

Monografía 02

Serie monografías EUROPARC - España
Programa de trabajo para la áreas protegidas 2009-2013



CONECTIVIDAD ECOLÓGICA Y ÁREAS PROTEGIDAS. HERRAMIENTAS Y CASOS PRÁCTICOS



Conectividad ecológica y áreas protegidas. Herramientas y casos prácticos

EUROPARC - España

Monografía
02

CONECTIVIDAD ECOLÓGICA Y ÁREAS PROTEGIDAS.
HERRAMIENTAS Y CASOS PRÁCTICOS

EUROPARC-España. 2009.

Conectividad ecológica y áreas protegidas. Herramientas y casos prácticos.
Ed. FUNGOBE Madrid. 86 páginas.

Editado por

Fundación Interuniversitaria Fernando González Bernáldez para los espacios naturales. (FUNGOBE)

Elaborado por

Carlota Martínez Alandj¹, Marta Múgica de la Guerra¹, Carles Castell Puig³,
José Vicente de Lucio Fernández^{1,3}

¹ FUNGOBE, EUROPARC-España.

² Diputación de Barcelona

³ Departamento de Ecología de la Universidad de Alcalá

Colaboradores

Santiago Saura (Universidad Politécnica de Madrid); Kiko Álvarez (País Vasco); Antonio López Hernández (Región de Murcia); Georgina Álvarez (MARM); Pilar Vendrell (Diputación de Barcelona), Raúl Alonso (Comunidad Valenciana); Emma Soy Massoni (Xarxa de Custodia del Territori); Marta Rozas (País Vasco)

Oficina Técnica de EUROPARC-España. FUNGOBE.

ICEI Finca Mas Ferré. Edif. A. Campus de Somosaguas

E-28223. Madrid.

oficina@redeuroparc.org

www.redeuroparc.org

Diseño y producción editorial

GRUPO DE COMUNICACIÓN PUBLICITARIA, S.A.

ISBN 978-84-935502-8-8

Depósito legal: M.53.178-2009

Primera edición: 1.100 ejemplares

Esta Monografía ha sido editada con la colaboración de la Diputación de Barcelona como apoyo a la acción 1.3 "Conectividad ecológica" del Programa de Trabajo de las áreas protegidas 2009-2013 impulsado por EUROPARC-España.

Participantes en el Seminario de Conectividad y Espacios Protegidos, celebrado el 29 de abril de 2009 en el Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino

Carles Castell. Diputació de Barcelona

Rafael Hidalgo. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino

Georgina Álvarez. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino

José Vicente de Lucio. EUROPARC España, FUNGOBE

Marta Múgica. EUROPARC España, FUNGOBE

Carlota Martínez. EUROPARC España, FUNGOBE

Enrique Camello. Junta de Andalucía

Ernesto Ruiz. ATECMA

Marta Rozas. Gobierno Vasco

Kiko Álvarez. Gobierno Vasco

Marian Climent. Región de Murcia

Pilar Vendrell. Generalitat de Catalunya

Raúl Alonso. Generalitat Valenciana

Santiago Saura. Universidad Politécnica de Madrid

Oscar Prada. RUNA, Foro estatal de custodia

Pilar García Manteca. INDUROT, Universidad de Oviedo, Asturias

Beatriz Checa. Master Espacios Naturales Protegidos

Marc Fernández. Minuartia

Fabio Suzart. Dpto. Ecología, Universidad de Alcalá

Gillian Gómez. Dpto. Geografía, Universidad Autónoma de Madrid



Impreso en papel reciclado, certificado
(procedente de bosques sostenibles) y ecológico.

SGS Certificado SGS-COC-003161

**CONECTIVIDAD ECOLÓGICA Y ÁREAS PROTEGIDAS.
HERRAMIENTAS Y CASOS PRÁCTICOS**

índice

7	I. INTRODUCCIÓN
9	II. EL MARCO INTERNACIONAL
10	III. ¿POR QUÉ ES IMPORTANTE PRESERVAR Y MEJORAR LA CONECTIVIDAD ECOLÓGICA DEL TERRITORIO?
10	Fragmentación del paisaje
11	Conectividad ecológica
14	¿Cómo influye la conectividad en la biodiversidad y en la provisión de servicios de los ecosistemas?
15	Análisis y evaluación de la conectividad ecológica
26	IV. APROXIMACIONES PARA MEJORAR LA CONECTIVIDAD ECOLÓGICA
30	El contexto político del desarrollo de las redes de espacios protegidos en la Unión Europea
32	Marco institucional y legal para el fomento de la conectividad ecológica en España
36	V. INSTRUMENTOS NORMATIVOS DE INTERVENCIÓN TERRITORIAL
37	Espacios naturales protegidos
43	Dominio Público
46	Programas de desarrollo rural
47	Planes forestales
49	Planes de ordenación territorial
54	Otras normativas que inciden sobre la conectividad del paisaje
56	VI. INICIATIVAS EN MARCHA: EXPERIENCIAS Y CASOS DE ESTUDIO DE CONECTIVIDAD ECOLÓGICA Y CORREDORES
57	Red de Corredores Ecológicos en el País Vasco
59	Red de Corredores Ecológicos de la Región de Murcia
60	Diseño de corredores en Asturias
61	Sistema de Corredores Ecológicos y Conectividad en la Comunidad de Madrid: oportunidades para el bienestar social y la conservación del patrimonio natural
63	Planes territoriales parciales de Cataluña
65	Iniciativas para conservar y mejorar la conectividad ecológica en la provincia de Barcelona: de la escala local a la regional
67	Instrumentos de planificación en el Parque Natural del Montgó
68	Identificación y delimitación de áreas críticas para el mantenimiento de la conectividad del hábitat de especies de aves amenazadas en el Catálogo del Paisaje de las Tierras de Lleida
70	Corredores biológicos de biodiversidad en Extremadura
71	Paisaje protegido Corredor Verde del río Guadiamar
72	Uso de la custodia del territorio para el fomento de la conectividad ecológica social y paisajística de las comarcas de Girona
75	VII. CONCLUSIONES
77	VIII. REFERENCIAS

Mantener y promover la conectividad ecológica es un objetivo primordial de la gestión territorial sostenible y de la conservación de la naturaleza. En la actualidad se dispone del conocimiento científico suficiente para afirmar que junto con la pérdida de hábitats, una de las principales causas de la pérdida de diversidad biológica es la fragmentación y pérdida de conectividad funcional de los espacios naturales causada por el desarrollo de infraestructuras, la expansión urbana y la intensificación agraria.

La fragmentación del paisaje es un problema que puede ser abordado en territorios que todavía mantienen una parte de sus ecosistemas en buen estado de funcionamiento. La habilitación de corredores, de pasos de fauna y otras "infraestructuras verdes" puede contribuir a paliar los efectos destructivos de la fragmentación.

Diversas normativas de carácter territorial y de conservación de la naturaleza se han hecho eco de este avance del conocimiento y han introducido disposiciones para estimular la conectividad ecológica en el territorio, entre otras la Directiva Hábitats y la Ley del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad. Al mismo tiempo se identifican un gran número de iniciativas que hacen uso de las herramientas de conectividad y diseño de corredores como técnica de trabajo.

El Programa de trabajo para las áreas protegidas 2009-2013 promovido por EUROPARC-España y aprobado en 2008 identifica veinte líneas de trabajo. Mejorar la eficacia de los sistemas de espacios protegidos a través de la conectividad ecológica es una de dichas líneas.

Los objetivos de este documento son:

1. Describir el estado de conocimiento sobre los beneficios de la implantación de redes y corredores ecológicos como estrategia de gestión territorial para la conservación.
2. Analizar los instrumentos metodológicos actualmente disponibles para evaluar la conectividad ecológica del territorio e identificar prioridades de actuación.
3. Identificar el marco normativo y jurídico en el Estado español para el desarrollo de iniciativas de conectividad.
4. Identificar ejemplos y casos de buenas prácticas en la implantación de corredores y redes ecológicas en España.

Este documento ha sido realizado desde la Oficina Técnica de EUROPARC-España gracias al apoyo de la Diputación de Barcelona como base para un proceso participativo con técnicos y expertos. El proceso comenzó con la preparación de un documento de trabajo presentado en el ESPARC 2008 celebrado en Baiona, Galicia. La participación de los asistentes permitió recopilar un mayor número de casos prácticos. El segundo documento se presentó en un Seminario celebrado en el Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino el 29 de abril de 2009 al que acudieron más de 20 expertos entre los que estaban representados los técnicos del Ministerio, de las comunidades autónomas, expertos en modelización de la conectividad y ONG que desarrollan proyectos de conectividad del paisaje. Tras el seminario se revisó de nuevo el texto y se añadieron nuevos ejemplos de políticas, planes, estrategias y casos de estudio de conectividad para dar como resultado el presente documento.

La Estrategia de la Comunidad Europea para la Conservación y Uso Sostenible de la Diversidad Biológica (1998) propone desarrollar instrumentos que potencien la conservación y el uso sostenible de la biodiversidad fuera de los espacios protegidos. Plantea la necesidad de llevar a cabo una planificación territorial que tenga en cuenta los requerimientos ecológicos del conjunto del territorio y señala la necesidad de prestar especial atención a los corredores ecológicos y las áreas protegidas, las zonas sensibles no protegidas con un alto grado de biodiversidad, y a las zonas rurales, a fin de garantizar una mayor eficiencia en la conservación de la biodiversidad. Diferentes reuniones e iniciativas de alcance internacional han manifestado durante los últimos años su interés y preocupación por la conectividad ecológica.

En el Plan de Acción de Durban emanado del V Congreso Mundial de Parques (UICN 2003) se propone que en el diseño de redes de espacios protegidos se “aprovechen los mejores resultados científicos sobre la conectividad en el diseño de redes de áreas marinas y costeras protegidas, a fin de crear redes que sean ecológicamente coherentes”.

En la Conferencia UICN sobre áreas protegidas en la región mediterránea celebrada en Murcia en 2003, se recomendó el uso de la Categoría de Paisaje Protegido (Categoría V) para establecer interconexiones entre áreas con mayor grado de protección (UICN 2003).

Posteriormente, el Plan de Trabajo para las Áreas Protegidas del CDB (Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica, 2004) define entre sus objetivos “integrar las áreas protegidas en los paisajes terrestres y marinos más amplios de manera que se conserve su estructura y la función ecológica” y se define como meta “para 2015, todas las áreas protegidas y sistemas de áreas protegidas estarán integrados en los paisajes terrestres y marinos más amplios y sectores pertinentes, aplicando el enfoque ecosistémico y teniendo en cuenta la conectividad”.

Los gestores de áreas protegidas europeas también manifiestan su preocupación. Por ejemplo, en el congreso anual de la Federación EUROPARC de 2007 se trabajó sobre este tema llegándose a la conclusión de que “el mantenimiento de la funcionalidad de los paisajes europeos a través de la conectividad ayudará a reducir los impactos del cambio climático y de los usos del suelo”. Se observó así mismo que “las experiencias europeas en áreas protegidas (redes de áreas protegidas, cooperación transfronteriza y planificación y gestión espacialmente integrados) son buenos ejemplos de cómo hacerlo”.

Fragmentación del paisaje

La pérdida de hábitat y la fragmentación se consideran las principales amenazas que afectan a la diversidad biológica (Harris, 1984; Wilson, 1988; Saunders y Hobbs, 1991; Alverson et al., 1994; McCullough, 1996; Pickett et al., 1997; Fielder y Kareiva, 1998). Conservacionistas, planificadores y ecólogos se refieren a la pérdida de hábitat y al aislamiento de los hábitats con el término fragmentación. La fragmentación de los hábitats es una de las principales causas de extinción de especies en peligro y otras, afectando a 27 de las 29 especies en peligro y 94 especies del total de mamíferos de Europa (World Conservation Union, 2005).

La fragmentación del paisaje es la última etapa de un proceso de alteración del hábitat en el que la disminución de su superficie, el aumento del efecto borde y la subdivisión se hacen mayores hasta llegar el punto en el que el paisaje pierde su funcionalidad, al quedarse los elementos aislados unos de otros. Por tanto en el proceso de alteración del paisaje se dan dos etapas, una primera en la que la pérdida de hábitat y su deterioro son apreciables pero no inciden de forma irreversible sobre el funcionamiento del paisaje, y una segunda etapa que comienza cuando se excede umbral de pérdida de hábitat que conlleva al aislamiento de los retazos de hábitats. Es en ese punto cuando comienzan propiamente los problemas de fragmentación del paisaje, surgiendo la necesidad de mantener o incrementar la conectividad entre los elementos remanentes del paisaje.

Mientras que la pérdida de hábitat es difícilmente solucionable, ya que en muchos casos es consecuencia de demandas territoriales para el crecimiento urbano o la expansión agrícola, el problema de la conectividad es más fácilmente salvable ya que en ocasiones una solución eficaz no implica grandes demandas de superficie sino continuidad y coherencia territorial.

La fragmentación de los hábitats empezó a estudiarse en los años 60 bajo dos fundamentos teóricos: la teoría biogeográfica de islas (MacArthur y Wilson, 1967) y la teoría de metapoblaciones (Levins, 1969). La teoría de islas estudia la influencia del aislamiento (distancia a otros fragmentos o hábitats) y el tamaño de los fragmentos en la riqueza y composición de especies, considerando la colonización y extinción como procesos fundamentales. El término metapoblación fue introducido por Levins para describir poblaciones compuestas por subpoblaciones, y enfatiza el concepto de conectividad e intercambio entre poblaciones espacialmente separadas (Hanski, 1999). Este concepto ha sido utilizado en modelos de gestión y de conservación de especies amenazadas. En este contexto, se asume que la fragmentación siempre está asociada a los efectos negativos derivados de las acciones antrópicas que conllevan una mo-

dificación intensa del territorio y que se traduce en una pérdida importante de hábitats naturales y en una disminución e incluso extinción de especies.

Las principales causas de la fragmentación son la expansión urbanística, los procesos de industrialización, la agricultura y selvicultura intensivas, y los fenómenos de expansión de las infraestructuras viarias. La ampliación de las redes de carreteras y ferrocarriles es una de las causas de fragmentación, no tanto por la pérdida de superficie neta sino por la ruptura del funcionamiento del conjunto del territorio.

Según proponen Hobbs y Wilson (1998) podríamos distinguir un gradiente continuo de alteración del paisaje con cuatro niveles (“íntacto”, “salpicado o jaspeado”, “fragmentado” y “relictivo”). A medida que aumenta la pérdida de superficie de hábitat, disminuye la conectividad y se hace más acusado el efecto borde. Por otro lado, hay que tener en cuenta que la fragmentación opera a diferentes escalas para distintas especies y distintos hábitats: un paisaje fragmentado para una especie puede no serlo para otra con mayores capacidades de dispersión o requerimientos de hábitats menos exigentes (Wiens y Milne, 1989).

En la naturaleza, las especies se encuentran distribuidas en poblaciones relacionadas unas con otras según su grado de aislamiento (metapoblaciones). En paisajes fragmentados las poblaciones de especies no habitan una única tesela de hábitat continuo, sino que habitan conjuntos de teselas de hábitats, las cuales están mutuamente conectadas por movimientos de dispersión (Levins, 1970; Andrén, 1994; Hanski y Gilpin, 1997; Opdam, 2002). El mantenimiento de las poblaciones en paisajes fragmentados depende de: las características de las especies (hábitat idóneo, área de campeo “home range” y la capacidad de dispersión); la superficie y forma de las teselas de hábitat y de la conectividad del paisaje, expresada como la facilidad que tienen las especies para moverse por el paisaje.

Conectividad ecológica

La conectividad se definiría como la propiedad del paisaje que hace posible el flujo de materia, energía y organismos, entre diversos ecosistemas, hábitats o comunidades. No debe pensarse únicamente en la idea de corredores como estructuras lineales más o menos estrechas que conectan dos espacios. Particularmente, en el paisaje mediterráneo persiste un mosaico heterogéneo formado por coberturas del suelo con grados intermedios de intervención o incluso espacios en rosario con hábitats bien conservados, que pueden tener especial importancia en la conectividad.

La conectividad puede definirse también como el parámetro del paisaje que

mide en qué medida las subpoblaciones se encuentran conectadas y por tanto funcionan como una unidad, la metapoblación (Merriam, 1984), o desde una visión más global como la capacidad del territorio para favorecer flujos de especies o conjuntos de estas por el paisaje (Taylor et al., 1993). Desde una visión más integradora, la conectividad es la conexión funcional del hábitat existente en el territorio; esta conectividad puede derivar de una conexión física o estructural o derivada de las habilidades de las especies para moverse por los distintos elementos del paisaje (With et al., 1997).

La conectividad del paisaje debe integrar los conceptos de corredor y de barrera, e indicar cómo responden los flujos ecológicos a la estructura del paisaje (Noss, 1993). Esta relación depende tanto de los aspectos físicos o estructurales del paisaje, como de los funcionales, relacionados con las características del flujo ecológico y del propio comportamiento y movilidad de las especies (Taylor et al., 1993).

La permeabilidad del paisaje es una propiedad general del paisaje referida al mantenimiento de la conectividad para el conjunto de las diferentes especies que lo habitan (de Lucio, et al. 2003). La permeabilidad del mosaico territorial no sólo se relaciona con la existencia y el estado de conservación de los corredores, sino con la distribución espacial de las teselas y las características del conjunto de la matriz. Los paisajes heterogéneos, en los que coexisten un elevado número de tipos de usos del suelo, se encuentran asociados a una mayor riqueza de especies. En los paisajes agrarios dominados por un solo tipo de uso del suelo, la heterogeneidad se ve favorecida por la existencia de pequeñas teselas de diferentes tipos de uso (setos, pequeños rodales de matorral, etc.) embebidas en la matriz agraria. Estos elementos de grano fino del paisaje hacen de los paisajes agrícolas y ganaderos paisajes permeables para un grupo amplio de especies y procesos.

La conectancia y la conectividad son los aspectos más importantes del paisaje para la dispersión y persistencia de las poblaciones. La conectancia hace referencia a las conexiones estructurales entre los elementos del paisaje y pueden ser identificados en la cartografía. La conectividad sin embargo deriva del funcionamiento del paisaje y no puede reconocerse gráficamente sobre los mapas apriorísticamente, requiere de la modelización.

Existen varios tipos y categorías de corredores, todos ellos dependientes de las especies para las que fueron diseñados y de la escala de percepción y dispersión esas especies. Numerosas especies de aves, por ejemplo, necesitarán un corredor compuesto de puntos de paso mientras que otras especies de murciélagos preferirán corredores continuos. Existen por tanto multitud de configuraciones del paisaje que proporcionan conectividad, estas pueden resumirse en los siguientes tipos (Figura 1):

- Los ***paisajes permeables*** son extensiones de paisaje heterogéneos formados por teselas con distinto grado de madurez. Permiten la dispersión de ciertas especies a través de los remanentes de vegetación natural y otros elementos como los setos, caceras, linderos, etc. En los paisajes mediterráneos es habitual encontrar paisajes permeables donde el variado mosaico de usos del suelo favorece el mantenimiento de una importante diversidad biológica (paisajes reticulares, dehesas, etc.).
- Los ***corredores lineales*** son elementos lineales del paisaje que permiten la dispersión de especies animales y vegetales a lo largo de ellos.
- Los ***puntos de paso*** son teselas de hábitat favorable para un conjunto de especies inmersas en una matriz más o menos intransitable.



