	Variable

1

Presentación

2

Marco de referencia

3

Catálogo de medidas
y prescripciones
técnicas para su
aplicación

4

Información
complementaria

5

Anexos

Anexo I: Glosario

Área focal: en el contexto del presente documento, extensión del territorio valiosa por su elevado número o densidad de especies o hábitats de interés para la conservación. Además de los motivos de normativa legal, los criterios para definir este interés dependen del contexto biogeográfico y territorial en que se esté trabajando y deben ser especificados en cada caso.

Área núcleo: en el contexto del presente documento, porción de una tesela de hábitat alejada del perímetro de ésta, lo cual reduce los efectos del exterior sobre dicha porción, y en la que se desarrollan las condiciones ambientales propias del interior de la tesela (ver **Efecto borde**).

Biodiversidad: la variabilidad de organismos vivos de cualquier fuente, incluidos, entre otras cosas, los ecosistemas terrestres y marinos y otros ecosistemas acuáticos y los complejos ecológicos de los que forman parte; comprende la diversidad dentro de cada especie, entre las especies y de los ecosistemas (Convenio sobre la Diversidad Biológica, Artículo 2).

Capacidad de acogida: en el contexto del presente documento, capacidad intrínseca de un punto del territorio para ubicar una infraestructura, teniendo en cuenta las limitaciones de tipo técnico, social, económico o ambiental que se hayan considerado en el análisis correspondiente. La capacidad de acogida se utiliza para la identificación de corredores de trazado, estableciéndose una escala cualitativa con un número variable de clases entre la capacidad de acogida nula o muy baja, que imposibilita o dificulta grandemente las posibilidades de ubicar el trazado en las zonas con esta categoría, y la alta o muy alta en que no aparecen restricciones para dicha localización.

Conectividad ecológica: propiedad del paisaje que hace posible el flujo de materia y organismos a través de los hábitats o entre sus fragmentos. No existe una definición única para la conectividad, ya que ésta depende de las características de los organismos (p.e. capacidad de dispersión por el paisaje) y de los procesos ecológicos implicados. Frecuentemente se distingue entre la conectividad física o estructural (o conectancia) y la funcional: en paisajes fragmentados es posible mantener la conectividad funcional mediante corredores que conectan a los hábitats, pero también sin esta conexión física mediante una distribución suficientemente

próxima de manchas de hábitats que sirven como refugios de paso o estriberones (*stepping stones*).

Corredor biológico: es un tipo de corredor ecológico que se circunscribe a organismos, no a procesos funcionales. Son áreas óptimas para el desplazamiento de individuos.

Corredor ecológico: porción del territorio, de extensión y configuración variables, que, debido a su disposición y a su estado de conservación, conecta funcionalmente espacios naturales de singular relevancia para la flora o la fauna silvestres, separados entre sí, permitiendo, entre otros procesos ecológicos, el intercambio genético entre poblaciones de especies silvestres o la migración de especímenes de esas especies (Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad).

Corredor específico: corredor biológico adecuado para el desplazamiento de una especie o taxón.

Coste: ver **resistencia**.

EAPP: Evaluación Ambiental de Planes y Programas.

Ecosistema: unidad funcional delimitada espacial y temporalmente, formada por factores bióticos (o integrantes vivos como los vegetales, los animales, los hongos y los microorganismos) y abióticos (componentes que carecen de vida, como por ejemplo los minerales y el agua), en la que existen interacciones vitales, fluye la energía y circula la materia.

Efecto borde: interacción de los elementos del paisaje con el medio circundante a través de sus fronteras físicas o bordes. Esta interacción es uno de los principales fenómenos estudiados en la ecología del paisaje, ya que juega un papel decisivo en la determinación de la estructura y dinámica de las 'manchas' (unidades espaciales diferenciadas) ecológicas. El efecto borde aumenta con el incremento de la relación perímetro/área que se produce con el avance de la fragmentación del hábitat. Estos procesos afectan gravemente a la calidad del hábitat y provocan pérdida de especies.

EIA: Evaluación de Impacto Ambiental.

Especie clave: especie que desempeña un rol funcional determinante en la cadena de interrelaciones de un ecosistema, de forma que su extinción puede provocar otras extinciones en cadena o modificar significativamente el ecosistema original.

Especie focal: en el contexto del presente documento, especie considerada de interés para la conservación, incluyendo las que son más sensibles a la fragmentación de los hábitats. Además de los motivos de normativa legal, los criterios para definir este interés dependen del contexto biogeográfico y territorial en que se esté trabajando y deben ser especificados en cada caso.

Especie paraguas: especie que requiere para su conservación el mantenimiento en buenas condiciones de una parte importante del ecosistema o ecosistemas que habita, de manera que su conservación es beneficiosa también para múltiples especies asociadas a estos ecosistemas.

Estriberón: los estriberones o refugios de paso (*stepping stones* en su versión anglosajona) para una determinada especie o taxón, son lugares adecuados, pero de extensión reducida, intercalados en una matriz de condiciones desfavorables, que permiten “el salto” por parte de dicha especie a otro refugio de paso o bien a un lugar o hábitat adecuado.

Extinción: completa desaparición de una especie o taxón de un área geográfica determinada. Se pueden considerar desde extinciones locales a planetarias.

Fragmentación de hábitat: proceso de división de hábitats continuos en fragmentos que, a medida que se hacen más pequeños, quedan más aislados entre sí, y que, en conjunto, ocupan sólo una fracción de la superficie original del hábitat (Rosell *et al.* 2003a).

Fricción: ver **resistencia**.

Hábitat: entorno físico y biológico utilizado por un individuo, población o especie, o de forma más amplia, por un grupo de especies. Según la Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad, el hábitat de una especie es el medio definido por factores abióticos y bióticos específicos donde vive la especie en una de las fases de su ciclo biológico. Con frecuencia en el lenguaje coloquial el término se utiliza para referirse al lugar donde vive un organismo.

Hábitat focal: en el contexto del presente documento, hábitat considerado de interés para la conservación. Además de los motivos de normativa legal, los criterios para definir este interés dependen del contexto biogeográfico y territorial en que se esté trabajando y deben ser especificados en cada caso.

Integridad ecológica: se entiende por integridad ecológica la capacidad que tienen los ecosistemas para perpetuar su funcionamiento en el tiempo siguiendo su camino natural de evolución y para poder recuperar su estructura, su composición y sus funciones tras una perturbación.

Mapa de coste acumulado: mapa predictivo continuo de la suma de los valores de resistencia que ofrecen los distintos puntos del territorio que hay que atravesar para recorrer la distancia entre dos localidades. Dado que el mapa de coste acumulado se obtiene a

partir del mapa de resistencia, es específico de la especie o grupo biológico considerado. Ver **mapa de resistencia**.

Mapa de distancia de coste: ver **mapa de coste acumulado**.

Mapa de idoneidad: mapa predictivo continuo que determina la probabilidad de presencia de una determinada especie o hábitat en cada punto del territorio, en función de un conjunto de predictores ambientales que estiman el grado de idoneidad de dicho punto para la especie o hábitat.

Mapa de resistencia: mapa predictivo continuo que determina la resistencia que ofrece cada punto del territorio para el desplazamiento de los seres vivos. Los mapas de resistencia son específicos de la especie o grupo biológico considerado.

Modelo: abstracción de la realidad mediante la expresión formal de las relaciones entre las entidades definidas en términos matemáticos o físicos.

Paisaje: desde la perspectiva de la Ecología del Paisaje se define como el área de escala kilométrica compuesta por diferentes teselas de territorio que se encuentran interrelacionadas, constituyendo un mosaico de ecosistemas interdependientes los cuales pueden estar sujetos a actividades humanas que ocurren en el tiempo. El Convenio Europeo del Paisaje ofrece una definición más centrada en la percepción humana, entendiéndolo como cualquier parte del territorio tal como la percibe la población, cuyo carácter sea el resultado de la acción y la interacción de factores naturales y/o humanos. Esta definición es coincidente con la que efectúa la Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad.

Píxel: cada una de las celdas que forman la retícula regular sobre la que se proyectan los objetos a cartografiar en los sistemas ráster. La unidad más pequeña de representación de un mapa ráster.

Planificación: acción y efecto de planificar. Plan general, metódicamente organizado y frecuentemente de gran amplitud, para obtener un objetivo determinado, tal como el desarrollo armónico de una ciudad, el desarrollo económico, la investigación científica, el funcionamiento de una industria, etc.

Planificar: trazar los planos para la ejecución de una obra. Hacer plan o proyecto de una acción. Someter a planificación.

Ráster: sistema de representación gráfica basado en una rejilla de píxeles ordenados en filas y columnas.

Refugio de paso: ver **estriberón**.

Resistencia: en el contexto del presente documento, resistencia que ofrece cada punto del territorio al desplazamiento de los seres vivos. Dicha resistencia es específica para la especie o grupo biológico considerado y depende de las características de dicho punto (tales como vegetación, pendiente, usos del suelo, etc.).

Ruta de mínimo coste de desplazamiento: ruta entre dos puntos calculada a partir del mapa de coste acumulado y que ofrece el mínimo valor de dicho coste.

Taxón: término con el que se designa a cualquiera de los grupos sistemáticos en biología: subespecie, especie, género, familia, etc.

Término: en el contexto del presente documento, parte de las áreas focales que sirve como punto de inicio o final de los corredores ecológicos. Se puede definir como un punto (un píxel), un borde lineal (p.ej., el límite de un espacio natural protegido) o una tesela (p.ej., una tesela de gran calidad de hábitat para una especie focal dentro de un espacio natural protegido). Se puede considerar toda el área focal como un término para cada especie focal. En algunos casos, puede existir más de un término potencial en cada área focal.

Tesela: área relativamente homogénea no lineal que difiere del entorno que le rodea. Las teselas son las piezas

básicas del mosaico del paisaje. En el contexto del presente documento, una tesela de hábitat es una porción del territorio (conjunto de píxeles) de suficiente calidad y suficientemente grande y homogénea para permitir la supervivencia y la reproducción de una especie o conjunto de especies en particular.

Traza: diseño o planta para la fábrica de un edificio u otra obra. En el contexto del presente documento equivale a la línea que representa en un plano la ubicación de la plataforma de una infraestructura dentro del corredor o área en la que se localiza la misma.

Trazado: acción y efecto de trazar. Recorrido o dirección de un camino, de un canal, etc., sobre el terreno.

UTM: acrónimo del sistema internacional de coordenadas geográficas Universal Transverse Mercator.

Vectorial: sistema de representación basado en objetos gráficos -puntos, líneas, polígonos- referidos a unos ejes de coordenadas.