Paisaje permeable



Corredor lineal



Puntos de paso o de escala

Figura 1. Tipos de paisajes conectores: paisaje permeable, corredor lineal y puntos de paso.

Cuadro 1. Otras definiciones de corredores ecológicos

- Son teselas continuas y estrechas de vegetación que facilitan el movimiento entre teselas de hábitat, previniendo el aislamiento de poblaciones (Merriam, 1984).
- Son franjas de terreno estrechas que se diferencian de la matriz (el ambiente en el cual las teselas de hábitat y corredores lineales están embebidas) a ambos lados (Forman y Godron, 1986).
- Son terrenos lineales ubicados entre dos áreas protegidas que cumplen la función de conectarlas entre sí para promover el intercambio reproductivo entre poblaciones aisladas de organismos biológicos (Fahrig y Merriam, 1994).
- Son zonas de amortiguamiento que permiten una transición menos abrupta entre ambientes naturales y artificiales; ampliando la efectividad del área protegida por la reducción el efecto de borde, el aislamiento y la fragmentación de hábitat (IUCN, 2005).

¿Cómo influye la conectividad en la biodiversidad y en la provisión de servicios de los ecosistemas?

Más de 30 años de trabajos científicos demuestran que la mejora o aumento de la conectividad entre los paisajes o hábitats es útil para conservar la biodiversidad (Diamond, 1975; Hanski y Gilpin, 1997; Forman, 1995; Bennett, 1998). Estas evidencias se fundamentan en exhaustivos trabajos de campo (Beier, 1995; Berggren et al., 2002; Manserg y Scotts, 1989). La conectividad se traduce en un incremento del intercambio de individuos entre poblaciones, un incremento de la persistencia local y regional de las poblaciones, reduciendo así la tasa de extinción y aumentando la tasa de colonización. La conectividad del paisaje favorece no solo movimientos de especies animales, sino también de especies vegetales y flujos de materia y energía.

14

Un importante número de investigadores y científicos han propuesto la conectividad de los hábitats como elemento clave para la conservación y viabilidad de las poblaciones de anfibios en ámbitos regionales (Hecnar y M'Closkey, 1996; Semlitsch et al., 1996; Semlitsch y Bodie, 1998; Skelly et al., 1999; Marsh y Trenham, 2001; Rothermel y Semlitsch, 2002). La conectividad de los hábitats es de vital importancia hasta en los casos donde el hábitat no está fragmentado, debido a que las poblaciones de anfibios experimentan frecuentes extinciones locales (Edenhamn, 1996; Hecnar y M'Closkey, 1996; Alford y Richards, 1999; Trenham et al., 2003).

El papel de los corredores para mitigar los efectos de la fragmentación ha sido contrastado y aprobado por un amplio número de publicaciones (Harris y Scheck, 1991; Simberloff et al., 1992; Hill, 1993; Vermeulen, 1994; With y Crist, 1995; Charrier et al., 1997; Clergeau y Burel, 1997). Las líneas de vegetación en forma de setos o los linderos desempeñan el papel de corredor para algunas especies de mariposas (Merriam, 1984; Huntley, 1991; Beier, 1993; Sutcliffe y Thomas, 1996).

A pesar del gran número de evidencias científicas, algunos trabajos enuncian posibles desventajas asociadas a la conectividad del paisaje. Estas desventajas pueden manifestarse principalmente en: un posible incremento de la exposición de animales a los predadores y a otras fuentes de mortalidad, como la caza; un incremento de las tasas de inmigración a hábitats aislados que pueden facilitar la expansión de especies no deseadas; posible incremento de posibilidades de dispersión del fuego o de otras perturbaciones y la formación de lu-

gares sumidero en los que la mortalidad excede a la reproducción, produciendo un efecto de drenaje sobre la población regional (Dendy 1987; Noss 1987; Simberloff y Cox 1987; Shafer 1990; Bridgewater 1992).

Ante estas circunstancias es importante disponer de información contrastada y rigurosa previa al diseño de un corredor para adoptar medidas específicas de gestión. Dicha información debe referirse, especialmente, al objetivo, elementos y procesos específicos implicados en el futuro funcionamiento del corredor. Muchas son las referencias que señalan la fragmentación de los hábitats y los cambios de uso del suelo como las principales causas de la pérdida de biodiversidad. Pero cada vez más trabajos identifican el cambio climático como una amenaza importante para el mantenimiento de biodiversidad. Las medidas que se proponen para reducir efectos producidos por el cambio climático incluyen el aumento de la resiliencia de la biodiversidad, que se traduce en la mejora de la capacidad de los ecosistemas a adaptarse al cambio. La conectividad entre los sistemas naturales va a aumentar la capacidad de respuesta y por tanto la resiliencia. Las áreas protegidas, y en general los ecosistemas bien conservados, son elementos que promueven la resiliencia de las poblaciones (Hopkins et al., 2007; Mitchel et al., 2007). La clave para incrementar la velocidad de la respuesta de las especies ante el cambio climático es garantizar la permeabilidad del paisaje a sus movimientos. Esto vendrá determinado por la configuración y disponibilidad de hábitats y la intensidad de usos del paisaje (Hopkins et al., 2007, Mitchel et al., 2007).

A pesar de la información disponible todavía es necesario realizar más trabajo experimental que permita validar empíricamente estas teorías y muestren su efectividad en la conservación a escalas temporales y espaciales amplias.

Análisis y evaluación de la conectividad ecológica

Desde la planificación y la gestión de la conservación de la biodiversidad se demandan herramientas para establecer las relaciones entre el paisaje y la supervivencia de las poblaciones de las especies. La aplicación de modelos de conectividad para el estudio de los procesos ecológicos y la dispersión de las especies constituye un enfoque innovador introducido en los años 90 y al que continúan haciéndose aportaciones y desarrollos relevantes en los últimos años de gran utilidad para la planificación y la gestión de los recursos naturales así como para la evaluación de escenarios. Así, los efectos de la conectividad del paisaje en la conservación de poblaciones en paisajes heterogéneos y sus im-

plicaciones en la biología de la conservación ha llevado al desarrollo de múltiples metodologías de medición de la conectividad (Hanski y Ovaskainen 2000; Tischendorf y Fahrig, 2000; Urban y Keitt 2001; Goodwin, 2003; Calabrese y Fagan 2004; Pascual-Hortal y Saura 2006, Saura y Rubio 2009a). Mientras algunos autores conciben la conectividad como una propiedad del conjunto del paisaje, otros la conciben como una característica intrínsecamente asociada a una tesela o unidad de hábitat individual. Esta última visión es más utilizada en los modelos de metapoblaciones (Tischendorf y Fahrig, 2000).

Las medidas desarrolladas para la medición de la conectividad pueden dividirse de manera general en estructurales y funcionales. Las medidas estructurales se basan en mediciones de la estructura y configuración de los hábitats, mientras que las medidas de conectividad funcional incorporan la respuesta de las especies a la estructura y configuración del paisaje. A continuación se recogen los principales tipos de medidas de conectividad, entendiendo que la clasificación que se presenta no es excluyente, en el sentido de que un determinado análisis de conectividad puede integrar y combinar dos de los siguientes tipos en función de las necesidades y del nivel de detalle de los datos disponibles. (Cuadro 2).

Cuadro 2. Resumen de las medidas de conectividad estructural y funcional

Conectividad funcional	Conectividad funcional
<ul style="list-style-type: none"> ● Basadas en la presencia o ausencia/configuración de corredores ó puntos de escala. ● Basadas en las distancias pero no relacionadas con las capacidades de dispersión de ninguna especie o proceso concreto ● Basadas en la cantidad de hábitat en el paisaje ● Basadas en la percolación/contagio 	<ul style="list-style-type: none"> ● Basadas en la permeabilidad de la matriz ● Basadas en la estructura de Grafos ● Basadas en el concepto de disponibilidad de hábitat a escala de paisaje ● Basadas en la simulación del movimiento de las especies sobre el paisaje <ul style="list-style-type: none"> - Basadas en la probabilidad de dispersión - Basadas en el tiempo de dispersión - Basadas en tasas de emigración - Basadas en datos empíricos sobre los movimientos reales de individuos

Medidas de conectividad estructural

Este tipo de medidas están basadas únicamente en la estructura o configuración espacial del paisaje. No hacen referencia ni consideran la respuesta o percepción de una especie concreta frente a las características del paisaje, ni sus variables capacidades de dispersión más allá de su propio hábitat, en su caso a través de los distintos elementos de la matriz del paisaje (Green, 1994; With et al., 1997; Mezger y Décamps, 1997; Girvetz y Greco, 2007). Se centran por tanto o bien en la continuidad física o contigüidad espacial entre los elementos de hábitat o corredores estructurales (que contactan en ambos extremos con unidades de hábitat), o en características relacionadas con las distancias pero no asociadas a ninguna especie o proceso concreto. Por ello, este tipo de medidas se suelen considerar demasiado simplificadas y poco realistas en relación a las necesidades de análisis de la conectividad ecológica. Sin embargo, a pesar de su simplicidad y a la creciente pujanza de los modelos de conectividad funcional que se describen a continuación, este enfoque mantiene su interés como herramienta de planificación territorial y en el caso de territorios complejos y muy contrastados como es el caso de los entornos metropolitanos. Por otro lado, la dependencia de la conectividad funcional respecto a la especie o proceso introduce una complejidad adicional en este tipo de análisis, al ser potencialmente muy numerosas las especies presentes o los procesos que actúan en un determinado paisaje natural, y escasa la información disponible sobre su dispersión o propagación, resultando difícil lidiar con las particularidades de cada una de ellas. Por ello, todavía la planificación operativa considera en algunos casos la conectividad desde un punto de vista estructural, considerando que la continuidad física (estructural) del hábitat forestal garantizará la conectividad para las especies forestales menos móviles y más sensibles a los efectos de la fragmentación, y una vez garantizada la posibilidad de dispersión de éstas, se supone que también quedará asegurada para el resto de especies con mayor movilidad (Saura, 2009). En el cuadro 3 se resumen la principales medidas de conectividad estructural.

Cuadro 3. Medidas basadas en la conectividad estructural

Medidas basadas en la presencia o ausencia/configuración de corredores o puntos de escala: esta aproximación resulta ser la más simple y se fundamenta en la necesidad de corredores para pasar de una tesela de hábitat a otra. Se asume que las especies no son capaces de atravesar la matriz del paisaje. Se cuantifica calculando el número de conexiones reales respecto de las posibles.

Medidas basadas en las distancias pero no relacionadas con las capacidades de dispersión de ninguna especie o proceso concreto: suelen utilizar medidas tales como la distancia media entre las teselas de hábitat, o la distancia a la tesela más próxima, normalmente estimadas como una distancia euclídea (en línea recta), u otros modelos o variantes de las mismas (Turner, 1989; Wiens et al., 1993; Schumaker, 1996). Estas aproximaciones no tienen en cuenta la matriz del paisaje ni combinan dichas medidas de distancia con las capacidades de dispersión de ninguna especie concreta, por lo que se trata de una aproximación simple de los efectos del grado de conectividad sobre los procesos ecológicos que puedan actuar en una zona determinada.

Medidas basadas en la cantidad de hábitat en el paisaje: se basan en el cálculo de las superficies de determinados elementos del paisaje alrededor de las teselas de hábitats (por ejemplo longitud/área de setos a una distancia determinada de una tesela de hábitat, Verboom y Apeldoorm, 1990; Vos y Chardon, 1998). Otras aproximaciones calculan las superficies de elementos del paisaje favorables para la dispersión a partir de anillos de radio a determinar "Ring statistic" (Wiegand et al., 1999).

Medidas basadas en la percolación o contagio: esta aproximación plantea el paisaje en una malla de cuadrículas de hábitat/no hábitat. La conectividad es entendida como un contagio espacial. Una celda está conectada si tiene una celda hábitat en alguno de sus cuatro lados. Se asignan umbrales críticos de percolación/conectividad a partir de los cuales los efectos ecológicos son serios (Gardner et al., 1987; Krummel et al., 1987; O'Neill et al., 1988).

Medidas de conectividad funcional

La conectividad funcional considera las capacidades de dispersión de un determinado organismo y/o su respuesta a las distintas configuraciones del paisaje así como los distintos elementos que componen la matriz del paisaje (Doak et al., 1992; Demers et al., 1995; Gustafson y Gardner, 1996; Ruckelshaus et al., 1997; Sweeney et al., 2007). La conectividad funcional del paisaje tiene en cuenta el alcance de los movimientos de las especies a partir de las zonas de hábitat así como, allí donde sea relevante, las situaciones y reacciones de los organismos al atravesar la matriz del paisaje, donde las especies pueden encontrar una mayor tasa de mortalidad, expresar diferentes patrones de dispersión, cruzar barreras o fronteras, etcétera (Cuadro 4).

Cuadro 4. Medidas basadas en la conectividad funcional.

Medidas basadas en la permeabilidad de la matriz: permiten incluir el efecto de la matriz del paisaje en la conectividad entre los fragmentos, reproducen espacial y gráficamente la localización de los pasos más permeables y los mayores obstáculos. Estos modelos permiten también la comparación de escenarios producto de supuestas situaciones de cambios en el paisaje. Dentro de estas medidas destacan las basadas en los caminos de coste mínimo “Least Cost Analysis” (Walker y Craighead, 1997; Ferreras, 2001; Schadt et al., 2002; Larkin et al., 2004; Singleton et al., 2004; Wikramanayake et al., 2004; Beazley et al., 2005; Marulli y Mallarach, 2005; Rouget et al., 2006). Los modelos de distancia de coste utilizan un algoritmo basado en un ráster que calcula la distancia efectiva (coste acumulado para el movimiento) entre una celda fuente y otra destino a partir de la asignación de pesos a cada una de las celdas del mapa ráster, asignación basada en la resistencia o fricción que cada píxel ofrece a la dispersión de una determinada especie (Adriaensen et al., 2003; Chardon et al., 2003). Los modelos bidireccionales de costes permiten avanzar en el análisis de la conectividad, calculando las rutas alternativas a la de mínima resistencia y mostrando gráficamente la permeabilidad del paisaje entre pares de puntos (Martínez, 2006). Otros avances recientes permiten mejorar la aproximación proporcionada por los caminos de coste mínimo y, partiendo también de una superficie de resistencia, consideran la contribución de múltiples caminos a la conectividad y permiten sintetizar las características de la matriz paisaje de una manera más similar a como la perciben las especies y con mayor relación con los flujos ecológicos que se producen en el territorio (Theobald, 2006, McRae et al., 2008). Tanto uno como otro enfoque relacionado con la permeabilidad de la matriz se puede incorporar para caracterizar la fuerza o frecuencia de las conexiones en varios de las aproximaciones que se consideran a continuación, tales como las estructuras de grafos o los índices de disponibilidad de hábitat que se describen a continuación.

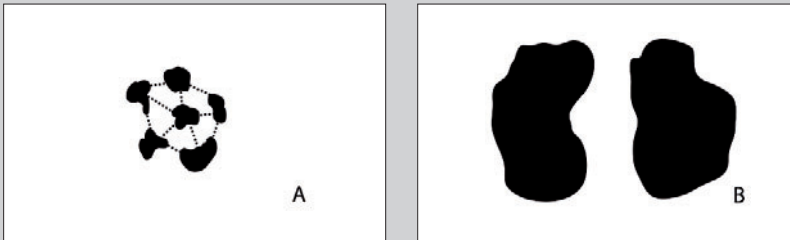
Medidas basadas en estructuras de grafos. Los grafos son estructuras matemáticas compuestas por un conjunto de nodos y enlaces que son útiles para representar y describir cuantitativamente un paisaje como un conjunto de teselas o unidades de hábitat interconectadas. Recientemente han sido ampliamente desarrollados en el ámbito de la ecología del paisaje para el análisis de la conectividad funcional (Urban y Keitt, 2001, Jordán et al., 2003, Bodin y Norberg, 2007, Saura y Pascual-Hortal, 2007, Saura y Rubio, 2009a, Urban et al., 2009). Cada tesela o unidad diferenciada de hábitat en el territorio queda representada por un nodo, mientras que las relaciones topológicas o conexiones entre ellos quedan representadas por enlaces.

Tanto los nodos como los enlaces pueden contener atributos descriptivos. En el caso de las teselas (nodos) pueden ser el área de bosque, la calidad del hábitat, la probabilidad de ocurrencia de una especie, etc. En el caso de los enlaces, dicho atributo recogerá la facilidad o probabilidad de dispersión entre dos teselas determinadas, habitualmente estimada a partir de la distancia y/o usos del suelo existentes entre las mismas, ya sea una distancia euclídea (en línea recta) o una distancia efectiva (de mínimo coste) que tiene en cuenta la distinta preferencia y capacidades de movimiento de la especie considerada a través de distintos tipos de cubierta y posibles barreras. Poseen el mejor balance entre esfuerzo y resultados para los problemas de conservación relacionados con la conectividad del paisaje, al proporcionar una caracterización considerablemente detallada de la conectividad con unos requisitos flexibles y relativamente modestos en cuanto a los datos de entrada (Calabrese y Fagan, 2004). Por otro lado, algunos autores han mostrado que las predicciones y resultados prácticos proporcionados por los índices de grafos de cara a las recomendaciones finales de planificación son muy similares, y en algunos casos más amplios, a los obtenidos mediante modelos más complejos como los de metapoblaciones (Minor y Urban, 2007), aunque no todos los índices de grafos presentan el mismo rendimiento en este sentido (Visconti y Elkin 2009).

Medidas basadas en el concepto de disponibilidad de hábitat a escala de paisaje. Se basan en considerar una tesela en sí misma como un espacio en el que existe conectividad (tanto más cuanto mayor sea su área o calidad de hábitat) e integrar en una única medida el área conexas existente dentro de las teselas (intrapatch connectivity) con el área de hábitat que está disponible a través de las conexiones con otras teselas (interpatch connectivity), lo que se ha mostrado necesario para una adecuada integración de las consideraciones de conectividad en la planificación del paisaje (Pascual-Hortal y Saura, 2006, Saura y Rubio, 2009a). La disponibilidad de hábitat para una determinada especie u organismo será baja si las teselas de hábitat se encuentran aisladas unas de otras, pero también si el hábitat es muy escaso aunque las teselas estén fuertemente conectadas entre sí. El marco analítico integrado que ofrecen los índices de disponibilidad de hábitat y sus fracciones evitan tener que asignar un peso arbitrario a las consideraciones de conectividad dentro de un determinado plan de conservación de hábitats o especies de interés (Saura y Rubio, 2009a).

Representación de dos hipotéticos paisajes (A y B) para ilustrar el concepto de disponibilidad de hábitat y las posibles limitaciones de algunos de los índices habitualmente utilizados para valorar la conectividad del paisaje, según

se describe en el texto. Las teselas de hábitat se muestran en color negro y las conexiones o enlaces existentes entre las mismas están representados por las líneas discontinuas. Adaptado de Saura (2008).



Medidas basadas en modelos de metapoblaciones o modelos de poblaciones espacialmente explícitos (Hanski, 1999; Dunning et al., 1995; South, 1999; Hanski and Ovaskainen, 2000). Una metapoblación se puede definir como un conjunto de poblaciones locales (situadas en teselas de hábitat específicas y diferenciadas) que están conectadas a través de movimientos de dispersión y un proceso dinámico de extinciones locales y recolonizaciones (Hanski y Gilpin, 1997; Verboom et al., 1993, 2001; Vos et al., 2001). Este tipo de modelos consideran las dinámicas poblacionales asociadas con las teselas individuales como resultado de los procesos de natalidad, mortalidad, emigración e inmigración. Las relaciones de conectividad juegan un papel crucial para entender y determinar las dinámicas de extinciones y recolonizaciones en las diferentes teselas. El uso de este tipo de modelos es necesario cuando el análisis de conectividad requiere una predicción de las dinámicas poblacionales y de la distribución de los individuos a lo largo de las diferentes teselas del paisaje, aunque normalmente las aplicaciones orientadas a la planificación y al diseño de redes de espacios protegidos no requieren ni manejan una información tan detallada desde el punto de vista biológico y demográfico.

Medidas basadas en la simulación del movimiento de las especies sobre el paisaje, dentro de las cuales podemos diferenciar las siguientes:

-**Medidas basadas en la probabilidad de dispersión**: la conectividad es medida como la media de la probabilidad de desplazamiento entre teselas de hábitat (Andreassen et al., 1996; Gustafson y Gardner, 1996; Schumaker, 1996; Ruckelshaus et al., 1997; Tischendorf y Fahrig, 2000).

-Medidas basadas en el tiempo de dispersión: tiempo de búsqueda (Search time), es el número medio de movimientos al azar que realiza un organismo hasta que encuentra un hábitat. La media se calcula sobre todos los desplazamientos exitosos de todos los organismos entre dos teselas de hábitat (Doak et al., 1992; Tischendorf y Fahrig, 2000; Tischendorf, 2001).

-Medidas basadas en tasas de emigración: dispersión exitosa "Dispersal success" es el número de inmigraciones entre todos los hábitats del paisaje, dividido por el número inicial de individuos. Cuanto menor sea el valor de la tasa mayor es el grado de aislamiento de la tesela.

- Medidas basadas en datos empíricos sobre los movimientos reales de los individuos, normalmente una muestra relativamente pequeña y convenientemente seleccionada de las poblaciones y especies de interés, dentro de las cuales podemos diferenciar dos medidas principales: medidas de captura y recaptura (Pither y Taylor, 1998; Castellón y Sieving, 2006) y medidas basadas en el radioseguimiento de individuos durante periodos suficientemente prolongados.

Existe una información de base que es común para todos o la mayoría de los modelos de conectividad funcional descritos anteriormente: Identificar la especie indicadora o definir grupos de especies que se diferencien en los requerimientos de hábitat y para las que se disponga de suficiente información actualizada sobre su distribución, dispersión y dinámica poblacional, y una valoración de la fuerza o frecuencia de las conexiones entre las unidades de hábitat identificadas, ya sea mediante mediciones directas de los movimientos de algunos individuos, la comparación de las distancias euclídeas o efectivas (considerando la variable permeabilidad de la matriz del paisaje) entre las unidades de hábitat y las capacidades de dispersión de la especie, etc.

Existen herramientas que recogen uno o más tipos de medidas y que están implementadas en forma de programas informáticos que permiten su utilización más o menos directa por parte del gestor o usuario final, previo conocimiento de las características y ámbito de aplicación de cada una de ellas. Varias de estas herramientas están disponibles gratuitamente o incluso con código abierto para facilitar su integración en otros sistemas de análisis y decisión en relación con la conservación y diseño de las redes de espacios naturales protegidos (Saura, 2009).

Cuadro 5. Programas informáticos para el cálculo de la conectividad del paisaje.

Conefor Sensinode (Saura y Torné 2009) <http://www.conefor.org>

Es un programa informático que combina estructuras de grafos e índices de disponibilidad de hábitat que permiten una mejor medición e integración de la conectividad en la planificación en escalas amplias (Pascual-Hortal y Saura 2006, Saura y Pascual-Hortal 2007, Saura y Rubio 2009).

Permite cuantificar la contribución de cada tesela de hábitat para el mantenimiento o posible mejora de la conectividad ecológica y está concebido como una herramienta de apoyo a la toma de decisiones en la planificación del paisaje. El programa incluye un total de nueve índices basados en grafos, entre los que destacan por sus mejores prestaciones y propiedades los índices IIC y PC. Conefor Sensinode analiza la conectividad del paisaje desde una perspectiva funcional, es decir, requiere datos tanto acerca de la distribución del hábitat forestal en el paisaje (aspecto estructural de la conectividad) como de las capacidades de dispersión o movimiento de las especies consideradas, habitualmente estimadas a través de la distancia media de dispersión (aspecto funcional de la conectividad). Conefor Sensinode proporciona diferentes resultados, siendo el más destacado la cuantificación de la importancia de cada uno de los nodos o teselas de hábitat para el mantenimiento de la conectividad global del paisaje. Ello permite priorizar las zonas críticas para este aspecto, y proporciona un criterio objetivo y cuantitativo para la selección de las zonas de mayor valor de conservación. También permite evaluar y cuantificar el mayor o menor beneficio de nuevas zonas de hábitat que se podrían crear en el territorio, como consecuencia de programas de reforestación o restauración de hábitats. Desde su publicación en junio de 2007, ha sido utilizado en una variedad de aplicaciones relacionadas con la conectividad ecológica, tanto en España (Saura y Pascual-Hortal 2007, Pascual-Hortal y Saura 2008a, 2008b), como en otros países del mundo (Neel 2008, D'Alessandro et al., 2009, Perotto-Baldivieso et al. 2009, Sacco et al. 2009, Visconti y Elkin 2009, etc.), algunas de las cuales se describen brevemente en Saura y Rubio (2009b).

PathMatrix (Ray 2005) <http://cmpg.unibe.ch/software/pathmatrix/>

Es una extensión para ArcView 3.x que permite calcular los caminos de mínimo coste y el coste acumulado de movimiento entre cada par de nodos o teselas de hábitat. Para su uso se requiere contar con la extensión Spatial Analyst de ArcView. Requiere como datos de entrada una

capa de teselas de hábitat, que serán los puntos de partida y destino de los caminos de mínimo coste a calcular, y una capa en formato ráster que cubra toda la zona de estudio en la que se asigne en cada uno de los píxeles un valor de resistencia o fricción al movimiento, como estimación de la permeabilidad o facilidad de dispersión de la especie a través de las distintas zonas del territorio (Adriaensen et al. 2003). Estos valores de fricción se asignan habitualmente considerando variables relacionadas con los tipos de cubierta y usos del suelo, las infraestructuras viarias, o la topografía (altitud y pendiente), y su mayor o menor afinidad al hábitat y características de la dispersión de la especie. A diferencia de las herramientas habitualmente disponibles de manera directa en los sistemas de información geográfica, que permiten calcular el camino de mínimo coste entre un punto de partida y otro de destino determinados, Pathmatrix automatiza el proceso para calcular y proporcionar en un único archivo los caminos mínimos y la distancia efectiva entre cada par de unidades de hábitat de la capa de partida. Los resultados proporcionados por PathMatrix se pueden utilizar directamente en el Conefor Sensinode para caracterizar las conexiones entre las unidades de hábitat.

Circuitscape (<http://www.circuitscape.org/>)

Es un programa informático que implementa recientes desarrollos y adaptaciones de la teoría de circuitos al estudio de la conectividad del paisaje. Esta herramienta mejora el enfoque descrito anteriormente del camino de coste mínimo entre dos zonas de hábitat al considerar simultáneamente los efectos y contribución de todos los posibles caminos de dispersión existentes en el paisaje, y no sólo del de menor coste (McRae et al. 2008). Este enfoque es particularmente valioso para aquellos procesos y especies que responden positivamente a la presencia de un mayor número de caminos y conexiones alternativas, como sería el caso de especies con movimientos más o menos aleatorios por el paisaje y no necesariamente dirigidos y concentrados a través de un hipotético camino óptimo para la dispersión a otra zona de hábitat (McRae et al. 2008). En concreto, la aplicación de la teoría de circuitos ha mostrado una mayor capacidad predictiva de los flujos genéticos en escalas amplias que otros enfoques más convencionales como las distancias euclídeas o de mínimo coste (McRae y Beier 2007). En Circuitscape los paisajes quedan representados como superficies de conductancia, con mayores o menores resistencias al movimiento asignadas a las distintas zonas del paisaje, de manera similar a lo comentado en el apartado anterior para PathMatrix. Del mismo modo que con PathMatrix, los resultados proporcionados por Circuitscape pueden utilizarse para caracterizar las conexiones entre nodos y proporcionarse como el archivo de conexiones de entrada para el Conefor Sensinode.

LARCH Model (Landscape Ecological Analysis and Rules for the Configurations of Habitat).

Es un modelo de poblaciones espacialmente explícito desarrollado por Alterra (Instituto de investigación aplicada de la Universidad de Wageningen, Holanda) que evalúa la persistencia de poblaciones de especies animales seleccionadas basándose, por una parte, en la información de GIS sobre el patrón de hábitat y, por otra, en los requerimientos de hábitat, las tasas de dispersión y en la dinámica poblacional de la especie (Chardon et al., 2000; Van der Sluis y Chardon, 2001). Estos modelos están basados en la teoría de Metapoblaciones, pero no modelizan los procesos de reproducción y mortalidad como lo hace Methaphor. Analiza la adecuación de los hábitats para una población concreta en función de la calidad y superficie de los hábitats. Modeliza las redes ecológicas a partir de la distancia de dispersión. Incluye el efecto barrera de determinados elementos del paisaje. Lugares donde se ha implementado: Umbria (Sluis et al., 2004), Persiceta (Alterra), Rusia (Alterra).

ALCOR (Algoritmo para la conectividad regional)

Estima la conectividad regional basándose en la complejidad geométrica de una superficie que representa el coste acumulado para alcanzar cada punto del territorio desde la población más cercana. Dicha complejidad es estimada mediante su dimensión fractal, que es un indicador sencillo e intuitivo cuyo valor oscila entre 2.0 y 3.0. La conectividad puede calcularse así usando todas las poblaciones, o suprimiendo una cada vez, en cuyo caso puede estimarse la contribución parcial de la población suprimida. El modelo es sensible a la distribución estadística y espacial, tanto de las poblaciones como de los factores externos que controlan el tránsito de la especie (topografía, clima, usos, etc.). La información base sobre la que se construyen los modelos son el nicho ambiental y la escala de dispersión de la especie, y la ventana geográfica en la que se ejecuta el modelo. Sus variables de entrada son datos sencillos y generalmente conocidos para la especie que se desea examinar: un mapa de su distribución geográfica en el área de estudio, un mapa de la idoneidad ambiental de cada punto de ese territorio para esa especie, y un valor de distancia a la cual dos manchas de distribución pueden considerarse como poblaciones distintas. Los resultados consisten en un mapa de conectividad con indicación adicional de las vías de comunicación más probables entre poblaciones, y un indicador de la contribución de cada población a la conectividad regional del paisaje para la especie en cuestión (del Barrio et al., 2006).

IV Aproximaciones para mejorar la conectividad ecológica

Para resolver los problemas derivados de la fragmentación y devolver a los sistemas naturales la conectividad que les hace sostenibles en el tiempo, científicos, planificadores, gestores y otros profesionales han desarrollado diferentes aproximaciones que van desde el diseño de redes de espacios protegidos hasta sistemas integrales de planificación y gestión del territorio.

Algunos de estos modelos de redes tratan de asegurar la viabilidad de las poblaciones de ciertas especies, hábitats o ecosistemas (European Ecological Network, EECONET, Bischoff y Jongman, 1993). Normalmente este tipo de redes se caracterizan por contar con tres tipos de elementos: áreas núcleo, corredores, áreas restauradas o de amortiguación. Otros modelos de redes territoriales se centran en el mantenimiento de los procesos físicos que se dan sobre los sistemas, y hacen hincapié en el equilibrio ecológico del paisaje a través de las funciones compensativas (Küvik 2002; Sepp y Kaasik 2002). Los principales objetivos de estas aproximaciones son la identificación y localización de los nodos (áreas núcleo) y corredores, los cuales tienen una gran importancia geocológica y donde las funciones eco-compensativas se dan o deben llevarse a cabo. Ejemplos de estas redes son las desarrolladas en Estonia, Letonia y Lituania (Baltic ecological Network) (Bennett, 2004). Ver cuadro 6.

26

Cuadro 6. Red Ecológica Báltica (Estonia, Letonia y Lituania).

La región Báltica tiene una larga historia en el desarrollo de Redes Ecológicas, su camino en el desarrollo de estas redes comenzó hace 30 años con la iniciativa "Ecologically Compensating Areas" en Estonia. Lituania desarrollo una aproximación similar en los comienzos de los años ochenta que llamo "Nature Frame" y posteriormente Letonia en 1990 diseño "Complex Territorial Scheme of Nature Protection". Hoy en día estas aproximaciones son la base de un conjunto amplio de estrategias y planes de acción que van desde la escala local hasta la europea (Pan-European Ecological Network).

La red ecológica verde de Estonia: desde su inicio se ha desarrollado como un instrumento espacial de planificación para el equilibrio e integración de los usos del suelo. La red se ha incorporado en la planificación espacial y la legislación medio ambiental a mediados de la década de 1990. Además la planificación de la red ha tenido un desarrollo político a través de la aprobación de la Estrategia Nacional de Medio Ambiente, la cual incluye un mapa indicativo de la red ecológica. Han desarrollado programas agroambientales que estimulan el mantenimiento de las prácticas agrícolas extensivas importantes para mantener los paisajes rurales.

No son frecuentes los ejemplos de planificación del territorio que incluyen directrices y medidas transversales en las políticas sectoriales para el mantenimiento y la conservación de la conectividad a nivel internacional y nacional. Sin embargo existen planes que comienzan a desarrollarse a nivel regional como es el caso de Cataluña, que ha establecido las bases para las directrices de conectividad ecológica^{1,2}. En estos documentos se analizan las herramientas que las distintas políticas sectoriales tienen definidas y que inciden positivamente sobre la conectividad del paisaje (planeamiento territorial, espacios naturales protegidos, especies amenazadas y protegidas, red de infraestructuras, espacios fluviales, actividad agraria y urbanismo entre otras). Este trabajo de extracción de herramientas sectoriales junto con una fuerte y coherente política de conservación constituye uno de los mejores ejemplos de la planificación integral del territorio.

Estos ejemplos de planificaciones integradas del territorio resuelven los problemas de la conectividad en sus diferentes escalas espacio-temporales y abordan no solo los beneficios de la conectividad hacia la conservación, sino también los derivados del bienestar social.

Existen además otros modelos diseñados habitualmente para territorios más amplios que se construyen sobre la idea de una continuidad espacial de hábitats, ecosistemas y áreas protegidas: Corredor Mesoamericano, Yellowstone to Yukon³, Green Belt, Corredor de los Alpes, el Corredor de los Cárpatos (cuadros 7 y 8). El grado de desarrollo de estos proyectos y su aproximación a constituirse como herramientas integradoras de planificación y gestión del territorio es muy variado y en la mayoría de los casos requiere de un largo proceso de participación de las instituciones.

Cuadro 7. Yellowstone a Yukon (Y2Y)

El objetivo de este proyecto es establecer el marco de trabajo para la conservación regional de paisajes saludables desde Yellowstone a Yukon, realizar una gestión eficaz de los usos del suelo y actuar como un catalizador que reúne a diversas organizaciones y organismos. Además, aportan los recursos para apoyar el trabajo de los socios. Y2Y incluye socios locales de base y grupos comunitarios, agencias gubernamentales, entidades de financiación (tanto institucionales como individuales), los nativos americanos, científicos e investigadores, empresas y otras personas cuyo trabajo contribuye directa o indirectamente al avance de la visión de Yellowstone a Yukon.

¹ Bases per a directrius de connectivitat ecològica de Catalunya (2006). Generalitat de Catalunya. Departament de Medi Ambient.

² Xavier Mayor Farguell. 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 a Catalunya (2008).

³ www.Y2Y.net

Cuadro 7. Yellowstone a Yukon (Y2Y)

Y2Y ha concentrado la mayor parte de sus recursos en construir una red ecológica para la fauna, científicamente coherente, compuesta de áreas núcleo, corredores y zonas de amortiguación. El trabajo de los socios se centra en el mantenimiento y la restauración de la integridad ecológica, actuando específicamente en las áreas de importancia ecológica que tienen un mayor grado de amenaza y que son a su vez áreas claves para la conservación.

A nivel Europeo cabe citar el proyecto “Knowledge for Ecological Network” promovido por el European Center for Nature Conservation (ECNC) cuyo primer resultado ha sido un documento del grado de desarrollo e implementación de las redes ecológicas y especialmente en las implicaciones con los ganaderos y agricultores. Este informe muestra la experiencia de la implementación de las redes de conectividad a través de la descripción de seis casos de estudio en Europa. El proyecto se centra en el proceso de participación de los propietarios y gestores privados de los paisajes rurales. Establece las etapas y pasos necesarios para la gestión y conservación de las redes ecológicas desde lo local. Define entre las etapas a incorporar en el proceso de participación: la preparación, la información, el análisis, la comunicación, la consulta, la participación, la gestión de conflictos y por último la toma de decisiones. Para cada una de estas etapas define las herramientas más oportunas para su trabajo (Jones-Walters, et al 2009).

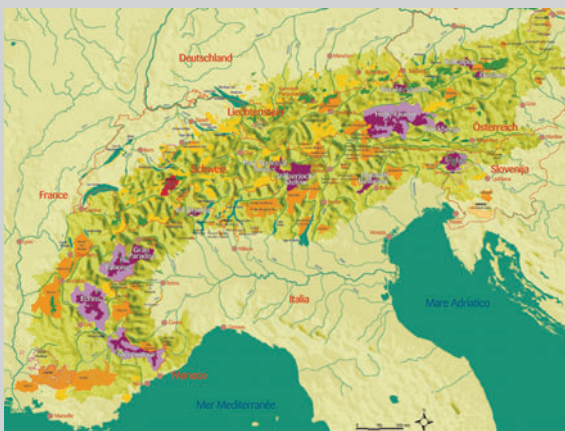
Cuadro 8. ALPARC. Red alpina de áreas protegidas

Es una red de áreas protegidas en la que están incluidas todas aquellas áreas que firmaron el Convenio Alpino. La cooperación es voluntaria dentro de la Red. Los propios miembros deciden participar y la medida de su compromiso, que dependerá de sus propias necesidades y campos de interés. ALPARC está compuesta por más de 1000 espacios y cubre más de un cuarto de la superficie de los Alpes. La red se creó para llevar sus propios proyectos, asesorar sobre la efectividad de la gestión y organizar reuniones y seminarios técnicos que abor- dasen temas desde la mera conservación, gestión y cambio climático.