Anexo II. Normativa y documentos de referencia relacionados con la fragmentación de hábitats y la conectividad del territorio

Fecha de última actualización de los datos: 02/02/2009

Normativa específica sobre fragmentación y conectividad del territorio

ÁMBITO ESTATAL

Estrategia nacional de corredores ecológicos: Se desconoce.

ÁMBITO AUTONÓMICO

Estrategia regional de corredores ecológicos:

En elaboración en las autonomías de: Cataluña, Navarra, País Vasco.

No existe información de las siguientes comunidades: Andalucía, Aragón, Baleares, Canarias, Cantabria, Castilla y León, Castilla La Mancha, Comunidad de Madrid, Comunidad Valenciana, Extremadura, Galicia, La Rioja, Principado de Asturias y Región de Murcia.

Otras normativas:

Andalucía

- Decreto 112/2003, de 22 de abril, por el que se declara Paisaje Protegido el Corredor Verde del Guadiamar.

Canarias

- Orden de 18 de mayo de 2000, por la que se aprueba el Plan Director de la Reserva Natural Especial de El Brezal (Gran Canaria). Se propone establecer un corredor verde.

Cataluña

- En elaboración: Plan Territorial Sectorial de Conectividad Ecológica de Cataluña.

Extremadura

- Decreto 62/2003, de 8 de mayo, por el que se declara el Río Guadalupejo como Corredor Ecológico de Biodiversidad.
- Decreto 63/2003, de 8 de mayo, por el que se declara el Entorno de los Pinares del Tiétar Corredor Ecológico y de Biodiversidad.
- Decreto 136/2004, de 2 de septiembre, por el que se declara Corredor Ecológico y de Biodiversidad el Río Bembézar.
- Decreto 139/2006, de 25 de julio, por el que se declara el Corredor Ecológico y de Biodiversidad del río Alcarrache.

Normativa general que incluye especificaciones sobre fragmentación y conectividad del territorio

ÁMBITO EUROPEO

- Artículo 3 de la Directiva 79/409/CEE del Consejo, de 2 de abril de 1979, relativa a la conservación de las aves silvestres.
- Artículo 10 de 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.

ÁMBITO ESTATAL

- Ley 3/1995, de 23 de marzo, de Vías Pecuarias. Considera las vías pecuarias como auténticos corredores ecológicos.
- Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad:
 - Artículo 3: Definición de corredores (apartado 8°).
 - Art. 20: Corredores ecológicos y Áreas de Montaña.
 - Art. 46: Coherencia y conectividad de la Red Natura 2000.
- Real Decreto 2090/2008, de 22 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de desarrollo parcial de la Ley 26/2007, de 23 de octubre, de Responsabilidad Medioambiental. En su artículo 24

apartado 4.b) especifica cómo actuar en casos de reparación de daños para evitar que surjan problemas de fragmentación de hábitat.

ÁMBITO AUTONÓMICO

Andalucía

- Decreto 155/1998, de 21 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Vías Pecuarias de la Comunidad Autónoma de Andalucía. Se destaca su valor ecológico e importancia como corredor para la biodiversidad e intercambio genético de las especies faunísticas y florísticas.
- Ley 8/2003, de 28 de octubre, de la flora y fauna silvestres de Andalucía. En su artículo 18: *Protección de los hábitats y otros elementos del paisaje*, en el apartado 2 se mencionan los corredores ecológicos.

Aragón

- Ley 8/2004, de 20 de diciembre, de medidas urgentes en materia de medio ambiente: no se hace mención a corredores o conectividad ecológica, pese a abordar la creación de la Red de Espacios Protegidos de Aragón.
- Ley 10/2005, de 11 de noviembre, de vías pecuarias de Aragón, en el apartado f se habla de considerar las vías pecuarias como un instrumento de conservación de la naturaleza y mantener en ellas, como corredores naturales, la diversidad biológica, la presencia de flora ligada a estas áreas y el desplazamiento de las especies de fauna.
- Ley 15/2006, de 28 de diciembre, de Montes de Aragón, en el artículo 61, apartado 7: prevé “establecer corredores biológicos entre los montes catalogados o los protectores, o entre estos montes y otros espacios naturales protegidos y de interés...”.
- Decreto 291/2005, de 13 de diciembre, del Gobierno de Aragón, por el que se aprueban las Directrices Parciales de Ordenación Territorial del Pirineo Aragonés: Artículo 19. *Corredores ecológicos*.

Baleares

- Ley 6/1999, de 3 de abril, de las Directrices de Ordenación Territorial de las Illes Balears y Medidas Tributarias. En los artículos 21 y 54 menciona los corredores biológicos: *“La consideración de su conexión con otras áreas protegidas a través de los corredores biológicos constituidos por las franjas de las áreas de protección territorial (APT) y las áreas de prevención de riesgos (APR)”*.

Canarias

- Ley 19/2003, de 14 abril LCAN 2003\142. Aprueba las Directrices de Ordenación General y las Directrices de Ordenación del Turismo de Canarias. En la Directriz 17. *Criterios para la restauración* (NAD)

cita: *“1. Las intervenciones de recuperación de espacios degradados y las acciones de integración paisajística de las infraestructuras serán llevadas a cabo mediante el empleo de especies autóctonas. Se atenderá específicamente a corregir la fragmentación de los hábitats mediante el establecimiento de corredores biológicos...”*.

- Resolución de 30 enero 2007 LCAN 2007\58. Hace público el Acuerdo de la Comisión de Ordenación del Territorio y Medio Ambiente de Canarias de 1 de diciembre de 2006, relativo a la aprobación del Documento de Referencia para elaborar Informes de Sostenibilidad de Planes Insulares de Ordenación. En el Anejo en el que se describe el Documento de Referencia para elaborar Informes de Sostenibilidad de los Planes Insulares de Ordenación, en el apartado 7 propone incluir dentro del paquete de medidas: *“la definición de corredores ecológicos de ámbito insular y medidas para evitar la fragmentación de hábitats naturales”*.

Cantabria

- Ley 4/2006, de 19 de mayo, de Conservación de la Naturaleza de Cantabria. En su artículo 15 incluye los corredores biológicos como Áreas Naturales de Especial Interés.
- Ley de Cantabria 2/2004, de 27 de septiembre, del Plan de Ordenación del Litoral. En su artículo 14 menciona que *“el planeamiento deberá prever corredores ecológicos...”*.

Castilla y León

- Ley 3/2008, de 17 de junio, de aprobación de las directrices esenciales de ordenación del territorio de Castilla y León. En el Capítulo 3 se hace mención expresa al establecimiento de una Red de corredores ecológicos (apartado 3.4).

Castilla-La Mancha

- Ley 9/1999, de 26 de mayo, de Conservación de la Naturaleza. En el artículo 54 de Zonas sensibles, incluye los corredores biológicos en el apartado g.

Cataluña

- Decreto 293/2003, de 18 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento general de carreteras. El artículo 37.c determina que los estudios de impacto ambiental de los proyectos de carreteras deben contener, entre otros, la evaluación de impactos específicos, entre los cuales se mencionan los efectos de la infraestructura en relación a la fragmentación de hábitats naturales.
- Decreto 305/2006, de 18 julio, por el que se aprueba el Reglamento de Ley de Urbanismo. El artículo 46.3 determina que los usos y las construcciones admitidos por la Ley de urbanismo en suelo no urbanizable no afecten de manera negativa la conectividad territorial de los sistemas naturales o de los sistemas urbanos. El artículo 70 expone que

el Informe de Sostenibilidad Ambiental de los planes sometidos a evaluación ambiental debe contener la definición de los objetivos y criterios ambientales adoptados en la redacción del plan, entre otros aspectos, sobre la permeabilidad ecológica y el patrimonio natural.

- Ley Orgánica 6/2006, de 19 de julio, de reforma del Estatuto de Autonomía de Cataluña. El artículo 149 menciona que corresponde a la Generalitat de Catalunya la competencia exclusiva en el establecimiento y la regulación de las figuras de protección de espacios naturales y de corredores biológicos conforme a lo previsto en el artículo 144.2.
- Acuerdo de Gobierno GOV/112/2006, de 5 de septiembre, por el que se designan zonas de especial protección para las aves (ZEPA) y se aprueba la propuesta de lugares de interés comunitario (LIC). En el Anexo 8 en el que se exponen la directrices para la gestión de los distintos tipos de espacios de la Red Natura 2000, se detallan directrices para las infraestructuras viarias. Por ejemplo, se deberán identificar los tramos especialmente peligrosos para las especies de interés comunitario y se propondrán medidas correctoras oportunas que faciliten el paso de los individuos y reduzcan el riesgo de atropello; en la construcción de nuevas infraestructuras viarias se aplicaran las medidas correctoras adecuadas con el objetivo de asegurar la permeabilidad de las infraestructuras para la fauna silvestre; en el marco de la evaluación de impacto ambiental, se analizará, de forma preferente, la repercusión de la infraestructura viaria sobre los hábitats y especies de interés comunitario y se priorizará la alternativa que no afecte las áreas con su presencia.

Comunidad de Madrid

- Ley 8/1998, de 15 de junio, de Vías Pecuarias de la Comunidad de Madrid. Destaca la función de éstas como corredores biológicos.
- Ley 20/1999, de 3 de mayo, del Parque Regional del Curso Medio del río Guadarrama y su entorno. En el Preámbulo aparece citado como una de las razones que llevaron a proteger estas áreas: "...el establecimiento de corredores ecológicos que conecten los espacios naturales [...]".

Comunidad Valenciana

- En el proyecto de la nueva Ley de Conservación de la Naturaleza de esta comunidad, que está pendiente de aprobación, existe una referencia a los conectores ambientales, regulando esta materia.

Extremadura

- Ley 9/2006, de 23 de diciembre, por la que se modifica la Ley 8/1998, de 26 de junio, de Conservación de la Naturaleza y de Espacios Naturales de Extremadura. En ella establece dos figuras de protección a este respecto: "Corredores Ecológicos y de Biodiversidad" y "Corredores Ecoculturales".

Galicia

- No presenta normativa alguna en la que se haga referencia explícita a la fragmentación y la conectividad del territorio.

La Rioja

- Ley 9/1998, de 2 de julio, de Caza de La Rioja. En el artículo 56 sobre Conservación de hábitat cinegético menciona la necesidad de establecer corredores biológicos.
- Ley 4/2003, de 26 de marzo, de Conservación de Espacios Naturales de La Rioja. En el artículo 18 en el que definen las Áreas Naturales Singulares se mencionan los corredores: "*Las Áreas Naturales Singulares son espacios naturales que poseen un carácter singular dentro del ámbito regional en atención a sus valores botánicos, faunísticos, ecológicos, paisajísticos y geológicos, o a sus funciones como corredores biológicos, y cuya conservación se hace necesario asegurar aunque, en algunos casos, hayan podido ser transformados o modificados por la explotación y ocupación humana*".