Uno de los principales objetivos de ambas ALPARC y el Convenio de los Alpes es la creación de una red ecológica. Esta red podría ser creada mediante el establecimiento de corredores ecológicos entre las áreas protegidas, a través de acuerdos de conservación de la naturaleza y la gestión sostenible de la tierra.

En 2004, el Comité Permanente del Convenio de los Alpes ALPARC encargado de llevar a cabo un estudio de los actuales vínculos nacionales y trans-

fronterizos-entre las áreas protegidas, que luego sería la base para la futura red. Los resultados de este estudio han confirmado el potencial real de los Alpes para crear una verdadera continuidad ecológica, que contribuye a la conservación de la excepcional biodiversidad de los Alpes en el largo plazo y facilitar las migraciones de especies dentro de los Alpes y hacia y desde países vecinos.



En 2006, el Convenio de los Alpes crea un grupo de trabajo específico para examinar esta cuestión: la Plataforma Red Ecológica. ALPARC, representada por el Grupo de Trabajo de Áreas Protegidas, junto con otros socios internacionales (CIPRA, el Comité Científico Internacional de Investigación en los Alpes (ISCAR), WWF), están contribuyendo activamente a este proceso. Algunas áreas protegidas de la red de ALPARC también están fuertemente involucradas en el proceso como “regiones piloto”.

El diseño de la red ecológica se define sobre la aproximación holística, que no solo tiene en cuenta los aspectos ecológicos, sino que incluye dimensiones sociales y económicas. La dimensión ecológica se ocupa del buen funcionamiento de los ecosistemas y los hábitats, su conectividad, fragmentación, conservación y restauración. La dimensión económica estudia las cuestiones referentes a la efectividad de los usos de los recursos financieros en la conservación de las especies y los hábitats. Y la dimensión social velará por estrategias políticas sociales para garantizar el éxito de los proyectos.

<http://www.alparc.org>

El contexto político del desarrollo de las redes de espacios protegidos en la Unión Europea

Las políticas de conservación a nivel europeo empiezan a desarrollarse a mediados de los setenta. El primer paso se dio con el Convenio de Berna en 1979, donde se expusieron las necesidades de proteger hábitats naturales, en especial aquellos que albergaban especies de flora y fauna amenazadas por su extinción. En 1989 se reunieron de forma extraordinaria los ministros de medio ambiente para desarrollar el convenio de Berna, para ello redactaron unas resoluciones y recomendaciones que dieron lugar en 1996 a la Red Esmeralda. El contenido de las resoluciones llevaba consigo la idea de la creación de una red de conservación a nivel europeo, de forma que se coordinasen las distintas políticas llevadas a cabo por los diferentes Estados. La red ecológica Esmeralda está compuesta de "áreas de especial interés para la conservación", la cual fue votada y aprobada por el Consejo de Europa como parte del trabajo del Convenio de Berna. Esta iniciativa envuelve a todos los Estados europeos así como algunos países no miembros de la Comunidad Europea (Túnez, Marruecos y Senegal).

La Unión Europea aprueba la Directiva de Aves en 1979 y pone en marcha la formulación de la Directiva de conservación de los hábitats naturales y de la fauna y la flora silvestre (Directiva Hábitats) que es aprobada en 1992. Su valor normativo reside en la importancia de proteger hábitats y más aún la de establecer una conexión entre todos ellos formando la Red Natura 2000. La Directiva de Hábitats contiene en su artículo 10 la promoción de los elementos lineales del paisaje.

En 1996 se constituyó formalmente la Red Esmeralda. De acuerdo con la Resolución nº 5 de 1998 del Comité en cuanto al establecimientos de las reglas y criterios para la designación de las áreas de interés para la red, se aprobó que "en el caso de los Estados que sean miembros de la Unión Europea, la Red Esmeralda estará formada por las áreas Natura 2000".

La Comunidad Europea, parte firmante del Convenio de Berna, desarrolla la Directiva de Hábitats para cumplir con las obligaciones comprometidas con el Convenio, particularmente lo que respecta a la conservación de hábitats.

Por otro lado, en 1995, se aprueba la Estrategia europea para la Diversidad Biológica y del Paisaje (European Biological and Landscape Diversity Strategy, Sofía 1995). Esta conferencia llevó el lema "Conserving Europe's Natural

Heritage: Towards a European Ecological Network”, fue organizada por los gobiernos de Holanda y Hungría y con la colaboración del Institute for European Environmental Policy. Como objetivos de esta estrategia se encuentra el establecimiento de la red EECONET (European Ecological Network). La estrategia debía incluir: descripción del funcionamiento de los ecosistemas europeos; objetivos ecológicos a medio y largo plazo; guía para la integración de los objetivos de conservación en las políticas sectoriales; definición de actuaciones prioritarias para Europa y programas educativos e informativos. La propuesta de la Red Ecológica Paneuropea impulsada por el Consejo de Europa en el marco de los acuerdos de la Estrategia Paneuropea para la Diversidad Biológica y Paisajística (1995) concede gran importancia a la identificación de corredores ecológicos como parte integrante de esa red.

Dentro de la Estrategia Pan-europea de diversidad biológica y del paisaje se desarrolla la Red Ecológica Pan-europea (PEEN). El objetivo es asegurar la protección del conjunto de ecosistemas, hábitats, especies y paisajes de importancia europea; los hábitats son suficientemente extensos como para albergar especies en un estado favorable de conservación, que haya suficientes oportunidades para la dispersión y migración de las especies, que los ecosistemas claves dañados sean restaurados y que los ecosistemas claves sean rodeados de áreas de amortiguación para prevenir posibles impactos del exterior. La originalidad de esta red persigue la conexión física de las áreas núcleo a través de la restauración o conservación de corredores.

Más recientemente, la Conferencia europea de ministros responsables de la ordenación del territorio aprobó en 2006 la Declaración de Lisboa sobre “Redes para el desarrollo territorial sostenible del continente europeo: puentes a través de Europa”. En ella se hace hincapié en los beneficios de las áreas protegidas en la identidad y sostenibilidad de Europa. Fortalecer redes ecológicas paneuropeas representa la construcción de “puentes verdes” que deberían ser fomentados, no solo en cuanto a biodiversidad y conservación, sino también en cuanto a preservación del carácter del paisaje. Los paisajes, en particular los culturales, constituyen una parte importante del patrimonio natural y cultural europeo, contribuyendo a la identidad europea y a su potencial desarrollo. Su diversidad y calidad proporcionarían la base para una red europea del paisaje en el marco de la Convención Europea del Paisaje.

Actualmente en Europa están surgiendo numerosas iniciativas a nivel nacional que empiezan a actuar a nivel local y regional. Una gran parte de los países de Europa han iniciado el desarrollo de redes de espacios protegidos (Alemania,

Holanda, Francia, Irlanda, Suiza, Bélgica, Reino Unido, España, Portugal, Dinamarca) pero el grado de implantación es muy variado. La mayoría de estas iniciativas se detienen en la etapa de estudio, sin incidir en la planificación y gestión del territorio (Jongman et al., 2004).

En los países del Este de Europa se promueve una aproximación integradora denominada ecoestabilidad. En la República Checa, Estonia, Lituania, Polonia, Rusia y Eslovaquia se han diseñado redes bajo esta aproximación. Cinco países han implementado en su regulación normativa referente a las redes ecológicas (República Checa, Lituania, Rusia, Ucrania y Eslovaquia). Todos los países europeos han desarrollado políticas de planificación y políticas de conservación de la naturaleza (Jongman et al., 2004).

“Green infrastructure for Europe” es una iniciativa de la Comisión Europea, actualmente en fase de definición, que pretende impulsar en los países miembros de la UE una aproximación de planificación global del territorio para asegurar el mantenimiento de las funciones ecológicas a escala de paisaje, entre ellas la conectividad, en el marco del conjunto de usos que se dan en el territorio. De hecho, se trata de una propuesta para intentar integrar los lugares N2000 en un entorno más amplio, a fin de asegurar la flexibilidad ante el cambio climático y la prestación de servicios ambientales, entre otros beneficios, mediante esta aproximación territorial a escala de paisaje.

Marco institucional y legal para el fomento de la conectividad ecológica en España

Las primeras obligaciones de incluir los criterios de conectividad en la legislación de espacios protegidos derivan de la Directiva de Hábitats⁴. Tanto la Ley 42/2007 del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad de 2007 como diversas legislaciones autonómicas han recogido esta cuestión en mayor o menor medida.

Así, en la Ley 42/2007 se define el concepto de corredor ecológico como “el territorio, de extensión y configuración variable, que, debido a su disposición y estado de conservación, conecta funcionalmente espacios naturales de especial relevancia para la flora o la fauna silvestres, separados entre sí, permitiendo, entre otros procesos ecológicos, el intercambio genético entre poblaciones de especies silvestres o la migración de especímenes de esas especies”. En su artículo 20, se pone en manos de las administraciones con competencia en esta materia

⁴Directiva 92/43 CEE del Consejo, de 21 de mayo relativa a la Conservación de los Hábitats Naturales y de la fauna y la flora silvestres.

la definición de las herramientas necesarias para garantizar la conectividad entre los espacios protegidos. Serán los planes de ordenación los instrumentos para garantizar la conservación y protección de los corredores. Así mismo, el artículo 46 establece la necesidad de dotar de coherencia y conectividad a la red de espacios protegidos. En particular “se fomentará la conservación de los corredores ecológicos y la gestión de aquellos elementos del paisaje y áreas territoriales que resultan esenciales o revistan primordial importancia para la migración, la distribución geográfica y el intercambio genético entre poblaciones de especies de fauna y flora silvestres”. Las comunidades autónomas fomentarán la conservación de los corredores ecológicos y la gestión de aquellos elementos del paisaje y áreas territoriales que resulten esenciales o revisten primordial importancia para la migración, la distribución geográfica y el intercambio genético entre las poblaciones de especies de fauna y flora silvestre.

Con anterioridad a la aprobación de la Ley 42/2007, diversas comunidades autónomas habían introducido algunas iniciativas para el desarrollo de corredores. Extremadura⁵ incorporó el concepto de corredor en su legislación a través de la definición de dos figuras de protección: Corredores Ecológicos y de Biodiversidad y Corredores Ecoculturales. Los Corredores Ecológicos y de Biodiversidad son elementos del paisaje de extensión variable cuya disposición y grado de conservación general revisten primordial importancia para la fauna y flora silvestres, ya que permiten la continuidad espacial de enclaves de singular relevancia para aquella, con independencia de que tales enclaves hayan sido o no declarados protegidos. Así, podrán ser declarados Corredores Ecológicos y de Biodiversidad, entre otros, los cursos y masas de aguas y sus zonas ribereñas, las cadenas montañosas, las masas de vegetación, las zonas de llanura y los sistemas tradicionales de deslinde de los campos, así como los estanques o los sotos, cuando con tal declaración se permita una vertebración más coherente y una implantación más afianzada de la Red de Espacios Naturales Protegidos de Extremadura y de su biodiversidad. En particular, pueden tener tal consideración las zonas de tránsito para aves migratorias, especialmente tratándose de aves por cuya escasez, rareza o grado de vulnerabilidad se desarrollen planes específicos de conservación. Los Corredores Ecoculturales son las cañadas y otras vías pecuarias, así como caminos o vías de comunicación que, de conformidad con su historia, tradición, zonas por las que transite u otras razones análogas que resalten sus fundamentales valores ambientales, permitan un uso no lesivo del territorio ni de las explotaciones agrarias.

En Cataluña, el Plan Territorial General (PTGC)⁶ define como espacios que deben ser objeto de especial protección a los espacios protegidos y a los co-

⁵ Ley 8/1998, de Conservación de la Naturaleza y de Espacios Naturales de Extremadura.

⁶ Ley 1/1995, por la cual se aprueba el Plan Territorial General de Cataluña.

rededores de conexión entre ellos, a los cuales se refiere como espacios de vinculación o relación y define como aquellos espacios de conexión que estructuran a los espacios protegidos en una red continua y los incorporan en un sistema territorial más amplio. El Plan de espacios de interés natural (PEIN)⁷, que establece un sistema de espacios naturales con un régimen básico de protección, prevé en su programa de desarrollo “la creación de un programa específico de trabajo destinado a la determinación de los criterios y las medidas necesarias para garantizar el mantenimiento de las debidas conexiones biológicas entre los espacios incluidos en el PEIN”. Por otra parte, el Parlamento de Cataluña ha aprobado resoluciones para instar al gobierno catalán a desarrollar iniciativas para la elaboración de un plan de áreas de conexión biológica⁸ y a la adopción de directrices estratégicas para el mantenimiento de las conexiones biológicas entre los espacios protegidos, así como para iniciar su aplicación y desarrollo efectivo⁹. Con estos antecedentes se ha seguido un desarrollo en dos etapas a fin de determinar el estado de la conectividad biológica de Cataluña y proponer los ámbitos territoriales y las medidas necesarias para garantizar la preservación de la conectividad ecológica entre los espacios implicados. En la primera etapa se hizo un diagnóstico general¹⁰, en la cual se tipificaron y delimitaron las diversas casuísticas de conectividad biológica. Se obtuvo finalmente un mapa de conectividad del territorio. Estos resultados sirvieron de base para la determinación de las directrices generales para garantizar la conectividad ecológica¹¹. En la segunda etapa se elaboró una propuesta¹² donde se determinan aquellas zonas del territorio de especial interés como conectores biológicos. Su determinación es especialmente útil para aplicar en ellos medidas de planificación, prevención, investigación a fin de asegurar la implantación y el mantenimiento de la conectividad biológica. La propuesta incluye un total de 135 ámbitos de conectividad que son presentados en una cartografía general a escala 1:300.000 y que en cada caso son caracterizados en una ficha

⁷ Decreto 328/1992, de 14 de diciembre, por el cual se aprueba el Plan de espacios de interés natural.

⁸ Resolución 552/V del Parlamento de Cataluña, de 16 de abril de 1998, sobre la elaboración de un plan de áreas de conexión biológica de Cataluña.

⁹ Resolución 1153/VI del Parlamento de Cataluña, de 23 de octubre de 2002, sobre la presentación y el desarrollo de las directrices estratégicas para el mantenimiento de las conexiones biológicas y paisajísticas entre los espacios protegidos de Cataluña.

¹⁰ Mayor X, Terradas G, 1999. Conectividad biológica y Plan de espacios de interés natural (PEIN): Diagnóstico general (etapa 1). Generalitat de Cataluña, Departamento de Medio Ambiente.

¹¹ Mallarach JM, Germain J, 2006. Bases para directrices de conectividad ecológica de Cataluña. Generalitat de Catalunya, Departamento de Medio Ambiente y Vivienda.

¹² ARDA, 2007. Propuesta de delimitación de los ámbitos de conectividad entre los espacios de interés natural -PEIN y Red Natura 2000-. Generalitat de Cataluña. Departamento de Medio Ambiente y Vivienda.

que contiene su delimitación cartográfica a escalas superiores y toda la información que ha dado lugar a la selección del ámbito, su descripción y una valoración sobre su potencial como elemento de conectividad. En el momento actual existe un acuerdo de gobierno para la elaboración del Plan territorial de conectividad ecológica de Cataluña. Este plan deberá adoptar medidas para garantizar la permeabilidad ecológica en el conjunto del territorio, evitar la fragmentación de los hábitats, conservar las grandes continuidades naturales y permitir la dispersión de las especies en su área de distribución y el intercambio genético entre las poblaciones y de una manera singular entre los espacios protegidos. Por otra parte, deberá vertebrarse con el PTGC y los Planes territoriales parciales y sectoriales que lo desarrollan e incorporarles la dimensión funcional y dinámica de la biodiversidad.

Otras comunidades autónomas han incorporado a través de normativas de conservación criterios de conectividad, incluyendo algunos tramos de ríos en las listas de Lugares de Importancia Comunitaria que forman parte de la Red Natura 2000. En la Comunidad de Madrid el área de servidumbre de los principales ríos forma parte de la Red Natura 2000 (De Lucio et al., 1997). En el caso de Navarra, se propuso un sistema de áreas protegidas que incluye corredores biológicos entre otras categorías que conforman la red de espacios, aunque estos corredores no constituyen una figura de protección (García, 1998). En el País Vasco la Red Natura 2000 se ha construido incorporando espacios fluviales, tramos de ríos que ayudan a mejorar la coherencia del sistema. Así mismo, se ha definido una Red de Corredores Ecológicos, en la que se incluyen medidas de gestión, si bien el respaldo legal está todavía pendiente. La Comunidad Valenciana está utilizando el concepto de corredor en los Planes de Ordenación de los Recursos Naturales, identificando estructuras lineales que conectan espacios protegidos, para las que contemplan algunas medidas de gestión. En la Región de Murcia, entre los lugares de la Red Natura, se encuentran tramos de ríos y ramblas, que en algunos casos incluyen el área de policía.

Otras comunidades autónomas han aplicado el concepto de corredor a un nivel de proyecto, si bien con distintas concepciones. En Andalucía se pueden citar los ejemplos del Corredor Verde Dos Bahías, denominación dada a una vía pecuaria deslindada que enlaza Bahía de Cádiz y Bahía de Algeciras pendiente de aprobación como espacio protegido. El otro se refiere al Corredor Verde del Río Guadiamar¹³ (ver también ficha de experiencias más adelante).

¹³ Decreto 112/2003, de 22 de abril, por el que se declara Paisaje Protegido el Corredor Verde del Guadiamar.

V Instrumentos normativos de intervención territorial

Son muchas las iniciativas que en las últimas décadas han tratado de incidir en la conectividad del territorio a través de estudios, programas, planes, medidas y acciones. Estas iniciativas se han originado desde las distintas fuentes de decisión sectorial con implicaciones sobre el territorio. En este apartado se analiza el papel de cada una de las políticas con sus programas y planes en la conservación del territorio y el mantenimiento de un sistema territorial capaz de mantener su biodiversidad, bienes y servicios además de un desarrollo sostenible de sus recursos.

El sistema territorial español cuenta con varios elementos potenciales para fomentar la coherencia de un sistema interconectado de áreas protegidas (cuadro 7). La parte fundamental del sistema territorial de conservación de la naturaleza se asienta sobre los espacios naturales protegidos. La Red Natura 2000 complementa con sus objetivos específicos el sistema mediante la conservación de las especies y los hábitats de importancia comunitaria recogidas en los anexos de las directivas Aves y Hábitats. En un tercer lugar están los espacios naturales que son designados por convenios internacionales.

36

El cuarto elemento del sistema territorial es el compuesto por los territorios de dominio público que desempeñan o pueden ejercer un papel importante en la conectividad debido principalmente a su naturaleza así como por su amplia distribución por el territorio español. Tal es el caso del dominio público que deriva de la Ley de costas, agua y vías pecuarias.

Por último están los instrumentos de intervención territorial que pueden tener un papel relevante en la conservación y mejora de la conectividad, en particular la legislación del suelo y planes derivados, la legislación de desarrollo rural, los Planes de Ordenación de los Recursos Naturales de la Ley 42/2007 y los Planes Forestales derivados de la legislación de montes.

La cuestión sobre la que hay que profundizar es ¿cómo utilizar estos instrumentos para mejorar la conectividad ecológica? El siguiente cuadro refleja en algunas cifras el potencial del sistema (cuadro 9).

Cuadro 9. Potencial del sistema territorial en España. Fuente: EUROPARC-España 2007 y Ministerio de Medio Ambiente y Medio Marino y Rural.

Superficie terrestre protegida:	5.952.226 ha (11.8% de la superficie)
Superficie Red Natura 2000 que no es ENP:	8.246.731 ha (58.3 % de la superficie)
Longitud de ríos y arroyos:	65.226 Km. (85.7% no esta protegido)
Longitud de vías pecuarias:	450.000 ha (1% de la superficie)
Paisajes agrícolas:	47% (tierras de labor y cultivos permanentes, praderas y mosaicos de cultivos)



Paisajes con potencial en la conectividad ecológica.
Izquierda: Parque Natural del Moncayo (Aragón), Raúl Ayala.
Derecha: Espacio red natura 2000 (Ávila), Javier Puertas.

Espacios naturales protegidos

Los espacios protegidos constituyen la parte más importante de los modelos de conectividad. En los espacios protegidos se conservan ecosistemas, poblaciones, especies y procesos ecológicos que requieren de conectividad para su mantenimiento a lo largo del tiempo. En los espacios naturales protegidos se utilizan dos herramientas para su planificación y gestión, los Planes de Ordenación de los Recursos Naturales (PORN) y los Planes Rectores de Uso y Gestión (PRUG y planes de gestión similares). Los PORN son instrumentos de la planificación que normalmente se aprueban en relación con espacios naturales concretos pero cada vez más abarcan territorios que superan los límites de los espacios naturales protegidos¹⁴ y pueden llegar a abarcar la totalidad de la comunidad autónoma (Plan de Ordenación de los Recursos Naturales del Principado de Asturias)¹⁵. Los PORN tienen que ser aprobados normativamente por la administración competente. Entre sus objetivos figura contribuir al establecimiento y la consolidación de redes ecológicas compuestas por espacios de alto valor natural, que permitan los movimientos y la dispersión de las poblaciones de especies de la flora y de la fauna y el mantenimiento de los flujos que garanticen la funcionalidad de los ecosistemas (Art. 17 Ley 42/2007). Un ejemplo de la utilización de estos planes para garantizar la conectividad del territorio es el del PORN del Parque Natural del Montgó. En este documento se establecen zonificaciones y directrices de gestión con este objetivo, garantizar la conectividad en el entorno del espacio protegido.

¹⁴ Decreto 180/2002, de 5 de noviembre, del gobierno valenciano, por el que se aprueba el Plan de Ordenación de los Recursos Naturales del Parque Natural del Montgó.

¹⁵ Decreto 38/1994, de 19 de mayo, de aprobación del Plan de Ordenación de los Recursos Naturales del Principado de Asturias (PORN).

La Ley 42/2007 define un conjunto de áreas protegidas por instrumentos internacionales, designadas formalmente a través de convenios y acuerdos internacionales que pueden desempeñar un papel importante en la conectividad. Por ejemplo el relativo a los Humedales de Importancia Internacional especialmente como hábitats de aves acuáticas, los Sitios de las listas de Patrimonio Mundial, las Zonas Especialmente Protegidas de Importancia para el Mediterráneo (ZEPIM). El régimen de protección de estas áreas será el establecido en los correspondientes convenios y acuerdos internacionales, sin perjuicio de la vigencia de regímenes de protección, ordenación y gestión específicos cuyo ámbito territorial coincida total o parcialmente con dichas áreas, siempre que se adecuen a lo previsto en dichos instrumentos internacionales. El Plan Estratégico Estatal del Patrimonio Natural y la Biodiversidad (actualmente en elaboración por el Ministerio) definirá unas directrices de conservación de aplicación en las áreas protegidas por instrumentos internacionales. Estas directrices constituirán el marco orientativo para la planificación y gestión de dichos espacios y serán aprobadas mediante acuerdo de la Conferencia Sectorial de Medio Ambiente (Art. 49 Ley 42/2007).

En Cataluña, el Plan de espacios de interés natural (PEIN)¹⁶ establece un sistema de 165 espacios representativos de los diferentes paisajes y ecosistemas que

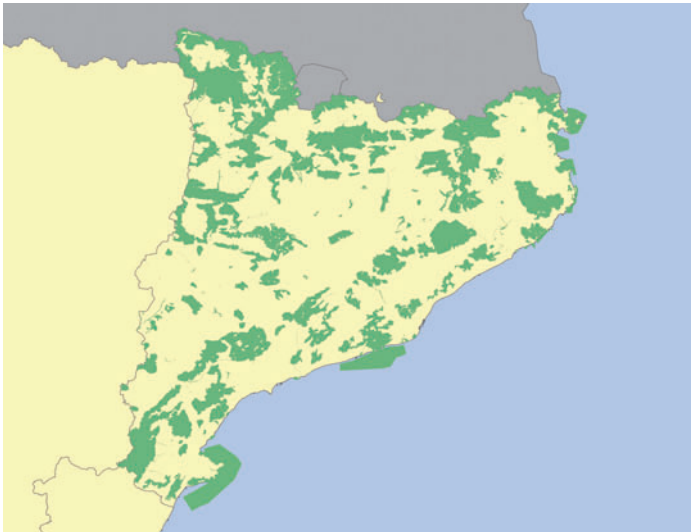


Figura 2. Espacios incluidos en el Plan de Espacios de Interés Natural de Cataluña (PEIN).

¹⁶ Decreto 328/1992, de 14 de diciembre, por el cual se aprueba el Plan de espacios de interés natural.

suman una superficie de 960.102 hectáreas y equivale aproximadamente al 30% del territorio catalán. En todos los espacios es de aplicación un régimen preventivo básico, que incluye un régimen urbanístico incompatible con los procesos urbanizadores y otras medidas de carácter preventivo relativas a la implantación de usos, instalaciones y otras actividades susceptibles de lesionar significativamente los valores protegidos. En relación a la Red Natura 2000, de acuerdo con la Ley 12/2006, de medidas en materia de medio ambiente de Cataluña, la declaración de una zona de especial conservación (ZEC) o de una zona de especial conservación para las aves (ZEPA) implica su inclusión automática en el PEIN.

Existe otro conjunto importante de figuras de protección de la naturaleza designadas por las comunidades autónomas y que no están incluidas por estas mismas administraciones como espacios naturales protegidos, pero que sin embargo reconocen un interés especial por sus valores patrimoniales y naturales a ciertos espacios (cuadro 10). Las designaciones autonómicas de áreas protegidas suelen aparecer en los Anexos de las normativas autonómicas de espacios protegidos (Catálogo de Hábitats y elementos geomorfológicos de protección especial) o en catálogos aprobados a través de acuerdos de Gobierno (Zonas Húmedas, Cuevas y Vías Pecuarias de la Comunidad Valenciana). En el caso de las áreas designadas por las comunidades autónomas la casuística será la que marque su normativa. En el caso de las Áreas Sensibles de Castilla-La Mancha, deberán contar con un plan de gestión en el que se concreten las medidas de conservación en cada caso necesarias en función de las exigencias ecológicas de los recursos naturales que hayan motivado su declaración (Ley 9/1999, Art. 58). Del mismo modo, el Catálogo de Hábitats y elementos geomorfológicos de protección especial tendrá unos planes de conservación aprobados por el Consejo de gobierno e incluirán las medidas precisas para su conservación o restauración. Situación parecida se da para las zonas húmedas, cuyas medidas de conservación se incluyen al aprobar el catálogo.

Cuadro 10. Algunos ejemplos de figuras de áreas protegidas designadas por las comunidades autónomas que no son consideradas estrictamente espacios naturales protegidos pero desempeñan un papel importante en la conectividad.

Zonas Naturales de Interés Especial: espacios en los que, sin perjuicio de la presencia de elementos artificiales e intervención humana, siguen dominando los elementos y procesos naturales, prevaleciendo el carácter natural del área, y que está sometidos a algún régimen de recursos naturales (Castilla y León).

Áreas Naturales Singulares: aquellas zonas del territorio aragonés en la que los elementos y procesos ecológicos naturales son relevantes; cuya conservación se hace necesario asegurar, a pesar de elementos artificiales o de

su transformación por la explotación u ocupación humana, y que no necesitan, en principio, el mismo nivel de protección que el de los espacios naturales protegidos (Aragón).

Zonas húmedas: marismas, majarles y turberas o aguas rasas, ya sean permanentes o temporales, de aguas estancadas o corrientes, dulces, salobres o salinas, naturales o artificiales (Comunidad Valenciana).

Zonas Sensibles: incluye las ZEPA, LIC y ZEC, las Áreas Críticas derivadas de planes de conservación de especies amenazadas, áreas forestales destinadas a la protección de los recursos naturales, los Refugios de Fauna, los Refugios de Pesca, así como aquellas otras que declare el Consejo de Gobierno por su revelante función como corredores biológicos o por el preciso cumplimiento de las normas y convenios de carácter regional, nacional o internacional (Castilla-La Mancha).

Catálogo de Hábitats y elementos geomorfológicos de protección especial: reúne un conjunto de hábitats naturales escasos, limitados por sus especiales condicionantes ecológicos, vulnerables o importantes por su aportación a la biodiversidad regional (Castilla-La Mancha).

Vías Pecuarias: aquellas vías que resulten de interés para fines de conservación de la naturaleza, educativos recreativos, y las que puedan servir para conectar los distintos espacios naturales protegidos (Comunidad Valenciana).

Inventario de las zonas húmedas: identifica y describe las zonas húmedas del territorio con el fin de constituir un instrumento técnico que permita la aplicación y el cumplimiento de la normativa de espacios naturales (Cataluña) y constituir la base para la redacción del futuro Plan de recuperación, protección y conservación de las zonas húmedas de Cataluña

Inventario de espacios de interés geológico: identifica y describe los espacios y elementos de interés geológico que se consideran significativos y representativos y que, en conjunto, conforman un registro de la evolución geológica del territorio catalán. Su objetivo principal es poder disponer de la información necesaria sobre el patrimonio geológico, tanto sobre la localización como sobre los valores que lo caracterizan, además de indicar para cada espacio que acciones lo pueden poner en peligro y cuales pueden actuar a favor de su conservación (Cataluña).

Red Natura 2000

Las áreas designadas Red Natura cubren una superficie de 14.136.678 hectáreas. Su contribución a la conectividad es importante ya que sobre estas áreas rige una normativa europea con directrices de conservación (tabla 1).

En el marco del Plan Estratégico Estatal del Patrimonio Natural y la Biodiversidad, el Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, con la participación de las comunidades autónomas, está elaborando unas directrices de conservación de la Red Natura 2000. Estas directrices constituirán el marco orientativo para la planificación y gestión de dichos espacios y serán aprobadas mediante acuerdo de la Conferencia Sectorial de Medio Ambiente.

Gran parte de la superficie designada como ZEPA o LIC goza además de alguna categoría de protección como espacio natural protegido. El solapamiento de la Red Natura 2000 con el resto de espacios naturales protegidos en el conjunto de Estado español es de casi el 42%, pero varía desde el 100% (en las comunidades que han asimilado la Red Natura 2000 en su red de espacios naturales protegidos), al 10-15% en las que mantienen redes diferenciadas.

Tabla 1. Superficie Natura 2000 (LIC y ZEPA) por comunidad autónoma y grado de solapamiento con los espacios protegidos (superficie en hectáreas).

Fuente: EUROPARC-España, 2007.

Comunidad autónoma	Superficie Natura 2000 (ha)	Superficie Natura 2000 que es espacio natural protegido (ha)	Superficie Natura que es espacio natural protegido (%)
Andalucía	2.594.990	1.667.190	64.2
Aragón	1.354.809	149.163	11.0
Cantabria	147.749	147.445	99.8
Castilla y León	2.461.672	682.104	27.7
Castilla-La Mancha	1.823.001	307.657	16.9
Cataluña	1.049.233	1.013.032	96.5
Comunidad de Madrid	320.143	108.103	33.8
Comunidad Foral de Navarra	251.919	84.991	33.7
Comunidad Valenciana	697.914	173.377	24.8
Extremadura	1.257.791	295.515	23.5
Galicia	383.262	374.727	97.8
Illes Balears	205.917	68.267	33.4
Islas Canarias	519691	291.966	56.2
La Rioja	167579	166.262	99.2
País Vasco	146.735	80.347	54.8
Principado de Asturias	307862	212.699	69.1
Región de Murcia	446.711	66.742	14.9
Estado español	14.136678	5.889.947	41.7

Con el fin de mejorar la coherencia ecológica y la conectividad de la Red Natura 2000, las comunidades autónomas, en el marco de sus políticas medioambientales y de ordenación territorial, fomentarán la conservación de corredores ecológicos y la gestión de aquellos elementos del paisaje y áreas territoriales que resultan esenciales o revistan primordial importancia para la migración, la distribución geográfica y el intercambio genético entre poblaciones de especies de fauna y flora (Art. 46 Ley 42/2007).

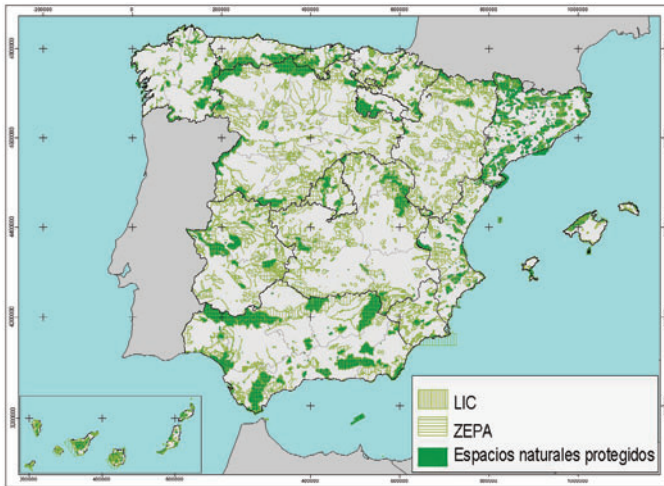


Figura 3. Mapa de la Red Natura 2000 y los espacios naturales protegidos. EUROPARC-España.

Las comunidades autónomas fijarán las medidas de conservación necesarias, que respondan a las exigencias ecológicas de los tipos de hábitats naturales y de las especies presentes en tales áreas, que implicarán: adecuados planes o instrumentos de gestión, específicos a los lugares o integrados en otros planes de desarrollo que incluyan, al menos, los objetivos de conservación del lugar y las medidas apropiadas para mantener los espacios en un estado de conservación favorable y apropiadas medidas reglamentarias, administrativas o contractuales.

En los planes de gestión de las ZEC del País Vasco (Sierra Cantabria y Sierras Meridionales de Álava¹⁷) se están incorporando ya medidas de fomento de la

¹⁷ Declaración de la Zona Especial de Conservación (ZEC) ES2110018 Kantabria Mendilerroa/Sierra Cantabria y adopción de medidas de conservación en dicha ZEC y en la Zona de Especial Protección para las Aves (ZEPa) ES0000246 Arabako Hegoaldeko Mendilerroak/Sierras Meridionales de Álava. Declaración provisional. Gobierno del País Vasco.

conectividad resaltando la importancia de la Red de corredores ecológicos del País Vasco y el papel de cada una de las ZEC en la coherencia de la red.

Dominio Público

Vías Pecuarias

Las vías pecuarias pueden considerarse auténticos corredores ecológicos, esenciales para la migración, la distribución geográficas y el intercambio genético de las especies silvestres, y así lo reconoce el Real Decreto 1997/1995, de 7 de diciembre, por el que se establecen medidas para contribuir a garantizar la biodiversidad mediante la conservación de los hábitats naturales y de la flora y fauna silvestres (Art. 7).

La red de vías pecuarias sigue prestando un servicio a la cabaña ganadera que se explota en régimen extensivo con repercusiones favorables para el aprovechamiento de recursos pastables infrautilizados y para la preservación de razas autóctonas. Las vías pecuarias son bienes de dominio público gestionadas por las comunidades autónomas y, en consecuencia, inalienables, imprescriptibles e inembargables¹⁸. A partir de la ley estatal, las comunidades autónomas han desarrollado distintos mecanismos para garantizar la funcionalidad de las vías pecuarias. Por ejemplo, Aragón establece la posibilidad de declarar algunas vías pecuarias como Vías Pecuarias de Interés Especial en su Ley 10/2005. Esta designación implica la aprobación de planes de utilización.

En Andalucía, el Decreto 155/1998, de 21 de julio, aprueba el Reglamento de Vías Pecuarias. Posteriormente se elaboró y aprobó el Plan de ordenación y recuperación de la red de vías pecuarias por Acuerdo de Consejo de Gobierno¹⁹.

Castilla-La Mancha aprobó en 1994 el Plan de conservación del Medio Natural²⁰, y en su línea de actuación "Gestión y administración de vías pecuarias" establece como objetivos la recuperación física y funcional de las vías pecuarias y facilitar a la sociedad su uso compatible con el fin por el que fueron creadas. Entre las acciones que se incluyen figuran: plantaciones con finalidad ecológica, recreativa u ornamental, de carácter lineal, que puedan llegar a constituir pa-

¹⁸ Ley 3/1995, de 23 de marzo, de Vías Pecuarias.

¹⁹ Acuerdo de consejo de gobierno el 27 de marzo de 2001.

²⁰ Ley de la Comunidad Autónoma de Castilla-La Mancha 9/2003, de 20 de marzo, de Vías Pecuarias de Castilla-La Mancha.

sillos verdes. En la revisión del plan del 2003²¹ se definen directrices para potenciar el desarrollo de los procesos ecológicos: potenciación de su empleo como corredores ecológicos cuando sea idóneo, pudiendo llegar a realizarse acciones de manejo del hábitat o plantaciones acordes con este objetivo y adecuación de aquellos tramos declarados de Especial Interés Natural.

La Comunidad de Madrid establece la posibilidad de declarar algunas vías pecuarias como vías de Interés Especial en el marco de su Ley de 1998²². Podrán declararse aquellos tramos que discurran dentro de espacios naturales protegidos de la Comunidad de Madrid y aquellos tramos que resulten de especial valor en orden a la conservación de la naturaleza y, en particular, las que puedan ser declaradas para preservar o conectar entre sí los espacios naturales, previo informe de la Consejería competente en materia de medio ambiente. La declaración incluye estas vías pecuarias en un catálogo de vías pecuarias de interés natural y cultural de la Comunidad de Madrid. Existe un Plan de Actuación en las vías pecuarias de la Comunidad de Madrid²³.

En Extremadura²⁴ las vías pecuarias están siendo orientadas hacia corredores ecoturísticos, con medidas y actuaciones de deslindes, señalización, acondicionamiento para el uso público y reforestación.