Navarra

- Ley Foral 2/1993, de 5 de marzo, de Protección y Gestión de la Fauna silvestre y sus Hábitats. En el artículo 35 se hace referencia a los corredores biológicos.

País Vasco

- Ley 3/1998, de 27 de febrero, General de Protección del Medio Ambiente del País Vasco. Entre los objetivos está el de: "*proponer medidas de conservación estableciendo para el mantenimiento de la biodiversidad bancos de datos, corredores de biodiversidad...*".

Principado de Asturias

- Decreto 38/1994, de 19 de mayo, por el que se aprueba el Plan de Ordenación de los Recursos Naturales del Principado de Asturias. Se menciona el corredor de Leitariegos por su importancia para la conservación del oso pardo.

Región de Murcia

- Ley 7/95, de 21 de abril, de la Fauna Silvestre. Se hace mención a corredores biológicos en el artículo 34.

Documentos de referencia no normativos

Andalucía

- *Conectividad Ambiental. Las áreas protegidas en la cuenca mediterránea*. 2003. Junta de Andalucía.

Cataluña

- Mallarach, J.M.; Carrera, J.M.; Germain, J. 2006. *Bases per a les directrius de connectivitat ecològica de Catalunya*. Departament de Medi Ambient i Habitatge. Generalitat de Catalunya.

- Mayor i Farguell, X. 2008. *Connectivitat ecològica: elements teòrics, determinació i aplicació. Importància de la connectivitat ecològica com a instrument de preservació de l'entorn i d'ordenació del territori de Catalunya*. Documents de Recerca, 13. Consell Assessor per al Desenvolupament Sostenible. Generalitat de Catalunya.

Navarra

- García Fernández-Velilla, S. y Lekuona Sánchez, J. 1998. *Estudio para la constitución de una red de corredores biológicos*. Gobierno de Navarra.

País Vasco

- Gurrutxaga San Vicente, M. 2005. *Red de Corredores Ecológicos de la Comunidad Autónoma de Euskadi*.

Región de Murcia

- Dirección General de Medio Natural de la Región de Murcia. 2007. *Identificación y diagnóstico de la Red de Corredores Ecológicos de la Región de Murcia*.



Anexo III. Consideraciones generales sobre los modelos de hábitat

El hábitat de cualquier especie está definido por las necesidades vitales de ésta, como el alimento, la existencia de lugares de reproducción, la cobertura de la vegetación, etc. Sin embargo, estos factores raramente están cartografiados (lo que es necesario para delimitar el hábitat de las especies), por lo que se suele recurrir a aproximaciones mediante modelos realizados a partir de los datos de las variables ambientales disponibles en cartografía digital.

Los modelos de hábitat permiten determinar la calidad del hábitat o la probabilidad de presencia de las especies en el área de estudio, y son la base para elaborar los mapas de resistencias requeridos para calcular las rutas de mínimo coste y la identificación de corredores ecológicos. Mediante los SIG, los modelos de hábitat permiten relacionar la adecuación de las diferentes capas de información geográfica disponibles, como los usos del suelo, la topografía o las molestias antrópicas a las preferencias de las especies. Los más frecuentemente utilizados son:

- a) *Cartografía de hábitats faunísticos*: es la aproximación más simplificada. Se basa en cartografía de hábitats, identificando el tipo de hábitat al que se asocia cada especie. En estos casos, los corredores ecológicos suelen definirse mediante una simple reclasificación de las manchas de paisaje según su afinidad por el taxón que sirve de objetivo.
- b) *Los Modelos de Idoneidad de Hábitat*: este método se basa fundamentalmente, en cuantificar la calidad del hábitat en función de la especie o las especies de interés, para, una vez categorizado, estimar las áreas más probables por las que las especies realizarán sus desplazamientos. Hay dos formas de construir estos modelos (ver más detalles en los apartados que se muestran a continuación):
 - Basados en revisión bibliográfica y opinión de expertos.
 - Basados en técnicas empíricas (datos de campo) y estadísticas.
- c) *Los Modelos Basados en el Individuo*: requieren información muy exhaustiva de las especies y pueden

ser útiles aplicados a pequeñas áreas o para taxones de interés de los que se disponga de mucha información. Son modelos de presencia diseñados para plasmar cartográficamente el patrón de movimientos más probable de una especie (p.ej., a partir de datos procedentes del radioseguimiento de una especie), pero no tienen en cuenta información relativa al proceso que sigue la población. Se pueden complementar para predecir la posible dinámica poblacional y su persistencia con modelos de Análisis de Viabilidad de Poblaciones (PVA).

Entre los diferentes tipos de modelos existentes en la actualidad, los más precisos para modelizar la distribución y el movimiento de las especies son aquellos basados en datos de campo, especialmente los procedentes de trabajo de marcaje y radioseguimiento o los procedentes de censos específicos (estimas de presencia o abundancias). No obstante, estos modelos suelen requerir un elevado esfuerzo para la obtención de datos suficientes para el correcto desarrollo de los modelos por lo que su aplicabilidad de forma generalizada para los estudios de fragmentación en el marco de la planificación de infraestructuras de transporte es limitada (si bien puede estar justificada en casos especiales).

Por el contrario, los modelos basados en la bibliografía y la experiencia de especialistas en el conocimiento de la biología de las especies, sin llegar a ser tan precisos como los anteriores, ofrecen una solución razonable en términos de rentabilidad para los objetivos generales planteados en un análisis de fragmentación o conectividad, permitiendo realizar de forma sencilla y sin la necesidad de la toma de datos detallados en campo para todas las especies del área de estudio, los modelos de idoneidad de hábitat requeridos en el proceso.

Como cualquier modelo, esta aproximación implica incertidumbre y ciertas asunciones simples, por lo que no reflejan la realidad absoluta, pero permiten estimar o predecir de forma razonable las zonas más favorables para el movimiento de las especies en el marco de los objetivos del presente documento. Aparte de esta limitación, existen otras razones para usar modelos en lugar de mapas pintados a mano por expertos en las especies u otras aproximaciones intuitivas:

- 1) Desarrollar el modelo implica tener que reflejar abiertamente las asunciones.
- 2) Usar el modelo hace que explícitamente nos ocupemos de interacciones (por ejemplo, entre la

movilidad de la especie y la longitud del corredor) que de otra manera no se tendrían en cuenta.

- 3) El modelo es transparente, estando cada algoritmo y parámetro del modelo disponibles para que cualquier persona revise y discuta.
- 4) El modelo es fácil de revisar cuando se disponga de mejor información.

Numerosos paquetes estadísticos sirven para la realización de modelos de hábitat y algunos análisis espaciales, existiendo tanto programas comerciales (SPSS, Statistica, S-Plus) como de libre acceso (www.r-project.org). Entre los paquetes de software específicos para la realización de modelos de hábitat cabe destacar Biomapper (<http://www2.unil.ch/biomapper/>) y Maxent (<http://www.cs.princeton.edu/~schapire/maxent/>)

Modelos basados en bibliografía y opinión de expertos

Es una de las técnicas más comúnmente utilizadas para modelizar la idoneidad del hábitat de las especies focales. Se utilizó por primera vez en la década de los años 80 siguiendo las ideas y los trabajos iniciados por el *Fish and Wildlife Service* de los Estados Unidos, país donde el uso de estos modelos está muy generalizado.

El procedimiento requiere que los analistas (técnicos especialistas) asignen un peso a cada factor de hábitat y un valor de idoneidad a cada clase dentro del mismo, en función del conocimiento y la experiencia sobre la biología y los requerimientos de la especie en cuestión. A continuación, los valores de idoneidad de todos los factores del hábitat son combinados para crear un único mapa de idoneidad con un valor de idoneidad para cada píxel del territorio. Los dos métodos más generalizados para combinar los factores son los modelos de la media aritmética (o aditivo) y la media geométrica (para más información consultar *Habitat Evaluation Procedures Handbook*).

Los modelos basados en bibliografía son relativamente sencillos de realizar y no requieren la toma de datos detallados en campo para todas las especies del área de estudio, permitiendo la realización de análisis y la identificación de corredores ecológicos de manera rápida. No obstante, también hay que tener en cuenta

que están sujetos a una cierta incertidumbre y subjetividad a la hora de trasladar la información de la bibliografía a los valores de idoneidad de hábitat. En este sentido, es importante la justificación adecuada de estas decisiones con el fin de garantizar la transparencia global del proceso.

Modelos basados en datos de campo (modelos empíricos-estadísticos)

Este tipo de modelos únicamente pueden llevarse a cabo si existe información sobre la presencia-ausencia o la abundancia de las especies en la zona de estudio. Se basa en aplicar modelos empíricos y estadísticos que relacionen la ocurrencia de las especies con los factores del hábitat. Existen numerosas técnicas estadísticas como los modelos lineales generalizados, modelos aditivos generalizados (p.ej., mediante regresión logística o de Poisson), modelos de redes neuronales, árboles de regresión y clasificación, o algoritmos genéticos, que se pueden usar para elaborar mapas de probabilidad de ocurrencia de las especies en cada píxel del territorio. La selección de una u otra técnica dependerá fundamentalmente de la información de partida (p.ej., datos de presencia-ausencia o solo presencias) así como de los medios técnicos y la capacidad de los paquetes o herramientas estadísticas disponibles.

El proceso parte de la extracción de los datos necesarios para la elaboración de dichos modelos a partir de las capas de información geográfica sobre los factores del hábitat, usando como referencia una capa de ocurrencias o de presencias-ausencias de las especies. A partir de estos datos, los modelos se pueden desarrollar mediante diversos paquetes estadísticos. El modelo resultante volverá a ser integrado en el SIG con el fin de elaborar el mapa de probabilidad de ocurrencia de las especies.

Los modelos empíricos suelen ser más precisos que los basados en criterio experto e información bibliográfica, aunque requieren como mínimo la adquisición de un conjunto de datos suficiente y de calidad para cada una de las especies focales consideradas en el área de estudio, lo que puede suponer unos costes económicos y de tiempo elevados.

Anexo IV. Factores de hábitat empleados en la construcción de modelos

1. Coberturas y usos del suelo

Las coberturas y los usos del suelo destacan como los factores más importantes en los modelos de hábitat para la mayoría de las especies debido a su estrecha relación con requerimientos de las mismas como la disponibilidad de alimento, de refugios o de posibles fuentes de molestias de origen antrópico.

Las clases del suelo no incluirán únicamente los diferentes tipos de formaciones vegetales, sino también otras como las zonas urbanas, las infraestructuras viarias, explotaciones mineras o las láminas de agua, todas ellas de gran interés para evaluar la idoneidad del hábitat de los organismos.