La Comunidad Foral de Navarra²⁵ desarrolla la legislación básica de vías pecuarias del estado aprobando una Ley Foral. Las Normas Urbanísticas Regionales para protección y uso del territorio²⁶ otorgan a las Vías Pecuarias un régimen jurídico de protección urbanística, que luego ha tenido su continuación en la vigente Ley Foral 10/1994, de 4 de julio, de Ordenación del Territorio y Urbanismo.

En La Rioja²⁷ existe un Reglamento que regula las Vías Pecuarias de la Comunidad.

²¹ Programa de actuación en materia de vías pecuarias 2005-2012. Red de Vías Pecuarias de Castilla-La Mancha.

²² Ley 8/1998, de 15 de junio, de Vías Pecuarias de la Comunidad de Madrid.

²³ Consejería de Economía y Empleo. D.G. de Agricultura y Alimentación. Comunidad de Madrid, 1997.

²⁴ Decreto 49/2000, de 8 de marzo, por el que se establece el Reglamento de Vías Pecuarias de la Comunidad Autónoma de Extremadura y Decreto 195/2001, de 5 de diciembre, por el que se modifica el Decreto 49/2000, que establece el Reglamento de Vías Pecuarias de Extremadura.

²⁵ Ley foral 19/1997, de 15 de diciembre, de Vías Pecuarias de Navarra.

²⁶ Ley Foral 6/1987, de 10 de abril. Normas urbanísticas y Regionales para protección y uso del territorio.

²⁷ Decreto 3/1998, de 9 de enero, por el que se aprueba el reglamento que regula las Vías Pecuarias de la Comunidad Autónoma de la Rioja.

La Región de Murcia mantiene convenios con el Ministerio para el deslinde, amojonamiento y señalización de las vías pecuarias integradas en el sistema radial Murcia-Lorca y Murcia-Cartagena.

En Cataluña, el Plan general de política forestal, prevé la elaboración de un inventario de vías pecuarias y el desarrollo de una norma para su regulación, que incluya la determinación de los usos compatibles.

Planificación hidrológica

La Directiva Marco del Agua (2000/60/CE) es el marco normativo europeo y nacional en el ámbito la política y gestión hidrológica. Esta norma europea tiene efectos en la Ley de Aguas, modificaciones del Plan Hidrológico Nacional (Ley 11/2005), Reglamentos de Planificación Hidrológica (RD 907/2007), Reglamento del Dominio Público Hidráulico (RD 9/2008) y orden de valoración de daños al mismo (MAM/85/2008). Con la Ley 11/2005 se crea el Catálogo de reservas fluviales con los objetivos de preservar, sin alteraciones, aquellos tramos de ríos con escasa o nula intervención humana. Estas reservas se circunscribirán estrictamente a los bienes de dominio público hidráulico.

Así se pretende además el mantenimiento de un número amplio de tramos fluviales que recojan la diversidad biológica que aún es posible encontrar en los diferentes tipos de ecosistemas fluviales españoles, y que permitan su utilización como tramos de referencia en el ámbito de los objetivos impuestos por la directiva Marco del Agua. La selección de los mejores tramos fluviales para su conservación debe formar una verdadera red de corredores biológicos de índole fluvial, capaces de vertebrar los espacios protegidos.

Como resultado del informe de creación del Catálogo Nacional de Reservas Fluviales se propone también la protección de un conjunto de tramos fluviales de ríos y cuencas intercomunitarias que en atención a sus valores socio-ambientales, paisajísticos, recreativos y culturales requieren una protección urgente, declarando estas áreas como paisajes fluviales o ríos escénicos. Actualmente no hay un contexto normativo específico.

Otra de las funciones más evidentes de los ríos en el paisaje es actuar como corredores para la dispersión de especies acuáticas y terrestres. El interés para la conectividad territorial está relacionado con el mantenimiento de las tramas biofísicas (circulación hidrológica superficial y subterránea, circulación de nutrientes), lineales (cauces y riberas fluviales) o puntos de paso (humedales dispersos en una matriz transformada).

Cuadro 11. Definición de Reservas fluviales de la Directiva marco del agua (2000/60/CE).

Art. 22 Reservas Fluviales.

1. Con objeto de preservar aquellos ecosistemas acuáticos fluviales que presentan un alto grado de naturalidad, el Plan hidrológico recogerá las reservas naturales fluviales declaradas por las administraciones competentes de la demarcación o por el Ministerio de Medio Ambiente. Estas reservas se corresponderán a masas de agua de la categoría río con escasa o nula intervención humana. Dichas masas se incorporarán al registro de zonas protegidas.

2. Para identificar dichas masas de agua se tendrá en cuenta la naturalidad de su cuenca, la existencia de actividades humanas que puedan influir en sus características fisicoquímicas e hidrológicas, el estado ecológico, la incidencia de la regulación del flujo del agua y la presencia de alteraciones morfológicas.

46

El programa de medidas del Plan hidrológico deberá incluir las medidas de protección adoptadas por las autoridades competentes de la demarcación hidrológica en las reservas fluviales.

En Cataluña, las PEF (Planificaciones del espacio fluvial) realizan una precisa caracterización y diagnóstico del medio físico de cada espacio fluvial, para elaborar una propuesta de actuaciones y un Plan de gestión específico, que concreta las medidas de ordenación y gestión que es necesario implantar en las cuencas estudiadas. En relación a la conectividad ecológica, las PEF incluyen en la caracterización del medio físico la descripción de los conectores biológicos y de las funciones de conectividad del medio acuático y de las formaciones de vegetación de ribera y definen propuestas para su mantenimiento y conservación, tanto específicas, como pueden ser la recuperación y mejora de la vegetación de ribera, como integradas en propuestas generales de ordenación y zonificación del espacio fluvial.

Programas de desarrollo rural

De acuerdo con el Reglamento (CE) 1698/2005, relativo a la ayuda al desarrollo rural a través del Fondo Europeo Agrícola de Desarrollo Rural (FEADER) y con el marco competencial en España, cada comunidad autónoma ha elaborado

un Programa de Desarrollo Rural para el periodo 2007-2013 en el que, además de las medidas horizontales y los elementos comunes establecidos en el Marco Nacional de Desarrollo Rural, se incluyen medidas específicas para dar respuesta a las diferentes situaciones regionales. Una buena parte de las comunidades autónomas han definido alguna medida con el objetivo de conservar, mejorar o restaurar la conectividad a través de la restauración de ciertos elementos culturales del paisaje como son los setos, muros, linderos, herrizas y bosques isla (Andalucía, Cantabria, Castilla y León, Cataluña).

En el caso de Extremadura se definen medidas de mejora de corredores ecológicos como son las márgenes de cursos de agua y riberas y los montes, y que constituyen el medio de interconexión de los espacios de la Red Natura 2000. En general, casi todas las comunidades autónomas especifican que los paisajes donde se podrán aplicar dichas medidas son paisajes que se encuentren dentro de la Red Natura 2000.

En Asturias se establecen medidas concretas para la restauración de corredores oseros (restauración del hábitat osero en el corredor del Huerna; restauración ambiental en el corredor de Fuentes de Invierno; Estudio de los corredores entre las poblaciones cantábricas de oso pardo en el Principado de Asturias).



Paisajes agrícolas y ganaderos con elementos tradicionales con alto valor para la biodiversidad. Izquierda: Paisajes ganaderos del fondo de valle de Alameda del Valle (Comunidad de Madrid). Derecha: Paisajes ganaderos de Guadalix de la Sierra (Comunidad de Madrid), Carlota Martínez.

Planes forestales

Los bosques constituyen el esqueleto a través del cual se conectan gran número de espacios y sus características ecológicas les otorga un papel importante en la conectividad del paisaje. En España los bosques ocupan una superficie de unos 13,1 millones de hectáreas, algo menos del 26% del territorio nacional. De esta superficie forestal, el 47% se encuentra dentro de espacios protegidos

en la Península e Islas Baleares, mientras el 87,3% de la superficie forestal canaria está incluida en espacios naturales protegidos (WWF, 2009).

El desarrollo normativo es variado en las distintas comunidades autónomas. El Plan Forestal Andaluz de 1989 estableció medidas para la diversificación del paisaje rural mediante la conservación y recuperación de enclaves forestales en zonas agrícolas, conectando los diferentes elementos y espacios que lo integran y diversifican el paisaje rural. Son elementos básicos de esa red las vías pecuarias, los corredores ecológicos, las riberas, los setos vivos y los enclaves forestales en terrenos agrícolas.

El Plan Forestal de Cantabria de 2005 incluye entre sus objetivos el diseño de una red regional de espacios protegidos representativa y coherente.

El Plan Forestal de la Comunidad de Madrid define tres líneas de actuaciones: disminuir las amenazas, mejorar el estado de conservación y disminuir la fragilidad. Sobre esta última línea se definen medidas como la interconexión de los espacios protegidos mediante corredores o el incremento de la biodiversidad mediante plantaciones de árboles y arbustos autóctonos.

El Plan Forestal de Extremadura define entre las medidas urgentes para evitar la fragmentación de las poblaciones silvestres la creación de una red de corredores ecológicos que conecten espacios, incluyendo su consideración en la planificación y gestión del territorio.

El Plan Forestal de las Islas Canarias define actuaciones encaminadas a la restauración de corredores, tal es el caso en la isla de Gran Canarias (Monteverde y pasillo corredor).

El caso de Navarra es especial ya que tiene aprobado un Plan estratégico de conservación del medio natural-Plan forestal. Entre sus objetivos figura el fomento de la defensa del dominio público hidráulico, evitando intrusiones de particulares y favoreciendo el establecimiento de dichos terrenos de sotos naturales que actúen como corredores ecológicos en las zonas de valle en colaboración con la Confederación Hidrográfica del Ebro y la consolidación de las vías pecuarias en las zonas de expansión de áreas urbanas como corredores verdes para uso recreativo.

El Plan Forestal del País Vasco (1994-2003) da una importancia grande a la restauración de corredores ecológicos, e indica que se debería actuar directamente sobre las riberas, impidiendo en ellas cualquier corta no estrictamente necesaria, y me-

dian­te políti­cas de subven­cio­nes o la actuación directa de la Administración, repoblar las márgenes en las fajas de servidumbre pública con especies propias de estas áreas. Asimismo, propone la catalogación de aquellos caminos y cañadas que puedan tener una alta aptitud para constituirse en corredores ecológicos, especificándose las medidas de conservación y restauración que requieran. En la práctica, existen problemas de deslinde del dominio público que impiden actuar con eficacia.

El Plan Forestal de la Región de Murcia vincula la conectividad a la restauración de las vías pecuarias.

El Plan Forestal de Cataluña 2007-2016, pendiente de aprobación definitiva, establece que sus instrumentos de desarrollo deberán mantener la continuidad territorial de los hábitats forestales, de acuerdo con las determinaciones del futuro Plan de conectividad ecológica de Cataluña y con el objetivo de garantizar la representación de todos los ecosistemas forestales en la red de espacios protegidos, propone diversas acciones dirigidas específicamente al mantenimiento y fomento de la conectividad ecológica.

Planes de ordenación territorial

Los planes de ordenación territorial surgen transversalmente al conjunto de políticas previamente analizadas y tratan de establecer y definir el desarrollo socioeconómico equilibrado de las regiones, la mejora de la calidad de vida, la gestión responsable de los recursos naturales, la protección del medio ambiente, y por último, la utilización racional del territorio. Son planes integradores de las políticas sectoriales que definen los escenarios de actuación de las políticas sectoriales a través de la planificación territorial de los usos del suelo. Se trata de una competencia de las comunidades autónomas enmarcada bajo compromisos internacionales que giran entorno a uso racional de los recursos y la protección del medio ambiente promoviendo el desarrollo de la sociedad en su conjunto (Carta Europea de Ordenación del Territorio de 1983).

Cada comunidad autónoma ha optado por una estrategia diferente. Algunas han aprobado planes territoriales para el conjunto del territorio (por ejemplo Asturias y Andalucía) mientras que otras realizan planes por regiones (caso de Cantabria).

Andalucía cuenta con las Bases y Estrategias del Plan de Ordenación del Territorio²⁸. De los cinco grandes apartados en los que se agrupan las estrategias,

²⁸ Decreto 103 Decreto 103/1999, de 4 de mayo, por el que se aprobaron las Bases y Estrategias del Plan de Ordenación del Territorio de Andalucía.

el segundo está dedicado a la conservación de los recursos naturales y el paisaje y en él se hacen alusiones tales como “configurar un sistema regional de protección de los recursos naturales y culturales de interés territorial”, “integrar los elementos de protección entre sí, hasta generar redes coherentes e interconectadas”. Profundiza en el papel que determinados elementos lineales del paisaje pueden desempeñar para configurar “el sistema de protección regional”, entendido como un sistema integrado de relaciones ecológicas, culturales y recreativas en el territorio. A partir de las Bases y Estrategias se ha elaborado el Plan de Ordenación Territorial de Andalucía²⁹.

Cantabria cuenta con un Plan de Ordenación del Litoral (POL), y en su articulado enuncia “el planeamiento deberá prever corredores ecológicos al objeto de crear un sistema de espacios libres que promuevan la permeabilidad del territorio además de garantizar la protección de las áreas más sensibles desde el punto de vista ecológico”. Propone la “conservación y creación de masas forestales y espacios verdes, con el objeto de mejorar la calidad del medio ambiente, en particular en las bandas limítrofes con las grandes infraestructuras de comunicación, eléctricas y otras, estableciendo corredores verdes intermedios”. También se hace mención a la construcción de una red de corredores ecológicos entorno al eje Santander-Torrelaguna: “del mismo modo, se determinará un sistema de zonas verdes que actúe a modo de corredores ecológicos al objeto de una mejor integración ambiental y paisajística de estas áreas y un desarrollo armónico y sostenible”. En 2001 y 2003 se aprobaron respectivamente el plan de Ordenación territorial y Plan de Régimen urbanístico³⁰ y las medidas cautelares en el ámbito litoral³¹.

En Castilla y León se aprobaron en 2008 las Directrices Esenciales de Ordenación del Territorio³², que tienen como objetivo el desarrollo socioeconómico equilibrado y sostenible, poniendo en valor los recursos naturales y culturales como factores de atracción espacial y fundamentalmente de la calidad de vida. Entre las directrices cabe resaltar la Red de Corredores que pretende fomentar la interrelación y el intercambio ecológico en los espacios naturales y la Red de Corredores Verdes, que complementa a la red de corredores ecológicos. Se di-

²⁹ Decreto 206/2006, de 28 de noviembre, por el que se aprueba el Plan de Ordenación Territorial de Andalucía.

³⁰ Ley de Cantabria 2/2001, de 25 de junio, de Ordenación Territorial y régimen urbanístico del suelo de Cantabria.

³¹ Ley de Cantabria 2/2003, de 23 de julio, de establecimiento de medidas cautelares urbanísticas en el ámbito del litoral y creación de la comisión Regional de Ordenación del Territorio y Urbanismo.

³² Ley 3/2008, de 17 de junio, de aprobación de las directrices esenciales de ordenación del territorio de Castilla y León.

señará con criterios paisajísticos que garanticen el control de la accesibilidad en los espacios naturales más frágiles o vulnerables, y se incentivará el uso del transporte público.

El Plan Territorial General de Cataluña (PTGC)³³ define los objetivos para el equilibrio territorial, delimita el marco para la orientación de las políticas con incidencia territorial y establece el modelo territorial de referencia. Una de sus líneas estratégicas es la definición de los espacios que deben ser de especial protección, entre los cuales se incluyen diversos ámbitos de interés conector, como son los espacios del PEIN³⁴, los terrenos forestales situados en las cabeceras y riberas fluviales, los espacios de la red hidrográfica que pueden actuar como corredores biológicos y asegurar la continuidad del sistema y los espacios agrícolas con valor ecológico que den continuidad a la trama de suelos no urbanizables. Por otra parte, las directrices generales del PTGC³⁵ explicitan que todos estos espacios deben ser considerados como un sistema territorial integrado de espacios naturales que ofrezcan una continuidad natural y de esta forma aseguren la continuidad del suelo no urbanizable por todo el territorio. El Plan Territorial General se desarrolla por ámbitos funcionales a través de los Planes Territoriales parciales (PTP) y en ellos el tratamiento del suelo no urbanizable en la planificación se equipara al de las infraestructuras o la urbanización. Los PTP definen tres sistemas básicos del territorio: los espacios abiertos, los asentamientos urbanos y las infraestructuras de movilidad. En el sistema de espacios abiertos un objetivo es asegurar las conexiones ecológicas necesarias para el mantenimiento de la biodiversidad y el funcionamiento de los ecosistemas, y con esta finalidad delimita y protege los principales conectores ecológicos y los incluye, junto a los espacios protegidos y otros con valor natural, en una misma categoría del sistema de suelo no urbanizable denominada de protección especial. Otro instrumento de desarrollo del PTGC son los planes territoriales sectoriales (PTS), que concretan las directrices para un determinado sector. Instrumentos con rango de PTS son el PEIN y el Plan de conectividad ecológica de Cataluña (pendiente de aprobación).

En la Comunidad Foral de Navarra se presentó en 1999 la Estrategia Navarra para la conservación y el uso sostenible de la diversidad biológica³⁶ y el Plan de Acción, donde se señala la necesidad del establecimiento de una

³³ Ley 1/1995 de 16 de marzo, por la cual se aprueba el Plan Territorial General de Cataluña.

³⁴ Decreto 328/1992, de 14 de diciembre, por el cual se aprueba el Plan de espacios de interés natural.

³⁵ Ley 1/1995, de 16 de marzo, definición de ámbitos de aplicación de los planes territoriales parciales.

³⁶ Estrategia Navarra para la Conservación y el Uso Sostenible de la Diversidad Biológica y Plan de Acción (1999-2004), 1999.

red de corredores verdes y ecológicos que interconecten los espacios naturales fragmentados para dar coherencia interna a una auténtica red que permita la dispersión natural de especies de territorialidad amplia, el intercambio genético entre poblaciones y la migración estacional, y a largo plazo de respuesta al posible cambio climático. La red de espacios naturales protegidos debería contar con un sistema de corredores biológicos y puntos de escala que permita el flujo entre los espacios de la red, los movimientos de la fauna, la propagación de la vegetación y la integridad de los procesos ecológicos.

Para ello se debería:

- Proceder a un análisis de continuidades naturales y promover medidas eficaces que eviten la desaparición de elementos naturales lineales que actualmente aún ejercen una importante función respecto a la conectividad natural; tal es el caso de setos, bocages, ecosistemas ribereños y alineaciones de manchas de paisaje.
- Proceder a un análisis de fragmentación del territorio para eliminar o permeabilizar barreras que actualmente supongan un impedimento a los movimientos de fauna o a la propagación de flora aislando peligrosamente sus poblaciones.
- Establecer estrategias de prevención de la fragmentación aplicables a cualquier actuación sobre el terreno.
- Restaurar estructuras naturales de carácter lineal que puedan restablecer la conectividad entre espacios naturales protegidos o protegibles.
- Establecer una línea de actuación clara hacia la protección de dicho dominio público y la restauración de los ecosistemas fluviales y zonas húmedas asociadas, no sólo por la importancia funcional de los sistemas ribereños como corredores biológicos, sino por la progresiva pérdida de un bien común como es el dominio público hidráulico en manos particulares.