La cartografía de coberturas y usos del suelo suele estar organizada de forma jerárquica, dependiendo del número de clases y el nivel de detalle de las representaciones de cada fuente en particular. Por ejemplo, la nomenclatura de la base de datos de CORINE CLC2000 de España (años 1999-2002) es jerárquica e incluye 44 clases al tercer nivel europeo, existiendo también clases de ocupación del suelo a los niveles 4 y 5 para el ámbito español.

De manera general, para la elaboración de los modelos se deben agrupar y simplificar (o manejar niveles de detalle intermedios, por ejemplo, CORINE CLC nivel 3) debido a que muchas de ellas están muy relacionadas o son funcionalmente similares para las especies. La agrupación, además, minimiza el efecto de los errores de clasificación existente entre clases afines a niveles más detallados.

Existen diversas fuentes de información cartográfica de coberturas y usos del suelo a escala nacional, presentándose en el apartado 4.2 de forma sintética las principales características de algunas de ellas.

Las escalas a las que están disponibles van desde 1:100.000 en el caso de la base de datos Europea de Ocupación del suelo (CORINE; unidad mínima cartografiada 25 ha) a 1:50.000 en el caso por ejemplo de los Mapas Forestales de España. Actualmente se está trabajando para proporcionar información sobre las formaciones forestales, y sobre coberturas y usos del

suelo a escala 1:25.000 (unidad mínima cartografiada entre 0,5 y 2 ha, dependiendo de las clases). Entre estos trabajos destaca el Sistema de Información de Ocupación del Suelo en España (SIOSE), cuya difusión está prevista a partir del año 2009 y que pretende integrar la información de las bases de datos de ocupación del suelo de la Administración General del Estado (MCA, MFE, SIGPAC, BDNC, etc.) y las Comunidades Autónomas.

2. Variables topográficas

Algunas variables topográficas (altitud, orientación...) influyen de forma directa o indirecta en la presencia de los hábitats y en la utilización de los mismos por ciertas especies, a través de condiciones como la cobertura de vegetación o el ambiente térmico. Además, otras variables (pendiente, posición topográfica...) afectan directamente a los movimientos de muchas especies.

Las elevaciones del ámbito de estudio se deben presentar en un modelo digital del terreno (MDT) y a partir del mismo se pueden calcular diversas variables derivadas, como la pendiente, la orientación, la posición topográfica, etc. Estos cálculos pueden ser realizados bajo la mayor parte de las plataformas SIG.

Los MDT se pueden generar de diversas maneras, a partir de información de los mapas topográficos o de la procedente de sensores remotos (satelitales o aerotransportados). A escala nacional, el Instituto Geográfico Nacional produce sus modelos en coordenadas UTM, malla regular GRID, con pasos de malla de 200 metros (MDT 200) y de 25 metros (MDT 25).

3. Altitud

Se usa la altitud como un factor cuando los hábitats o las especies modeladas aparecen restringidas en un rango altitudinal. A partir de la información bibliográfica sobre los hábitats o las especies focales se suelen reconocer diferentes clases de altitud, a las que se asocia si es posible una interpretación biológica:

- 3 clases: por debajo, dentro o por encima del rango altitudinal de la especie.
- 5 clases: si la información sobre los requerimientos de la especie son más precisos y se quieren ajustar diferentes valores de idoneidad para las clases entorno al rango conocido.

4. Posición topográfica y formas del relieve

La posición topográfica está correlacionada con diversos parámetros determinantes de los hábitats, como la cobertura de vegetación, la humedad del terreno... y es un factor relevante para el movimiento de muchas especies. Por ello, se trata de una variable de especial interés para modelos basados en costes de desplazamiento.

La posición topográfica se puede calcular a partir de un MDT clasificando los píxeles en una serie de clases como:

- a) Fondos de valle.
- b) Llanuras y laderas suaves.
- c) Laderas escarpadas.
- d) Cresta o cimas.

Los algoritmos para calcular la posición topográfica u otras formas del relieve (por ejemplo, los propuestos por J. Jenness, <http://www.jennessent.com/>) se basan en cálculos SIG mediante una ventana móvil cuyo tamaño ha de ser establecido por el analista. Tamaños de ventana de 200-300 m suelen dar resultados razonables.

5. Pendiente y escabrosidad del terreno

La pendiente y la escabrosidad del terreno se relacionan con el coste de desplazamiento y otras cuestiones como, por ejemplo, la protección frente a depredadores, lo que puede determinar la idoneidad del hábitat para algunas especies. Su cálculo se puede realizar directamente en el SIG a partir del MDT.

6. Orientación

La orientación puede determinar la insolación, la temperatura del terreno, la vegetación... por lo que puede ser de interés para modelar ciertos hábitats focales, pero no es un factor muy usado en los modelos de idoneidad de hábitat de animales. Al igual que en el caso anterior, se puede calcular directamente en el SIG a partir del MDT.

7. Distancia a ríos o humedales

La distancia al río o al humedal más cercano se asocia con la disponibilidad de agua y alimento, así como con el movimiento de algunas especies. De hecho, los ríos son considerados de manera general como corredores ecológicos que facilitan el tránsito de especies y procesos. Muchas especies están ligadas directamente a los ríos y humedales (por ejemplo, los peces) y otras (por ejemplo los anfibios) dependen de ellos para su reproducción, estando su distribución restringida a una distancia relativamente corta de dichos elementos del

territorio. En función de este hecho y de las características del hábitat o especie modelada, se pueden establecer clases de distancia, de manera similar a lo comentado en el caso de la altitud.

La información relativa a los cursos de agua, humedales y láminas de agua suele disponerse en capas específicas de información sobre hidrología o red hidrográfica. También se consideran dentro de las clases de coberturas del suelo, si bien, en los casos de cartografía a escala poco detallada, no se suelen recoger los elementos de pequeño tamaño, entre los que se pueden incluir pequeñas charcas o humedales de interés para ciertas especies focales.

8. Molestias antrópicas

La mayoría de los modelos de hábitat suelen considerar variables relacionadas con la perturbación antrópica tales como aquellas asociadas a carreteras (densidad de carreteras o distancia a la carretera más próxima) o a núcleos urbanizados (densidad de población o distancia a zonas urbanas).

Entre estas variables destaca la distancia a carreteras, siendo el factor más recomendable para incluir en los modelos de idoneidad de hábitat la distancia euclídea a la carretera (u otras infraestructura de transporte) más cercana. La distancia a estos elementos lineales se puede calcular fácilmente en un SIG.

Otras variables, como la densidad de carreteras o zonas urbanas, son más sensibles a efectos de la escala y otros parámetros de cálculo, lo que dificulta su aplicación y la comparación de resultados entre diferentes modelos.

9. Presencia de barreras

Existen diversas barreras que pueden impedir el tránsito de las especies, tanto naturales (cadenas montañosas, embalses...) como artificiales (autopistas, zonas urbanizadas...). Muchas de estas barreras se pueden incluir en los modelos a partir de su representación en la cartografía de coberturas y usos del suelo, asignándoles valores mínimos de idoneidad de hábitat.

En general no es recomendable valorar de forma específica los píxeles que contengan estructuras de paso potencial en las infraestructuras de transporte (por ejemplo, un paso específico para la fauna, drenajes...) y asignarles una baja resistencia (alta idoneidad respecto al resto de la carretera). Dicha forma de actuar puede forzar a los modelos a establecer corredores ecológicos a través de dichas estructuras, incluso en aquellos casos en los que estén ubicados en hábitats no idóneos para las especies. Esto impide evaluar correctamente la movilidad y las zonas óptimas de paso de las especies en función de sus requerimientos puramente ecológicos.

Anexo V. Elaboración de un modelo de estimación de la idoneidad del hábitat

En los siguientes apartados se describen, mediante ejemplos sencillos, los tres pasos básicos necesarios para realizar un modelo de idoneidad de hábitat.

1. Asignación de los valores de idoneidad

El procedimiento requiere en primer lugar que los especialistas asignen una puntuación de idoneidad a cada

clase dentro de cada factor de hábitat, en función de la información sobre los requerimientos ecológicos del hábitat o la especie en cuestión.

Los valores de idoneidad se asignan en una escala arbitraria, tradicionalmente de 0 a 1 o de 0 a 100. Es importante que estas puntuaciones tengan una interpretación biológica clara, como la propuesta que se muestra en la Tabla V.1.

Tabla V.1. Ejemplo de interpretación biológica de los valores de idoneidad de hábitat propuestos en una escala de 0 a 100. Esta escala de valoración se podría aplicar a valores de calidad procedentes de diferentes fuentes, como el juicio experto o la probabilidad de presencia calculada a partir de un modelo de distribución.

Valor de idoneidad de hábitat	Interpretación biológica
100	Mejor hábitat, mayor supervivencia y éxito reproductivo.
80	Valor mínimo típicamente asociado con éxito reproductivo.
60	Valor mínimo asociado con uso habitual y reproducción; umbral de tesela.
30	Valor mínimo asociado con uso ocasional para actividades no reproductivas.
<30	Hábitats evitados.
0	Hábitats totalmente inadecuados.

A la hora de asignar las puntuaciones se puede considerar la incertidumbre de las estimas indicando los rangos de los parámetros observados en la bibliografía, o considerando las puntuaciones medias del valor junto con un estimador de incertidumbre (p.ej., percentil 80%) calculado a partir de los valores originales aportados por diferentes expertos.

La experiencia ha demostrado que los modelos basados únicamente en la opinión de expertos en la biología de las especies en cuestión son significativamente peores que los que además se apoyan en la bibliografía. Por ello, se deberá revisar la bibliografía sobre

selección de hábitat de las especies focales o especies ecológicamente afines. De no existir referencias para alguna de las estimas, se deberá especificar si éstas se basan en datos propios o en el conocimiento personal. En todo caso, se deben justificar adecuadamente (por ejemplo mediante referencias) los valores propuestos a fin de obtener modelos más creíbles y con mayor peso en las decisiones de conservación y planificación.

Este procedimiento se debe aplicar a todas las variables que vayan a incluirse en el modelo, tal y como se presenta a modo de ejemplo en la Tabla V.2.

Tabla V.2. Puntuación de las clases de diversos factores en función de la idoneidad de hábitat para una hipotética especie focal.

Cobertura del suelo		Altitud		Posición topográfica		Distancia a carretera	
Clase (j)	Puntuación (V _j)	Clase (j)	Puntuación (V _j)	Clase (j)	Puntuación (V _j)	Clase (j)	Puntuación (V _j)
Zonas forestales	90	0-600 m	0	Fondos de valle	60	0-100 m	10
Matorrales	60	600-800 m	40	Llanuras	80	100-250 m	30
Pastizales	30	800-1.200 m	100	Laderas	40	250-500 m	50
Zonas agrícolas	30	1.200-1.600 m	40	Crestas	20	500-1.000 m	80
Zonas urbanas	0	>1.600 m	0	—	—	>1.000 m	100

En el contexto del presente documento, se asume que la idoneidad de hábitat y permeabilidad son sinónimos, y que ambos son inversamente proporcionales al coste ecológico de desplazamiento. No obstante, la mayor parte de la información disponible sobre las especies se centra en el uso del hábitat más que en sus movimientos. Por ello es más fácil asignar valores de idoneidad a cada factor en función de las preferencias de hábitat que por su resistencia al movimiento de las especies.

2. Asignación de los pesos de cada factor

Para reflejar la importancia relativa de los diferentes factores (cobertura y usos del suelo, altura, topografía, distancia a carreteras...) en la idoneidad del hábitat para las especies focales se asignará un peso porcentual entre 0 (no relevante) y 100 (máxima importancia) para cada uno de los factores. En la Tabla V.3. se muestra un ejemplo de ello.

Tabla V.3. Ponderación de diferentes factores de hábitat en función de la idoneidad para una hipotética especie focal.

Factor (i)	Peso (P _i)
Cobertura y usos del suelo	75%
Altitud	0%
Posición geográfica	15%
Distancia a carretera	10%

La vegetación y los usos del suelo suelen tener una gran importancia en la mayoría de los modelos de selección de hábitat, estando además íntimamente relacionados con otros factores como la topografía o la altitud. Por lo tanto, estos otros factores suelen reflejar una influencia adicional que, en ocasiones, puede ser nula. En esas circunstancias se les podrán asignar pesos del 0%. También se podrá indicar la incertidumbre de las estimas indicando los pesos mínimos y máximos de cada factor (los cuales no tienen por qué sumar 100%).

Si existen otros factores determinantes para los que no se cuenta con datos entre la información geográfica básica de partida se indicarán expresamente estas limitaciones del modelo y se intentarán suplir las carencias de información.

3. Combinación de los factores de hábitat

Existen diferentes algoritmos para combinar los múltiples factores de hábitat en un solo valor de idoneidad de hábitat de cada píxel, pero los más generalizados son:

- **Media aritmética ponderada:** se calcula como una media ponderada, sumando los productos del valor de puntuación de cada clase j (V_j) por el peso del respectivo factor i (P_i), y dividiendo por el sumatorio de los pesos de los factores.

$$\text{Media aritmética ponderada} = \frac{\sum_{i=1}^n P_i \cdot V_j}{\sum_{i=1}^n P_i}$$

- **Media geométrica ponderada:** Se calcula multiplicando las puntuaciones de cada clase j elevadas al peso del factor i y elevando dicho producto al inverso de la suma de los pesos de los factores.

$$\text{Media geométrica ponderada} = \left(\prod_{i=1}^n v_j^{p_i} \right)^{1/\sum_{i=1}^n p_i}$$

Bajo ciertas condiciones estos algoritmos ofrecen resultados similares. Las principales diferencias entre ambos son que, usando la media aritmética, la falta de un factor (valor = 0) puede ser compensada

por otros factores. Por el contrario, el uso de la media geométrica refleja mejor aquellas situaciones en las que un factor limita la presencia o el movimiento de las especies, de forma que no puede ser compensado por valores altos de idoneidad (o baja resistencia) de otros factores. Esta última es la opción más recomendable.

En el caso desarrollado, y teniendo en cuenta que la altitud ha recibido un peso 0, el modelo sería:

$$\text{Idoneidad del hábitat del píxel}^6 = \text{CobSue}^{P_{\text{CobSue}}} * \text{Topogr}^{P_{\text{Topogr}}} * \text{DstCar}^{P_{\text{DstCar}}}$$

⁶ La media geométrica ponderada es igual al producto ponderado si la suma de los pesos resulta igual a 1, como es el caso.

Anexo VI. Metodologías para la identificación de corredores ecológicos

Existen numerosos procedimientos para obtener mapas de conectividad. Entre los más normalizados cabe citar las métricas del software FRAGSTATS

(<http://www.umass.edu/landeco/research/fragstats/fragstats.html>), las desarrolladas recientemente por J. Jenness y D. Majka para ArcGIS (<http://www.corridordesign.org>) y el cálculo de las distancias de coste de IDRISI.

A continuación se describen dos de ellos desarrollados en España para los que existe también software disponible.

ALgoritmo para la Conectividad Regional (ALCOR)

El programa ALCOR se ejecuta en un Sistema de Información Geográfica en formato ráster, y sirve tanto para comparar la conectividad del territorio en diferentes escenarios (con proyecto y sin proyecto, eliminando ciertas teselas de hábitat...) como para generar mapas de conectividad ecológica.

Los datos de entrada son: la distribución de la especie o el hábitat objeto de estudio en el territorio de trabajo, su idoneidad o potencial ambiental para el territorio en cuestión (ajustado mediante procedimientos estadísticos inductivos —Árboles de Clasificación y Regresión, Modelos Lineales Generalizados, Redes Neuronales, etc.— a partir de la distribución geográfica existente y capas descriptivas del territorio) y su escala de dispersión (una variable que se parametriza como la distancia umbral a la que dos manchas de distribución pueden considerarse como dos poblaciones diferentes).

La capa de idoneidad ambiental sirve para codificar la fricción del paisaje al tránsito de la especie o la expansión del hábitat mediante una función inversa. Esta fricción, junto con la configuración espacial de las poblaciones o núcleos de distribución, es usada para calcular una superficie de coste que refleja la fricción acumulada para llegar desde cada localización (celda) del territorio al núcleo de población más cercano.

La capa de coste en formato ráster es una superficie cuya topografía contiene vaguadas, collados, valles y ondulaciones que reflejan la facilidad de tránsito de la especie dada sobre el paisaje en cuestión. Por tanto, en sí misma es un mapa de conectividad y como tal puede usarse para identificar el papel de cada zona en la movilidad de la especie o la expansión del hábitat. Además, las diferencias en las topografías de facilidad de tránsito sirven para comparar diferentes escenarios modelados.

Para más detalles ver: Del Barrio, G. y Ruiz, A. 2006. **ALCOR: software para estimar la conectividad ecológica**. Registro de la Propiedad Intelectual de Almería, solicitud nº 61/06. Almería.

PC- Índice de Probabilidad de Conexión

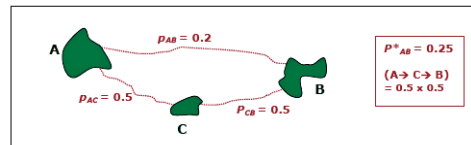
El índice PC se define como la probabilidad de que dos animales dispuestos al azar en el territorio pudiesen llegar a áreas de hábitat interconectadas por un conjunto de n teselas de hábitat y sus conexiones p_{ij} entre ellas. Se obtiene mediante el siguiente algoritmo:

$$PC = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n a_i a_j p_{ij}^*}{A_L^2}$$

donde a_i y a_j son las áreas de las teselas de hábitat i y j , y A_L es el área total del territorio (ámbito de estudio, incluyendo tanto las teselas de hábitat como la matriz entre estas). Estas variables también se pueden referir a otros atributos diferentes del área de la parcela, como la calidad del hábitat u otra característica de la tesela que se considere relevante para el análisis (calidad ponderada por el área, idoneidad del hábitat, capacidad de carga, tamaño poblacional, etc.). El valor de PC varía entre 0 y 1, aumentando a medida que mejora la conectividad.

Continúa →

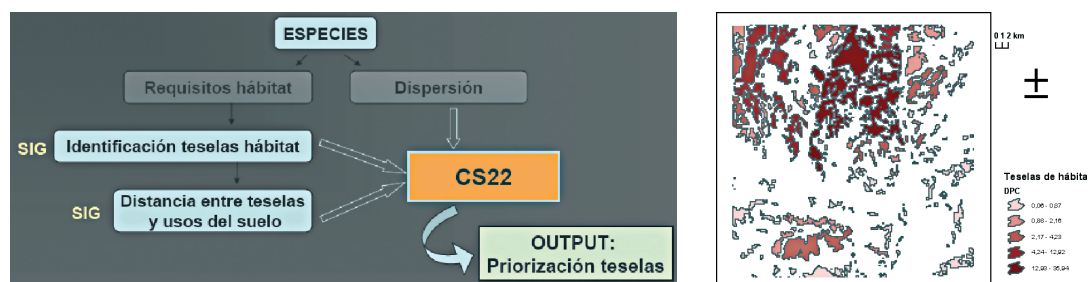
Este índice está basado en la teoría de grafos estableciendo, de manera probabilística, relaciones entre nodos (teselas) y enlaces, en función de la configuración de las teselas de hábitat y la capacidad dispersiva de cada especie focal.



Ejemplo del cálculo de la máxima probabilidad producto de conectar A y B (p^*_{AB}) en un paisaje sencillo, a través de una tesela intermedia, que resulta mayor que la probabilidad de dispersión directa entre esos mismo nodos A y B (p_{AB}).

Esta aproximación permite:

- Realizar análisis complejos de conectividad.
- Caracterizar la importancia relativa de cada tesela de hábitat para el mantenimiento de la conectividad global del territorio y su valor frente a la fragmentación.



Este índice se puede calcular mediante el software **CONEFOR Sensinode 2.2 (CCS2)**.

- CS22 incluye diversos algoritmos de grafos e índices de disponibilidad de hábitat descritos para el análisis de la conectividad, incluido el índice PC.
- Es un programa *freeware* que se puede descargar libremente desde www.udl.es/usuarios/saura/cs22.htm, funcionando en cualquier PC con sistema operativo Windows.

Para más detalles consultar Saura y Pascual-Hortal (2007).

El índice PC se puede utilizar partiendo de información procedente de un estudio detallado de corredores ecológicos, o bien prescindiendo de la generación de mapas de resistencias y asumiendo que la conectividad es función únicamente del tamaño y distancia entre teselas. Estas aproximaciones más sencillas pueden ser de utilidad en ámbitos espaciales muy extensos con unos objetivos más limitados en las fases finales de definición de la traza, o en ámbitos muy reducidos, para los que no tenga sentido la identificación de corredores ecológicos por requerirse únicamente estudios de movilidad de fauna para la ubicación de medidas correctoras específicas.