Galicia cuenta con la Estrategia gallega para el uso sostenible de la biodiversidad. Entre sus objetivos se encuentra el de “desarrollar medidas destinadas a conservar la biodiversidad de flora de estos enclaves, haciendo hincapié especial en la creación o mantenimiento de corredores ecológicos y en la aplicación de parámetros de sostenibilidad en el resto del territorio”. Deben potenciarse los estudios de delimitación y definición de corredores ecológicos de cara a construir la necesaria red de conectividad entre los espacios protegidos.

Las Directrices de Ordenación Territorial³⁷ de Illes Balears fueron aprobadas con la Ley 6/1999. Los objetivos prioritarios de ordenación son: el desarrollo equilibrado entre los diferentes ámbitos territoriales, la utilización racional del suelo y de los recursos naturales y la protección de la calidad ambiental, el paisaje, la biodiversidad y el patrimonio histórico. Establece cinco tipos de suelo rústico: Áreas Naturales de Especial interés de alto nivel de protección (AANP), Áreas naturales de especial interés (ANEI), Áreas rurales de interés paisajístico (ARIP), Áreas de prevención de Riesgos (APR) y Áreas de protección territorial (APT). Estas últimas áreas de protección territorial pueden ejercer la función de corredor biológico para la conexión de las áreas protegidas. Las islas Baleares cuentan también con un Plan de Desarrollo Rural (2007-2013) en el que se establecen ayudas a las inversiones forestales: inversiones asociadas a acciones de conservación de la flora y fauna silvestre, tales como construcción de pequeñas charcas para la fauna, implantación de micorrizas, mejora de bosques isla, conservación o restauración de corredores verdes y pasos de fauna entre las fincas. Las actuaciones incluidas en esta medida tienen como ámbito exclusivamente las superficies forestales designadas como sitio Natura 2000 y la Reserva de la Biosfera de Menorca, no contemplándose otro tipo de superficies que pueden ser beneficiarias de las actuaciones establecidas en los artículos 47 y 49 del Reglamento (CE) 1608/2005.

La ley canaria 19/2003 aprueba las Directrices de Ordenación General y las Directrices de Ordenación de Turismo en Canarias³⁸. En el capítulo de Ordenación de los Recursos Naturales se define una directriz para la protección de las conexiones "las intervenciones públicas en los ecosistemas se orientan a la preservación de la biodiversidad autóctona, asegurando el mantenimiento de las poblaciones de especies nativas, la representatividad de los ecosistemas objeto de su atención, la interconexión de los espacios naturales mediante corredores ecológicos, y el mantenimiento de los procesos ecológicos y del potencial evolutivo de las especies y ecosistemas, en armonía con la actividad humana".

El Plan Estratégico de conservación del medio natural-Plan forestal de La Rioja³⁹ tiene por objetivos fomentar la defensa del Dominio Público Hidráulico evitando intrusiones de particulares y favoreciendo el establecimiento en dichos

³⁷ Ley 6/1999, de 3 de abril, de las Directrices de Ordenación Territorial de las Illes Balears y de Medidas Tributarias.

³⁸ Ley 19/2003, de 14 de abril, por la que se aprueban las Directrices de Ordenación General y las Directrices de Ordenación del Turismo de Canarias.

³⁹ Resolución nº 20/2004, de 13 de febrero, del Secretario General Técnico de Turismo, Medio Ambiente y Política Territorial, por la que se dispone la publicación, en el Boletín Oficial de La Rioja, del documento de síntesis del Plan Estratégico de Conservación del Medio Natural-Plan Forestal de La Rioja.

terrenos de sotos naturales que actúen como corredores ecológicos en las zonas de valle en colaboración con la Confederación Hidrográfica del Ebro y consolidar las vías pecuarias en las zonas de expansión de áreas urbanas como corredores verdes para uso recreativo.

En el Principado de Asturias existe una Estrategia de Desarrollo Sostenible donde se incluye una línea de biodiversidad que define como meta consolidar la diversidad biológica y paisajística del Principado de Asturias, alcanzando un equilibrio. Y propone entre sus actuaciones “planificar y regular corredores ecológicos, incorporando su diseño y consideración al nuevo PORN”.

En el País Vasco, las Directrices de Ordenación Territorial (DOT)⁴⁰ establecen los ejes básicos de actuación futura sobre el medio ambiente, los recursos naturales, el paisaje, los espacios urbanos, industriales y rurales, las infraestructuras y equipamientos y el patrimonio histórico y cultural. Así, entre los objetivos de las DOT se encuentra el de proteger y mejorar los recursos naturales, planteando entre otras actuaciones la de consolidación de una Red de Espacios Naturales” y de “Áreas de especial interés Natural”. Las DOT se desarrollan a través de los Planes Territoriales Parciales (PTP) y Sectoriales (PTS), estando aprobados en este momento al menos tres PTS con incidencia directa en el equilibrio territorial desde el punto de vista de la conectividad ecológica y permeabilidad territorial: PTS de ordenación márgenes de ríos y arroyos, PTS de protección y ordenación del litoral y el PTS de zonas húmedas.

Otras normativas que inciden sobre la conectividad del paisaje

Tras la aprobación del Convenio europeo del paisaje (Florenia, 2000), algunas comunidades autónomas han emprendido el desarrollo de un marco normativo sobre el paisaje. El principal objetivo de este convenio es promover la protección, gestión y ordenación de los paisajes, así como organizar la cooperación europea en este campo.

Cataluña aprobó la Ley 8/2005, de 8 de junio, de protección, gestión y conservación de paisaje. Las herramientas que plantea son la creación de un catálogo de paisajes y sus directrices como instrumentos para proteger, gestionar y ordenar el paisaje. Corresponde a los catálogos del paisaje establecer los objetivos de calidad que deben cumplir y elaborar propuestas y medidas destina-

⁴⁰ Decreto 28/1997, de 11 de febrero, por el que se aprueban definitivamente las directrices de Ordenación Territorial de la Comunidad Autónoma del País Vasco.

das a integrar el paisaje en el planeamiento territorial y urbanístico. En el documento "Prototipos de catálogo de paisaje, bases conceptuales, metodológicas y de procedimientos para elaborar los catálogos de paisaje de Catalunya", realizado por el Observatorio del paisaje en el 2005, las cuestiones relacionadas con la conectividad ecológica se tienen en cuenta en la identificación de los valores del paisaje y en la valoración de los impactos que los afecten, y se consideran como objetivos para establecer las normas, directrices y recomendaciones dirigidas a los planes territoriales.

Galicia aprobó la Ley 7/2008, de 7 de julio, de protección del paisaje de Galicia. Tiene como objetivos: diseñar y aplicar políticas destinadas a la protección, conservación, gestión y ordenación del paisaje, integrando estas políticas en las de protección ambiental, de ordenación territorial y urbanística, en materia cultural. Los instrumentos para llevar a cabo estos objetivos son los catálogos de paisajes, las directrices de paisaje, los estudios de impacto ambiental y los planes de acción del paisaje en las áreas protegidas.

La Comunidad Valenciana establece en la Ley de Ordenación del territorio y protección del paisaje⁴² que los planes urbanísticos y territoriales preverán corredores verdes que desempeñen funciones de conexión biológica y territorial, cuyos ejes estarán constituidos por los barrancos, vías pecuarias, ríos u otros hitos geográficos identificables en el territorio, ayudando a la vertebración de los espacios naturales de la Comunidad Valenciana.

⁴¹ Ley 4 /2004, de 30 de junio de Ordenación del territorio y Protección del paisaje.

Existen numerosas iniciativas actualmente en desarrollo en el Estado español cuya contribución puede ser altamente efectiva para alcanzar la conectividad ecológica del territorio. En algunos casos estas iniciativas tienen rango de leyes estatales o autonómicas, en otras ocasiones consisten en acciones específicas en territorios concretos.

En los últimos años las administraciones públicas y diversas entidades privadas han promovido estudios y propuestas de implementación de redes ecológicas en todo el territorio español. En este apartado se incluyen algunas experiencias por su contribución y su potencialidad para otras iniciativas.

Las experiencias que se han recopilado ejemplifican distintas aproximaciones para promover la conectividad. Desde estudios científico-técnicos cuyos resultados son propuestas de redes de corredores, pasando por instrumentos de planificación con compromisos normativos, a la designación de lugares concretos con objetivos específicos de conectividad o a la utilización de acuerdos con propietarios para ejecutar acciones específicas sobre el territorio.

- Estudios de conectividad y redes de espacios protegidos
 - Establecimiento de una red de corredores ecológicos en el País Vasco
 - Red de corredores ecológicos en la Región de Murcia
 - Red Regional de Espacios Naturales Protegidos del Principado de Asturias
 - Sistema de corredores ecológicos y conectividad en la Comunidad de Madrid
- Planificación de redes de espacios protegidos y corredores
 - Planes Territoriales Parciales de Cataluña
 - Iniciativas para mejorar y mejorar la conectividad ecológica en la provincia de Barcelona: de la escala local a la regional
 - Plan de Ordenación de los Recursos Naturales del Parque Natural Montgó
 - Identificación y delimitación de áreas críticas para el mantenimiento de la conectividad del hábitat de especies de aves amenazadas en el Catálogo del Paisaje de las Tierras de Lleida
- Designación de figuras legales de protección para promover la conectividad
 - Corredores Biológicos para la Biodiversidad en Extremadura
 - Paisaje Protegido del Corredor del río Guadiamar
- Acuerdos con propietarios
 - Uso de la custodia del territorio para el fomento de la conectividad ecológica, social y paisajística de las comarcas de Girona

Red de corredores ecológicos en el País Vasco

Ámbito: Comunidad Autónoma del País Vasco. Red Natura 2000, espacios naturales protegidos.

Tipo de instrumento: estudios e informes científico-técnicos para el establecimiento de una red de corredores ecológicos.

Objetivos: propuesta de una red de corredores dotada de respaldo normativo jurídico en el marco de la legislación autonómica para la implantación y desarrollo de la Red Natura 2000 en el País Vasco.

Metodología: a partir de la selección de hábitats-objetivo y de especies-objetivo (en ambos casos, definidos como los especialmente sensibles a la fragmentación) y de la selección de espacios-núcleo (espacios de la Red Natura 2000 poseedores de hábitats-objetivo), se diseña la propuesta de red de corredores ecológicos del País Vasco, aplicando un modelo SIG de costo-distancia y en base a la elaboración de un mapa de resistencias de los usos del suelo al desplazamiento de las especies-objetivo.

Los elementos básicos que componen la red son:

- Corredores de enlace entre espacios núcleo: bandas de anchura variable a partir de las rutas lineales de mínimo coste de desplazamiento para las especies-objetivo.
- Áreas de enlace: sectores relevantes por la importancia de los hábitats-objetivo que contienen y que interceptan los corredores de enlace. Corresponden a espacios intermedios de escala entre los espacios-núcleo.
- Áreas de amortiguación frente a impactos negativos: establecidas alrededor de los espacios-núcleo, corredores y áreas de enlace.
- Tramos fluviales de especial interés conector: elementos lineales que favorecen la coherencia de la Red.
- Áreas de restauración ecológica: áreas degradadas situadas en los elementos anteriormente definidos.

Una vez diseñada la propuesta de Red de Corredores Ecológicos, se identifican áreas críticas de interacción entre dicha Red y el sistema de asentamientos y grandes infraestructuras que corresponden a lugares donde la funcionalidad de las conexiones se encuentra especialmente comprometida.

Se han considerado las formaciones boscosas en general como hábitats-objetivo de la red de corredores, mientras que a las formaciones arbustivas y a los mosaicos agrícolas (con elementos como bosquetes, setos, ribazos, muretes, etc.) se les atribuye un papel fundamental de cara a favorecer la conectividad forestal. Como especies-objetivo se han elegido mesomamíferos forestales y excepcionalmente, se incluye un anfibio, la rana ágil (*Rana dalmatina*).

Grado de implantación: los primeros estudios para el establecimiento de una red de corredores ecológicos del País Vasco datan de 1995, con un documento técnico elaborado en 2005 (Gurrutxaga, 2005), ahora en fase de revisión, y cuyas determinaciones se incluyen a modo de recomendación en los informes respecto a planes y proyectos emitidos por la Dirección de Biodiversidad del Gobierno Vasco.

El documento del 2005 se está actualizando a la luz de la mejora en la información de partida (mapa EUNIS, conocimiento sobre especies). Se ha observado la necesidad de disgregar los distintos tipos de formaciones forestales, la mayor integración de los mosaicos agrarios y agroforestales y la inclusión de paisajes heterogéneos de alto valor natural y conector, así como otorgarle mayor relevancia a los elementos fluviales. Es preciso también actualizar la información sobre desarrollos urbanísticos e infraestructuras que pueden condicionar la funcionalidad de la red.

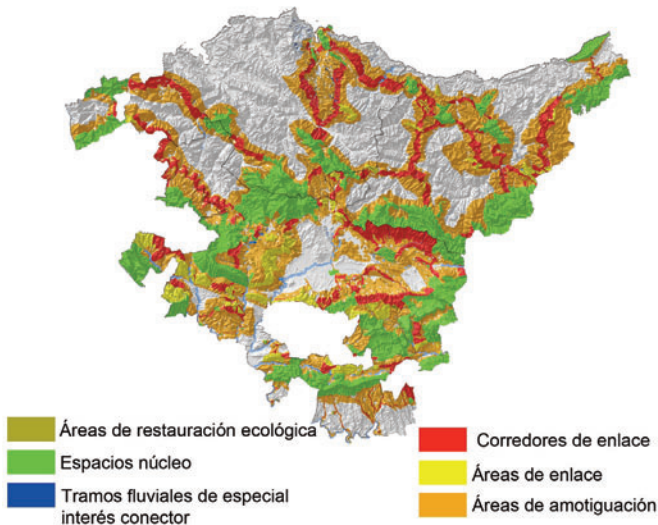


Figura 4. Propuesta de red de corredores del País Vasco.

Red de corredores ecológicos en la Región de Murcia

Ámbito: Región de Murcia. Espacios naturales y Red Natura 2000.

Tipo de instrumento: estudio para el análisis de conectividad promovido por la administración regional.

Objetivos: mejorar la coherencia ecológica y la funcionalidad de la Red Natura 2000 a través de la definición y diseño de una Red de Corredores Ecológicos.

Metodología: Modelo ALCOR^{1,2} (Algoritmo para la Conectividad Regional); algoritmo Random Forest³ y Sistemas de Información Geográfica (SIG).

Análisis de conectividad para un conjunto de hábitats representativos de la Región de Murcia (12 asociaciones vegetales) utilizando el modelo ALCOR a una resolución de 90 m. Este algoritmo produce superficies de coste a partir de mapas de fricción (resistencia) generados mediante técnicas de modelado de hábitats (Random Forest) que evalúan la idoneidad del territorio para un determinado hábitat. El diseño de la Red de Corredores a escala regional se ha abordado mediante la superposición en un SIG y análisis de las 12 superficies de coste generadas, obteniéndose como resultado zonas de alta conectividad (ZAC) entre los lugares de la Red Natura 2000. Sobre las ZAC determinadas por el modelo, se realiza un análisis de compatibilidad de usos del suelo mediante contraste con ortoimagen (Quickbird 2003).

Complementariamente se ha llevado a cabo un análisis de conectividad en el medio fluvial valorando la conectividad de 4 hábitats de ribera. De estas zonas de alta conectividad se han seleccionado 62 corredores ecológicos, 11 de ellos asociados al medio fluvial, con una superficie total de 201.717,65 ha, lo que supone un 18 % del territorio de la Región.

Para la gestión adecuada de esta Red se han caracterizado los corredores ecológicos, mediante trabajo de campo y análisis cartográfico de la información ambiental disponible y se han analizado los puntos críticos donde la conectividad pudiera verse comprometida. Finalmente se han elaborado unas directrices para su planificación y gestión.

Grado de implantación: Nivel técnico. La Red de Corredores Ecológicos se está teniendo en cuenta en la planificación de la Red Natura 2000, en los pro-

yectos de los planes de gestión de los LIC y en la evaluación ambiental de planes, programas y proyectos.

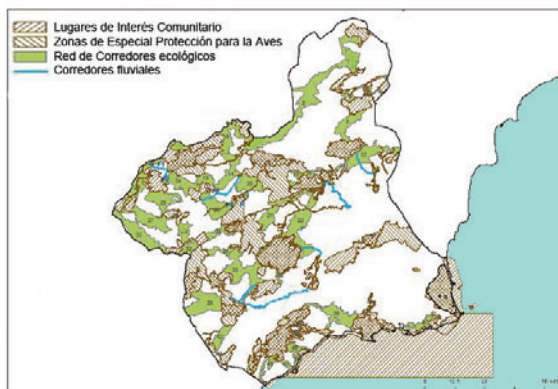


Figura 5. Red de Corredores Ecológicos de la Región de Murcia

Diseño de corredores en Asturias

Ámbito: Principado de Asturias. Espacios naturales protegidos y Red Natura 2000.

Tipo de instrumento: estudio científico-técnico para el diseño de una red de conservación que garantice la conectividad

Objetivo: propuesta de redes de conservación a partir del análisis de vacíos de la red de espacios protegidos del Principado de Asturias.

Metodología: análisis de vacíos de la red de espacios protegidos a partir de distintos tipos de información: la localización de especies de fauna catalogadas (consideradas especies focales), la información sobre su hábitat y área de campeo, la reconstrucción de su hábitat útil actual, la cartografía de 79 unidades de vegetación actual en el territorio, la situación de los espacios naturales protegidos y su zonificación en diferentes niveles de protección. Con todos estos datos se genera una cartografía de puntos calientes de biodiversidad de fauna catalogada y de hábitats vulnerables. A partir de esta cartografía se estudian las carencias de la red de espacios y se definen los núcleos de conservación de la hipotética red de conservación. En una segunda etapa se generan las áreas de conexión entre los núcleos de conservación a partir de un modelo de distancias de coste.

El resultado es una propuesta de red que incorpora el 33,9 % del total del territorio, poco más del 30,3 propuesto en el actual PORN regional. Recoge los mayores valores de flora, fauna y vegetación, mejora el nivel de protección de todo el conjunto de especies de fauna catalogada y alcanza los niveles establecidos a priori para 77 de las 79 unidades de vegetación.

Los conectores suponen 3.873 km, el 84,9 % en la red de tercer nivel. También 1.228 km de cauces fluviales, todos los humedales y el 75 % de la costa tienen ambas funciones (núcleo y corredor). Además se cumple con los objetivos de análisis gap planteados en la primera parte del trabajo.

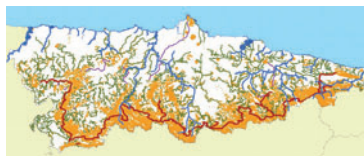


Figura 6. Elementos propuestos para aumentar la conectividad de la Red Regional de Espacios Naturales Protegidos del Principado de Asturias (entre otros, tramos costeros, cauces fluviales, humedales).