Descripción de un método de análisis de la conectividad e identificación de corredores

La metodología que se describe a continuación se basa en analizar la permeabilidad del paisaje y en calcular las distancias de mínimo coste de desplazamiento. Consta de dos pasos fundamentales:

1^{er}. paso: Elaboración de un mapa de coste acumulado de desplazamiento

Los pasos a seguir para elaborar un mapa de costes de desplazamiento son los siguientes:

- 1) **Crear un mapa de resistencias para cada especie o hábitat focal** (por ejemplo, el inverso de

la idoneidad del hábitat). Los modelos de resistencias se podrán realizar **sólo para aquellas especies o hábitats que cumplan los siguientes requisitos:**

- a) Se conozca lo suficiente sobre el movimiento de la especie (o sus polinizadores obligados o dispersantes de semillas) para estimar el coste de desplazamiento acumulado a partir de las capas de información geográfica disponibles⁷.
 - b) La especie esté presente, o lo haya estado en tiempos históricos, en ambas áreas focales a conectar, y sea capaz de moverse entre estas (aunque no necesariamente en una sola generación).
 - c) La escala temporal del movimiento entre las áreas focales sea menor, o no mucho mayor, que la escala temporal a la que los elementos cartográficos representados actualmente puedan ser reemplazados por eventos naturales u otras transformaciones (por ejemplo, algunas especies de árboles pueden tardar decenas o centenares de años en dispersarse entre zonas alejadas).
- 2) **Seleccionar los términos en cada área focal a conectar** como puntos de inicio y final para modelizar los corredores de las especies o hábitats focales.
 - 3) **Calcular el valor de coste-distancia de cada píxel** para realizar un **mapa de coste acumulado de desplazamiento**.

La capa de coste resultante es en sí misma un mapa de conectividad, pues refleja la facilidad de tránsito de cada especie en cuestión sobre el territorio, pudiendo usarse para evaluar el papel de las diferentes zonas en la movilidad de las especies o la expansión de los hábitats, así como para analizar efectos de fragmentación.

A continuación se describen sucintamente estas tareas.

Generación de mapas de resistencias

Se entiende por resistencia, o coste de desplazamiento, el coste ecológico de movimiento de las especies o hábitats focales a través de cada píxel del territorio. Para generar un mapa de resistencias será necesario haber definido previamente el procedimiento para estimar los valores de resistencia de cada clase de píxel (caracterizados por los diferentes factores de hábitat). Para ello, básicamente hay dos opciones:

- a) Calcular la resistencia directamente, elaborando un modelo similar al de idoneidad de hábitat pero

cambiando el signo de los valores asignados a cada clase de factor.

- b) Calcular la resistencia como el inverso del mapa de idoneidad o permeabilidad del hábitat:

Resistencia (R) = Idoneidad máxima – Idoneidad del píxel.

Por ejemplo, si se ha calculado la idoneidad del hábitat en un rango entre 0 y 100,

Resistencia (R) = 100 – Idoneidad del píxel.

Identificación de los términos de los corredores ecológicos

Los términos son las partes de las áreas focales que sirven como puntos de inicio o final de los corredores ecológicos. Se pueden definir como un punto (un píxel), un borde lineal (p.ej., el límite de un espacio natural protegido) o una tesela (p.ej., una tesela de gran calidad de hábitat para una especie focal dentro de un espacio natural protegido).

Se puede considerar toda el área focal como un término para cada especie focal aunque, en algunos casos, puede existir más de un término potencial en cada área focal. En este caso puede ocurrir que los términos del corredor queden alejados de los hábitats potenciales de las especies focales, por lo que es recomendable restringir los términos a las teselas de hábitat potencial o conocido de las especies focales dentro del área focal.

A la hora de establecer los términos dentro de un área focal se priorizarán los siguientes criterios:

- a) Núcleos poblacionales conocidos.
- b) Teselas detectadas tras la modelación como Núcleos Poblacionales Potenciales.
- c) Teselas identificadas tras la modelación como de Reproducción Potencial.
- d) Píxeles que superen el umbral de hábitat para la reproducción.

Cálculo del mapa de coste acumulado de desplazamiento

Los píxeles de menor resistencia no suelen formar bandas continuas en el paisaje (Figura VI.1). Para calcular los píxeles de baja resistencia mejor conectados se calcula el coste de cada píxel como la menor resistencia acumulada posible entre dicho píxel y los términos de cada área focal, tomando como referencia el siguiente cálculo básico:

Camino de menor coste acumulado (camino óptimo) = $\min \sum R_{i,j}$

es decir, el mínimo de la suma de las resistencias (R) de los píxeles entre el término de un área focal y el píxel en cuestión.

Sumando el coste de desplazamiento desde dos áreas focales se produce un mapa, para todas las celdas del área de estudio, con el mínimo coste de desplazamiento ponderado entre las dos áreas focales.

⁷ Las especies focales cuyo movimiento sea difícil de modelizar, ya sea por falta de información o por condiciones propias del mismo que hacen difícil predecir su movimiento a partir de capas de información espacial (p. ej. especies que pueden volar, o cuyos propágulos son dispersados por el viento, como ciertas plantas e insectos), se acomodarán en las fases finales del estudio de conectividad mediante modificaciones del diseño básico de corredores específicos a partir de sus modelos de idoneidad de hábitat.

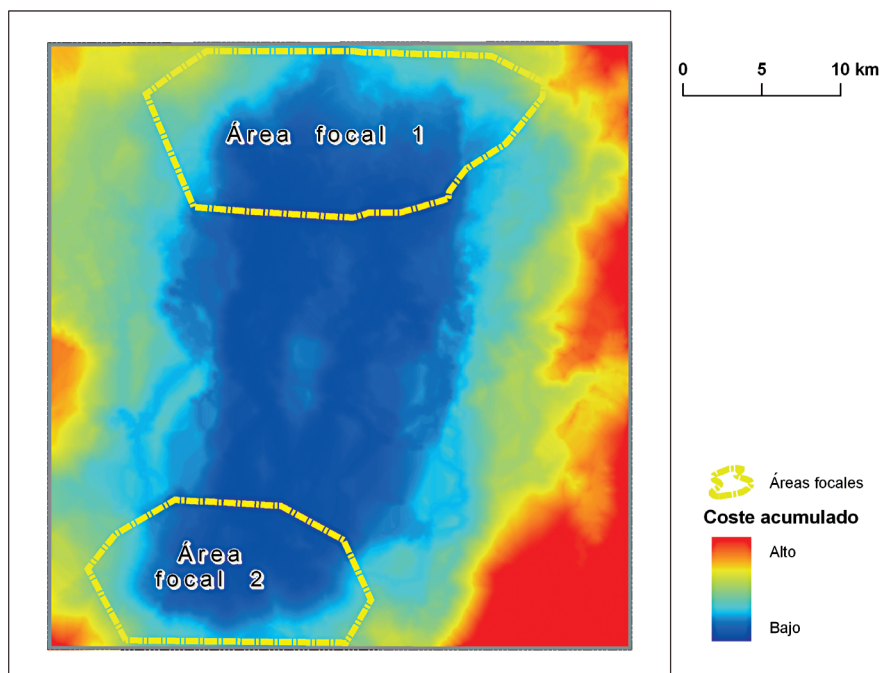


Figura VI.1. Mapa de coste acumulado para el movimiento de una especie focal entre las áreas focales 1 y 2. Elaborado con CorridorDesign. Fuente: TEG-UAM/SECIM.

2º paso: Identificación de corredores ecológicos

El proceso para identificar corredores ecológicos se basa en una aproximación a partir de la combinación de corredores para las especies y/o hábitats focales, los cuales se obtienen a partir de los respectivos mapas de costes de desplazamiento.

Los pasos para realizar dicha identificación son los siguientes:

- Seleccionar la(s) ruta(s) de menor coste entre los términos de las áreas focales como corredor(es) de cada especie o hábitat, a partir de los respectivos mapas de coste de desplazamiento.
- Combinar los corredores identificados para las distintas especies o hábitats para crear corredores ecológicos.
- Modificar y ajustar los corredores resultantes con el fin de:
 - Que sirvan para especies focales para las cuales no se ha podido identificar corredores mediante modelos.
 - Eliminar aquellos corredores redundantes.
 - Considerar otros objetivos de conservación.

A continuación se presenta una descripción de estos pasos o tareas.

Identificación de corredores de las especies y hábitats focales

A partir del mapa de coste acumulado, se puede considerar que los percentiles más bajos de los valores de coste de desplazamiento forman bandas o franjas continuas de territorio que definen los corredores ecológicos de cada especie.

La anchura de los corredores resultantes del proceso anterior será variable en función del umbral máximo (percentiles) de coste de desplazamiento que se considere para cada polígono resultante. A medida que el umbral es mayor, el número de posibles corredores también puede aumentar (Figura VI.2). Se recomiendan valores del 1% o 2% (máximo 5%) de píxeles más permeables que deberían permitir el movimiento de las especies focales, si bien se requerirá un proceso de evaluación iterativo que evalúe las diferentes opciones en términos de conservación de las especies o hábitats focales.

Es recomendable que los umbrales de corte y los corredores específicos resultantes de este proceso sean revisados y valorados por uno o más expertos en la especie, y por personas que estén familiarizadas con el área de estudio. Para ello es de gran utilidad la representación de varios niveles de corte posibles, tal y como se muestra en la Figura VI.2.

Como puede apreciarse en la figura, el umbral definido determina la anchura de los corredores identificados, con una anchura tanto mayor cuanto más amplio sea el percentil aplicado. De manera general, los corredores de mayor anchura son mejores que los estrechos, si

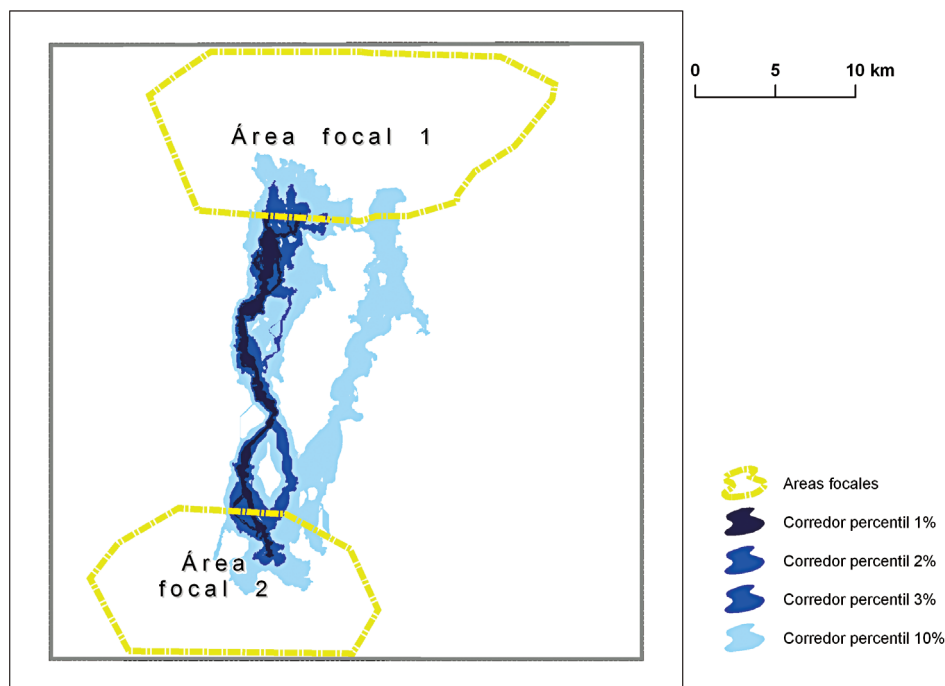


Figura VI.2. Ejemplo de corredores resultantes de la selección de diferentes percentiles del mapa de coste acumulado de desplazamiento. Elaborado con CorredorDesign. Fuente: TEG-UAM/SECIM.

bien la anchura con la que se definan resultará siempre de un compromiso entre los requerimientos ecológicos de las especies y las restricciones de diversos tipos a que deba atenderse. A la hora de definir una amplitud de los corredores es necesario tener en consideración:

- a) La adecuación para los requerimientos de las distintas especies focales o hábitats focales beneficiarios.
- b) La necesidad de establecer una banda de amortiguamiento lo suficientemente ancha como para evitar los efectos de borde de las zonas adyacentes.

Además de las variaciones de anchura en función del umbral del mapa de coste acumulado que se elija, con el fin de garantizar unas anchuras mínimas, se podrán incluir teselas adyacentes de hábitat adecuado, o potencialmente recuperable, para las especies focales. A continuación se presentan indicaciones para determinar la anchura de los corredores ecológicos⁸.

- a) No seleccionar las rutas de mínimo coste de desplazamiento de un píxel de anchura frente a corredores más anchos, ya que estas rutas pueden incluir hábitats no adecuados para las especies focales, son muy sensibles al tamaño del píxel y a

posibles errores de clasificación. Además, por su limitada anchura no tienen mucho sentido biológico ni práctico como medida de conservación.

- b) De manera general, se debe tender a mantener corredores lo más anchos posible. Se proponen las siguientes anchuras mínimas en función de la escala de trabajo a la que se identifiquen los corredores:
 - Escala regional o supra-regional: 1.000 m.
 - Escala comarcal o local: 500 m.
- c) En todo caso, la anchura mínima establecida se deberá mantener en al menos el 90% del corredor identificado, pudiendo existir, no obstante, algunos cuellos de botella en casos debidamente justificados.

Determinación de los corredores ecológicos

En los apartados anteriores se han descrito los pasos para identificar los corredores para las distintas especies o hábitats focales. Con el fin de dar coherencia ecológica a la red de corredores que se identifiquen en el ámbito de estudio, es necesario realizar las siguientes tareas:

- a) Combinar todos los corredores específicos identificados en las fases anteriores en una propuesta preliminar de corredores ecológicos.
- b) Modificar dicha propuesta preliminar para adecuarla a aquellas especies o hábitats focales para las cuales no se pudieron modelizar corredores específicos.

⁸ Las referencias a 500 m y 1.000 m, así como el valor del 90%, se dan a título orientativo y a partir de lo indicado por Crooks y Sanjayan (2006), Hilty *et al.* (2006) y Beier *et al.* (2008).

- c) Ensanchar los corredores ecológicos preliminares para incluir zonas de amortiguación frente a efectos de borde perniciosos, y para asegurar la conservación de procesos ecológicos.
- d) Detectar la existencia de redundancias en la red de corredores ecológicos identificados.

En el caso de la identificación de corredores ecológicos enfocada a la evaluación de efectos de fragmentación por infraestructuras, no es necesario eliminar del resultado preliminar aquellos corredores que resulten redundantes en términos de efectividad, tal y como se recomienda en el diseño de redes de conservación. En dichas situaciones la eliminación de redundancias se realiza con el fin de reducir los costes de gestión, manejo y conservación de los corredores ecológicos, mientras que el análisis de redundancias en este caso facilitará la evaluación posterior de los efectos del plan, programa o proyecto en estudio.

Combinación de corredores de especies o hábitats focales

Los corredores específicos de las distintas especies o hábitats focales se pueden combinar por simple unión de todos los píxeles, independientemente del número de corredores identificados en cada punto. De esta manera se asegura que exista al menos un corredor para todas las especies o hábitats para las que se hayan realizado las modelaciones.

Además, se podrán incluir algunas teselas de hábitat idóneo para las especies focales con el fin de reducir la necesidad de estas especies de realizar desplazamientos mayores que la máxima distancia de dispersión estimada o conocida.

Como resultado de esta fase se obtendrá una propuesta preliminar de corredores ecológicos.

Inclusión de las especies o hábitats focales sin corredores específicos

La propuesta preliminar de corredores ecológicos puede acomodarse a las especies o hábitats focales para las cuales no se hayan podido modelar corredores específicos mediante alguna de las siguientes opciones:

- a) *Modelar su hábitat*. Si existe suficiente información:
 - i) Cartografiar las teselas de los núcleos poblacionales potenciales y las de reproducción posible.
 - ii) Superponer este mapa de teselas a la propuesta preliminar de corredores ecológicos.

- iii) Evaluar mediante conocimiento experto si dicha propuesta preliminar recoge suficientes teselas de hábitat idóneo para garantizar la conservación de la especie o el hábitat. De no ser así, se deben añadir aquellas teselas próximas a los corredores ecológicos propuestos con el fin de mejorar su adecuación para las especies o los hábitats focales.

- b) *Añadir áreas de presencia conocidas*: Siguiendo los mismos pasos que en el caso anterior.
- c) *Incluir los ríos y sus inmediaciones*: De esta manera se incorporan de forma muy sencilla los requerimientos de peces (en el caso de ríos permanentes) y otras especies o hábitats focales de carácter ripario. Es deseable atender a cuestiones como su distribución geográfica (p.ej., que conecten las áreas focales u otras zonas de interés (p.ej., núcleos poblacionales aislados), su régimen (permanente o estacional) y su estado de conservación.

Delimitación de zonas de amortiguación

Con el fin de minimizar los efectos de borde perniciosos y facilitar la funcionalidad de los corredores ecológicos, se recomienda incluir una zona tampón de amortiguación de al menos 300 m en ecosistemas terrestres y 100 m en ecosistemas acuáticos desde el borde de los corredores ecológicos preliminares y de las áreas núcleo a conectar.

Ajuste de la anchura de los corredores ecológicos

Habrà que valorar la anchura que puede tener el corredor hasta el punto en que la eliminación de esos píxeles no afecte de forma significativa a la longitud y la calidad del corredor para la especie o hábitat focal en cuestión. Más allá de los límites de anchura mínima establecidos anteriormente, puede resultar de interés determinar las zonas del corredor que resultan más valiosas de cara a su conservación y gestión, especialmente en aquellas zonas que resulten muy anchas (por ejemplo respecto a la anchura mínima requerida). Las zonas principales quedarían clasificadas como zonas de máximo interés mientras que las partes marginales podrían ser catalogadas como zonas de alto valor.

Tras todos estos ajustes se obtendrá una propuesta de corredores ecológicos definitiva, tal como se muestra en la Figura VI.3.

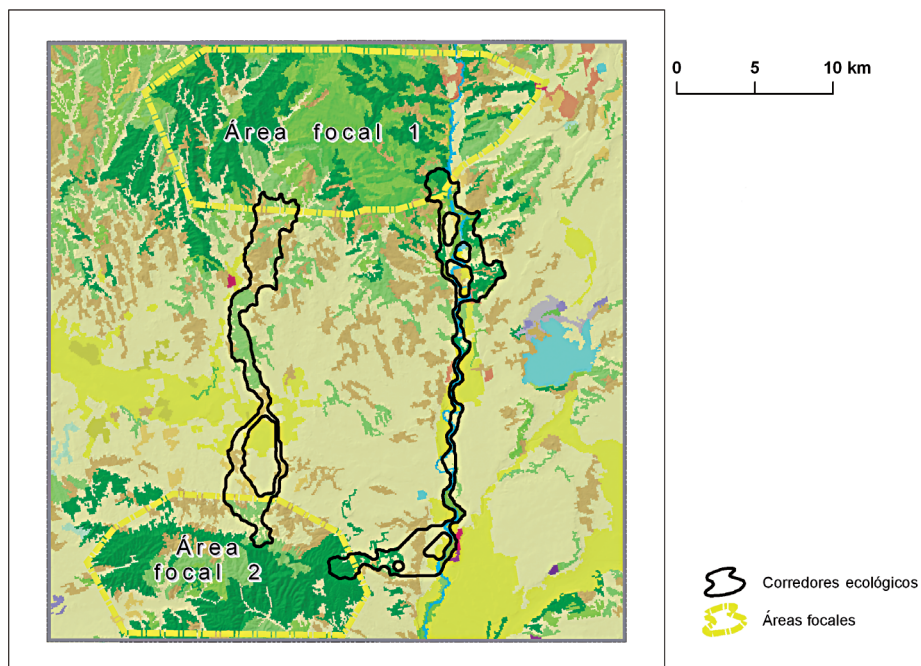


Figura VI.3. Corredores ecológicos entre las áreas focales 1 y 2 resultantes de todo el proceso de identificación propuesto. Elaborado con CorredorDesign. Fuente: TEG-UAM/SECIM.

Anexo VII. Métodos para evaluar la conectividad provista por los corredores ecológicos

Algunos de los recursos software citados en el Anexo VI permiten evaluar la conectividad (asociada o no a corredores ecológicos concretos).

En los apartados siguientes se presentan tres técnicas útiles para valorar la potencial efectividad de los corredores ecológicos para reducir la fragmentación de hábitats focales.

1. Análisis estadísticos de la idoneidad de hábitat

La evaluación de la cantidad de hábitat idóneo para una especie (o un hábitat) focal a lo largo de los corredores ecológicos es útil a fin de conocer el interés intrínseco del corredor para dicha especie (o hábitat), y

para cualquier comparación de alternativas (dos corredores alternativos, dos alternativas de proyecto...). Los métodos más recomendables a utilizar son comparaciones mediante estadísticos sencillos (histogramas de frecuencia, media $\pm$ desviación típica, mínimo, máximo, etc.) de los valores de idoneidad que caractericen las alternativas.

La Figura VII.1 muestra un ejemplo en el que mediante un histograma de frecuencias se comparan los valores de idoneidad de los píxeles incluidos en dos alternativas de corredores ecológicos. La comparación permite detectar que:

- En ambos casos se incluye un elevado porcentaje de píxeles de baja calidad, hecho lógico ya que la mayoría de los corredores ecológicos atraviesan una matriz del territorio de menor calidad que las áreas focales.
- Los corredores propuestos (en color azul) incluyen un mayor porcentaje de píxeles de alta calidad que los corredores alternativos (en color rojo).

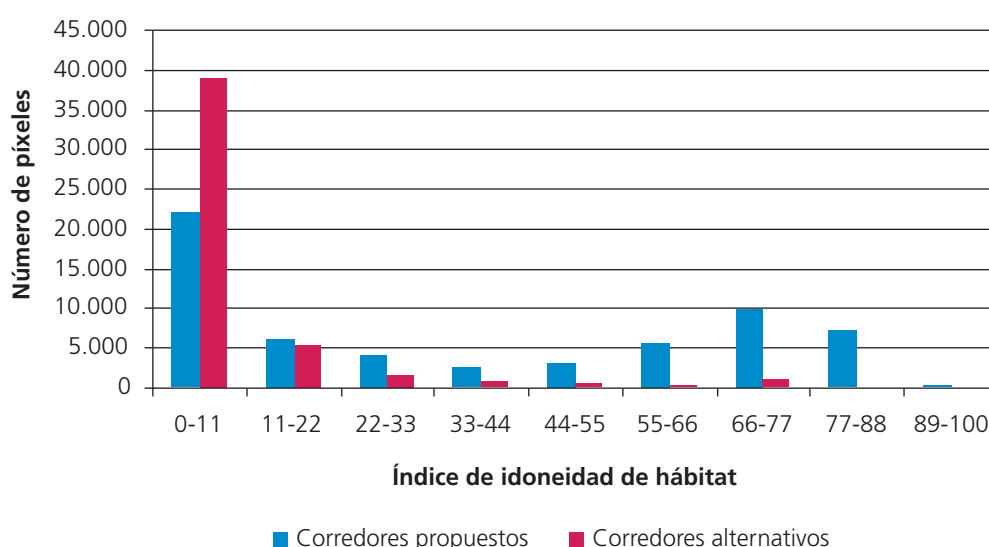


Figura VII.1. Histograma comparativo de la calidad de hábitat de dos propuestas de corredores ecológicos. En el eje Y se muestran en número de píxeles y se clasifican en el eje X según su valor de idoneidad (mínima = 0-11; máxima = 89-100). Elaborado con CorredorDesign. Fuente: TEG-UAM/SECIM.

2. Análisis de cuellos de botella y anchura del corredor

El cálculo de la anchura de un corredor ecológico a lo largo de todo su recorrido sirve para identificar:

- a) Cuellos de botella: aquellos puntos en los que la anchura del corredor se encuentra por debajo de un umbral definido por motivos objetivos (p.ej., la anchura mínima requerida para una especie focal), como se muestra en la Figura VII.2. Entre los indicadores a evaluar relacionados con los cuellos de botella se pueden considerar los siguientes:

- i) Número de cuellos de botella.

- ii) Localización de los segmentos clasificados como cuellos de botella.

- iii) Longitud de los cuellos de botella.

- b) Porcentaje de corredor que cumple con el criterio de anchura mínima.

Los cuellos de botella serán críticos para aquellas especies más sensibles al efecto borde, llegando incluso a no utilizar los corredores si resultan demasiado estrechos.

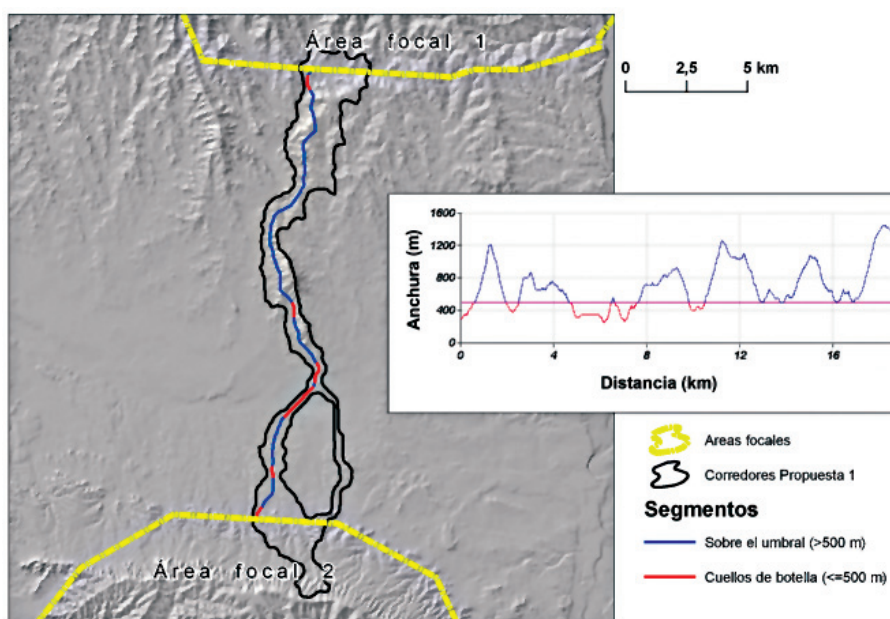


Figura VII.2. Ejemplo de identificación de segmentos del corredor considerados cuellos de botella (en rojo), donde la anchura es menor que un umbral determinado (500 m). Elaborado con CorredorDesign. Fuente: TEG-UAM/SECIM.

A partir de estos indicadores se pueden realizar comparaciones entre diferentes alternativas existentes, tal y como sucede en el caso anterior. Además, las zonas identificadas como cuellos de botella pueden ser analizadas con el fin de evaluar la posibilidad de añadir zonas adyacentes de hábitat adecuado o áreas que potencialmente se podrían restaurar para que recuperen su funcionalidad ecológica.

3. Análisis de la distancia entre teselas

Para el cálculo de las distancias mínimas existentes, dentro de cada corredor, entre las teselas de hábitat que se consideren idóneas para la especie

o el hábitat focal bajo cierto criterio (p.ej., superar un umbral de calidad, estar clasificadas como núcleos poblacionales potenciales; véase Figura VII.3) es posible:

- a) Calcular la longitud de los segmentos de matriz a recorrer por una especie entre los términos del corredor.

- b) Identificar aquellos segmentos en los que dicha medida supera la capacidad dispersiva de la especie, haciendo inservible el corredor para la misma.

Estos parámetros se pueden comparar entre las diferentes alternativas, escenarios, etc.

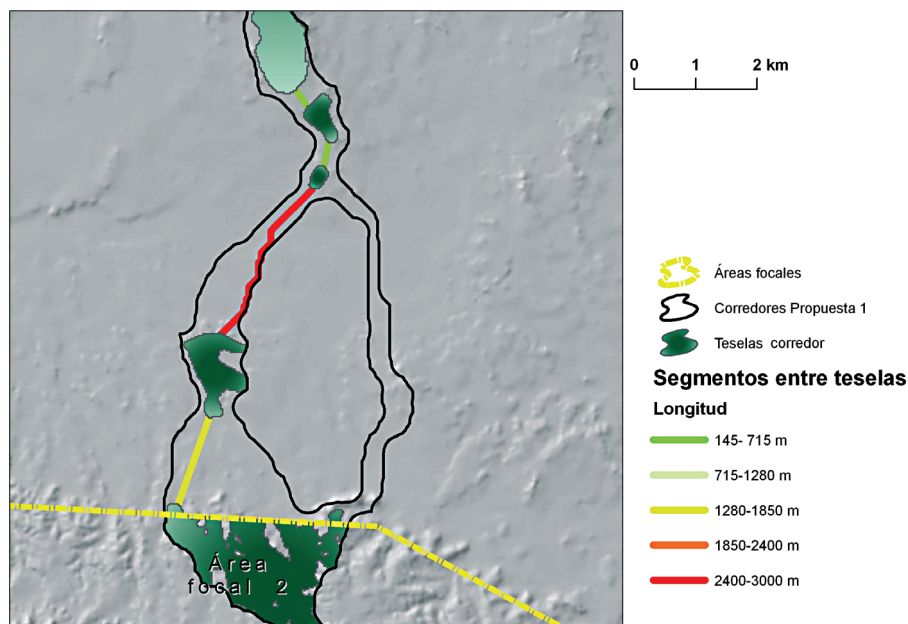


Figura VII.3. Ejemplo de cálculo de distancias mínimas entre teselas de hábitat idóneo para la especie focal. Los segmentos del corredor que unen mediante la ruta más corta las dos áreas focales y los pasos entre teselas de hábitat idóneo de la matriz territorial se clasifican en función de su longitud. Elaborado con CorredorDesign. Fuente: TEG-UAM/SECIM.

Por último, cabe señalar la importancia de realizar comprobaciones en campo. Aunque los trabajos propuestos incluyen en los análisis factores antrópicos como los relacionados con coberturas y usos del suelo, o la distancia a carreteras, la información básica disponible difícilmente puede reflejar con exactitud la existencia de barreras importantes pero de pequeña extensión (del tamaño de un píxel o menor).

Con el fin de solventar estas limitaciones y completar la información disponible es conveniente identificar y localizar, mediante comprobaciones en campo o fotointerpretación, los diversos elementos que pueden condicionar la movilidad de las especies tales como:

- Barreras (muros, vallados, canales, etc.).
- Medidas correctoras para la fauna (pasos de fauna, drenajes, etc.).
- Desarrollos urbanos recientes no registrados en la cartografía base.

Es recomendable documentar estas áreas de interés y utilizarlas para evaluar las condiciones reales de conectividad de los corredores ecológicos propuestos, así como para detectar los puntos más críticos de fragmentación y proponer medidas correctoras o de restauración para mantener la funcionalidad ecológica del territorio.

PRESCRIPCIONES TÉCNICAS PARA LA REDUCCIÓN DE LA FRAGMENTACIÓN DE HÁBITATS EN LAS FASES DE PLANIFICACIÓN Y TRAZADO es el tercer número de la serie *Documentos para la reducción de la fragmentación de hábitats causada por infraestructuras de transporte*. A partir de la participación en el proyecto europeo COST 341 se constituyó un Grupo de Trabajo de Fragmentación de Hábitats causada por Infraestructuras de Transporte, coordinado por la Dirección General de Medio Natural y Política Forestal (anteriormente, Dirección General para la Biodiversidad) del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, que integra representantes de las administraciones de Transporte y de Medio Ambiente de todas las Comunidades Autónomas y del Estado. Dicho grupo acordó la redacción de este documento que aporta metodologías, orientaciones y prescripciones técnicas para reducir la fragmentación de los hábitats en las fases de planificación y trazado de carreteras y ferrocarriles. Por sus propias características, dichas fases tempranas de la definición de las infraestructuras viarias, y en especial cuando se trata de los procesos de planificación, son especialmente importantes para aplicar los principios de precaución y prevención. En este sentido son momentos claves para reducir los efectos de la fragmentación de los hábitats.



MINISTERIO
DE MEDIO AMBIENTE
Y MEDIO RURAL Y MARINO

ORGANISMO
AUTÓNOMO
PARQUES
NACIONALES