Grado de implantación: Propuesta del INDUROT. La adopción de esta propuesta implicaría la aplicación de inversiones económicas en la adecuación de los corredores y el acondicionamiento de pasos de fauna en las barreras, la aplicación de medidas de manejo ajustadas a las especies que habitan en cada zona y el uso con restricciones del territorio a proteger.

Sistema de corredores ecológicos y conectividad en la Comunidad de Madrid

Ámbito: Comunidad de Madrid

Objetivo: identificar y describir los elementos territoriales clave para la conectividad ecológica de la Comunidad de Madrid, proponiendo la optimización de la infraestructura de protección de la naturaleza, patrimonio público y normativa urbanística. Una red de corredores permitiría garantizar la continuidad de ciertos tipos de ecosistemas y paisajes (por ejemplo bosques y vegetación natural leñosa, sistemas fluviales y de sus bosques de galería, hábitats de interés comunitario), proteger la capacidad del territorio para facilitar la dispersión de especies y facilitar la accesibilidad de la naturaleza para los ciudadanos como factor de bienestar, calidad de vida y salud.

Metodología: se aplican modelos de distancias de coste bidireccionales para la definición de corredores entre las principales áreas naturales de la Comunidad de Madrid.

El crecimiento urbano en la Comunidad de Madrid, y el consiguiente desarrollo de redes de comunicaciones, interseca con la trama natural del territorio. Más del 40 % del territorio de la Comunidad de Madrid está sujeto a distintas designaciones de protección de la naturaleza en función de la calidad de su patrimonio y de la necesidad de adoptar medidas para su preservación. Sin embargo no se cuenta con garantías formales que aseguren la conectividad ecológica. Uno de los obstáculos que impiden este progreso es la falta de conocimiento sobre el papel que juegan los distintos elementos territoriales en asegurar la conectividad.

El interés de la conectividad ecológica en el paisaje reside en su relación con la distribución territorial de la biodiversidad, con los procesos ecológicos de escala de paisaje y con los usos sociales asociados a los beneficios de salud y bienestar derivados del contacto con la naturaleza.

La conectividad es una propiedad fuertemente dependiente de la escala, es decir, de las extensiones y resoluciones espaciales a que se evalúa. En el estudio se propondrán tres grados de resolución para abordar este problema. El primero trata de representar el papel del territorio madrileño en el ámbito ecoregional que le corresponde: el sector oriental de la cuenca del Tajo y las Sierras de Guadarrama y Ayllón, lo que implica entender los flujos y conectividad espacial con los territorios limítrofes. El segundo nivel de resolución aborda la conectividad entre áreas núcleo conectadas en el seno de la Comunidad de Madrid a través del espacio urbano que ocupa el centro del territorio. En el tercer nivel de detalle se abordarán casos de estudio de los nodos de conectividad más relevantes o amenazados.

La aplicación de modelos de conectividad para el estudio de los procesos ecológicos y la dispersión de especies protegidas constituye una herramienta innovadora de gran utilidad para la planificación y gestión del territorio. Los modelos de conectividad producen imágenes gráficas del paisaje en función de la distancia máxima de dispersión y de la permeabilidad de los distintos tipos de uso del suelo, y permiten estimar la accesibilidad de un fragmento de hábitat o de cualquier punto del territorio.

Grado de implantación: Propuesta en fase de desarrollo para la Consejería de Ordenación del Territorio de la Comunidad de Madrid.

Propuesta preliminar de Corredores de la Comunidad de Madrid

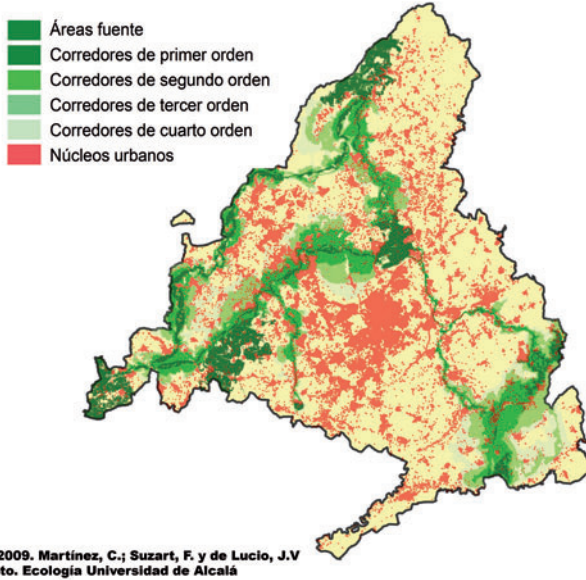


Figura 7. Modelo de corredores para el territorio de la Comunidad de Madrid. Los tramos verde oscuro representan los recorridos de mayor accesibilidad o menor coste. Los tramos en verde claro son los de mayor dificultad para las especies estudiadas.

Planes territoriales parciales de Cataluña

Ámbito: Cataluña. Espacios territoriales funcionales, constituidos por agrupaciones de comarcas administrativas. Actualmente existen 7 ámbitos funcionales para el desarrollo de los Planes Territoriales Parciales (PTP).

Tipo de instrumento: instrumento de planificación territorial definido por la Ley 23/1983, de política territorial de Cataluña.

Objetivos: desarrollar y concretar las determinaciones del Plan territorial general de Cataluña.

Los PTP establecen determinaciones que vinculan las actuaciones de desarrollo territorial, en especial, el planeamiento urbanístico y la creación de infraestructuras de movilidad. Definen tres sistemas básicos del territorio: los espacios

abiertos, los asentamientos urbanos y las infraestructuras de movilidad. El sistema de espacios abiertos engloba los suelos que han de quedar al margen de los procesos de urbanización, para los cuales se establece una clasificación y normativa de protección, así como unos criterios de gestión.

El objetivo del sistema de espacios abiertos es asegurar las conexiones ecológicas necesarias para el mantenimiento de la biodiversidad y el funcionamiento de los ecosistemas y con esta finalidad se delimitan y protegen los principales conectores ecológicos y los incluye, junto a los espacios protegidos y otros con valor natural, en una misma categoría del sistema de suelo no urbanizable denominada de protección especial.

Grado de implantación

PTP con aprobación definitiva: Alt Pirineu i Aran, Ponent (Terres de Lleida), Comarques Centrals

PTP en proceso de modificació: Terres de l'Ebre

PTP en tramitació: àmbit metropolità de Barcelona, Camp de Tarragona

PTP en elaboració: Comarques de Girona

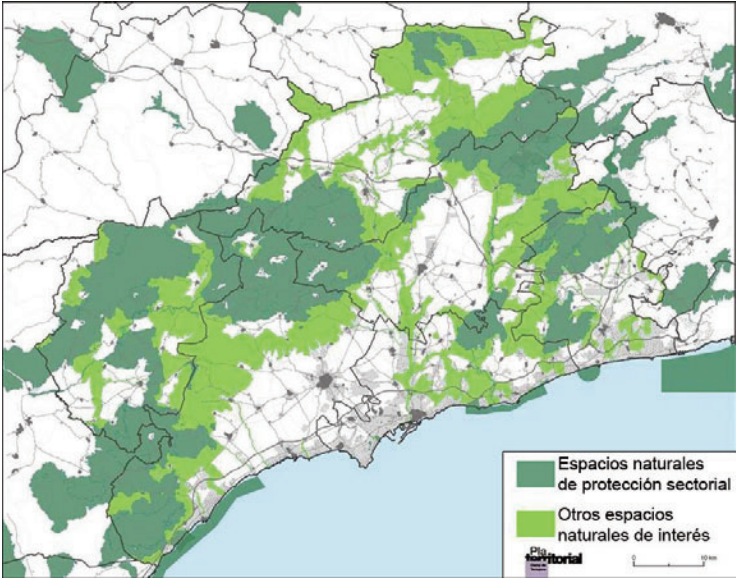


Figura 8. Propuesta de espacios abiertos de los planes territoriales parciales.

Conservación y mejora de la conectividad ecológica en la provincia de Barcelona: de la escala local a la regional

Ámbito: provincia de Barcelona, Cataluña.

Objetivos: obtención, estructuración, consulta, análisis y valoración de información sobre el suelo no urbanizable. Dar soporte a la planificación y desarrollo de políticas de la Diputación de Barcelona, así como de los municipios, sobre los espacios libres de la provincia.

Metodología: SITxell es una base de datos cartográfica y alfanumérica a escala 1:50.000, elaborada en el entorno ArcGis, que ayuda a estudiar, analizar, valorar y planificar los espacios libres de la provincia de Barcelona. Esta herramienta se basa en el concepto de que el conjunto de los espacios libres es el sistema territorial básico, sobre el cual se deben situar adecuadamente los sistemas de suelo urbano, urbanizable e infraestructuras, de forma que se mantengan las funciones ecológicas, paisajísticas y socioeconómicas claves de esta red de espacios. Para ello, es imprescindible el conocimiento de las principales características de estos espacios, tanto por sus atributos intrínsecos como en el marco de los procesos globales de la red de espacios libres.

Se parte de los grupos funcionales de fauna. Para cada grupo funcional (aves forestales, aves de hábitats abiertos, mamíferos forestales, etcétera) se selecciona un conjunto de especies características sobre las que se dispone de información adecuada. Para cada conjunto de especies se analiza globalmente la distribución de sus áreas núcleo sobre el territorio, y se asigna un grado de permeabilidad al desplazamiento del grupo para cada tipo de uso del suelo (lo que constituye un mapa de permeabilidad, o su inverso, de resistencia). Combinando la ubicación de las áreas núcleo con la permeabilidad al desplazamiento del conjunto del territorio se consiguen mapas de conectividad ecológica para los diversos grupos funcionales. Estos mapas (igual que el resto de información cartográfica sobre geología e hidrología, distribución de especies y hábitats, estructura de los ecosistemas, ecología del paisaje o dinámicas socioeconómicas, por ejemplo) se utilizan a diversas escalas para integrar estos elementos en la planificación urbanística, sectorial y territorial.

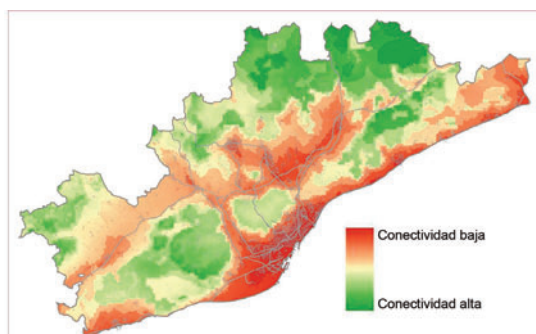


Figura 9. Mapa de conectividad para la fauna.

Grado de implementación: El Área de Espacios Naturales asesora y apoya a los municipios para incorporar estos análisis en la planificación urbanística municipal. A una mayor escala, el Área utiliza esta información en los proyectos de planificación de la red de parques que gestiona. La valoración de la conectividad ecológica es uno de los principales parámetros que se utilizan en la revisión y ampliación de los planes especiales de protección, con el establecimiento, además, de áreas específicas de interés para la conectividad (áreas complementarias, fuera del ámbito de los parques que velan por la conectividad en la periferia de los mismos). A escala regional, se ha participado en la elaboración del Plan Territorial de la Región Metropolitana de Barcelona con una propuesta de espacios de protección especial del Plan Territorial, basada en la red existente de espacios protegidos, de criterios de conectividad y del papel de la matriz territorial en los procesos de conservación de especies y procesos ecológicos.

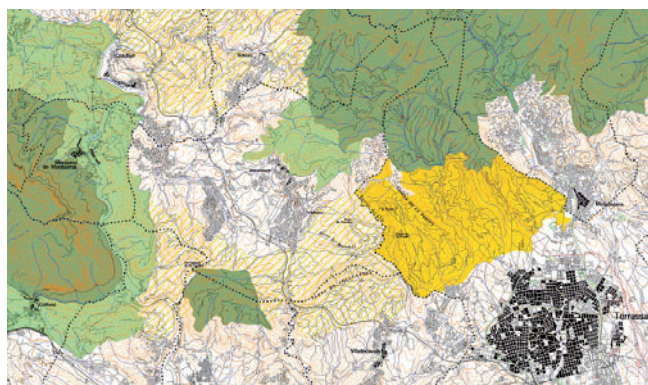


Figura 10. Designación de áreas específicas de interés para la conectividad en el ámbito del Parque Natural del Montseny.

Instrumentos de planificación en el Parque Natural del Montgó

Ámbito: Comunidad Valenciana. Parque Natural del Montgó

Objetivo: asegurar la conectividad del Parque Natural del Montgó con los espacios protegidos más próximos.

Tipo de instrumento: Plan de Ordenación de los Recursos Naturales y Plan Rector de Uso y Gestión.

Metodología: tanto en el Plan de Ordenación de los Recursos Naturales como en el Plan Rector de Uso y Gestión de este espacio protegido se realizan análisis y se definen directrices para la planificación y gestión de aspectos relacionados con la conectividad.

El PORN en su capítulo de delimitación de áreas para la amortiguación de impactos define los conectores ecológicos como áreas que cumplen el importante papel de servir de conectores entre las comunidades de las áreas cimeras del Montgó y las de otros espacios naturales de interés del norte de la provincia de Alicante.

En el PRUG se establecen criterios específicos que remarcan las particularidades del territorio en relación con el régimen de evaluación de impacto ambiental, y que serán de obligada atención para los estudios y las estimaciones de impacto ambiental que se pudieran presentar a trámite. Entre los criterios especiales se encuentra “evaluar los efectos sobre la conectividad del territorio, y sobre los procesos ecológicos de las sierras, zonas húmedas y espacios naturales de su entorno”.

En el apartado de la protección de la red de drenaje se contempla la colaboración con la EATIM (Entidad de Ámbito Territorial Inferior al Municipio) de Jesús Pobre y la Xara, y los Ayuntamientos de Denia y Javea para recuperar los ecosistemas naturales propios del sistema de barrancos, acequias e infraestructuras hidráulicas tradicionales que drenan en el río Gorgos, con el objetivo de mejorar los niveles de calidad de sus aguas y mejorar su función de conectividad con los territorios próximos. Los proyectos que en este sentido se propongan se remitirán a la Junta Rectora del Montgó para su evaluación. Su aprobación definitiva la realizará el órgano competente en materia de espacios naturales.

Dentro de las especificaciones del vallado de las fincas se considera autorizable el vallado o cerramiento siempre que los mismos no comprometan la función de conectividad del espacio.

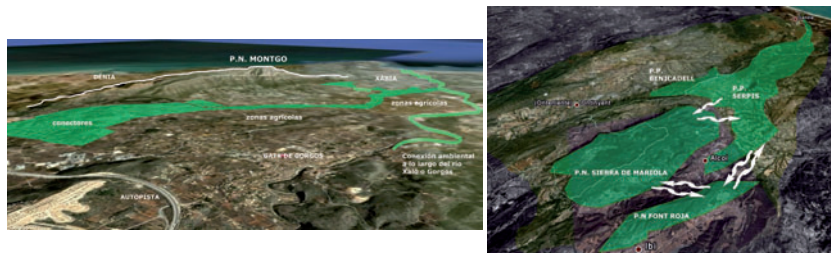


Figura 11. Esquema de la propuesta de corredores del Parque Natural del Montgó.

Identificación y delimitación de áreas críticas para el mantenimiento de la conectividad del hábitat de especies de aves amenazadas en el Catálogo del Paisaje de las Tierras de Lleida

68

Ámbito: Provincia de Lleida, Cataluña. Incluye los espacios de Serra del Montsec, Serra del Montsant, Montllober, Muntanyes de Prades, Plans de Sió, Estany d'Ivars, Granyena, Valls del Sió i del Llobregós, Mas de Melons-Alfés.

Tipo de instrumento: Estudio para su inclusión en el catálogo del paisaje de las Tierras de Lleida.

Objetivo: Determinar las zonas sensibles por su valor como elemento conector para diversas especies de aves amenazadas y de alto valor de conservación en las Tierras de Lleida. Incorporar dichas zonas en la delimitación de los valores naturales y ecológicos en el Catálogo del Paisaje de las Tierras de Lleida, de cara a la posterior planificación en este ámbito territorial.

La Ley 8/2005, de 8 de junio, de Protección, Gestión y Ordenación del Paisaje de Cataluña crea el Catálogo de Paisaje como un instrumento nuevo para la introducción de objetivos paisajísticos en la planificación territorial en Cataluña, así como en las políticas sectoriales, y de esta forma adopta los principios y estrategias de acción que establece el Convenio Europeo del Paisaje promovido por el Consejo de Europa. El artículo 10 define los catálogos del paisaje como

“los documentos de carácter descriptivo y prospectivo que determinan la tipología de los paisajes de Cataluña, identifican los valores y el estado de conservación, y proponen los objetivos de calidad que se deben cumplir”.

Metodología: Índice de la probabilidad de conectividad (Saura y Pascual-Hortal 2007) y programa informático Conefor Sensinode (Saura y Torné 2009) (<http://www.conefor.org>), combinados con los censos del Atlas de Aves Nidificantes de Cataluña 1999-2002 (Estrada et al. 2004) y otras capas cartográficas relevantes para la conservación y planificación en las tierras de Lleida.



Izquierda: Tierras de Lleida. Derecha: Río Segre

Los datos de partida para el análisis de la conectividad fueron los de la probabilidad de presencia de cada una de las especies en celdas de 1×1 km en Cataluña, obtenida a partir de censos de campo y de modelizaciones de nichos ecológicos realizados en el marco del Atlas de Aves Nidificantes de Cataluña (Estrada et al. 2004). A partir de esos datos y de otras informaciones cartográficas complementarias, se estudió la conectividad mediante índices topoecológicos que se basan en estructuras de grafos y miden la conectividad funcional y la disponibilidad de hábitat a escala de paisaje (Saura y Pascual-Hortal 2007, Saura y Rubio 2009). El cálculo de dichos índices se realizó mediante el programa Conefor Sensinode (Saura y Torné 2009) (<http://www.conefor.org>). El estudio se realizó para diferentes especies forestales y de espacios agrícolas de secano (aves esteparias) amenazadas o con especial valor de conservación en las tierras de Lleida (ver listado más abajo). Se obtuvo como resultado la cuantificación y priorización de las diferentes zonas de hábitat en función de su contribución al mantenimiento de la conectividad del paisaje para las diferentes especies.

Estos resultados fueron la base para la delimitación cartográfica de las zonas de interés para la conectividad de las aves incluida en el Catálogo del Paisaje de las Tierras de Lleida (Departamento de Política Territorial y Obras Públicas, 2008).

Se realizaron los análisis para las siguientes especies de aves: sisón común (*Tetrax tetrax*), terrera común (*Calandrella brachydactyla*), aguilucho cenizo (*Circus pygargus*), águila real (*Aquila chrysaetos*), águila perdicera (*Hieraaetus fasciatus*), quebrantahuesos (*Gypaetus barbatus*), alimoche (*Neophron percnopterus*).

Grado de implantación: El Catálogo del Paisaje de las Tierras de Lleida, junto con el mapa de valores naturales y ecológicos en el que se recogen las áreas de interés para la conectividad de las aves, fue aprobado en septiembre de 2008.

Corredores biológicos de biodiversidad en Extremadura

Ámbito: Extremadura. Corredores ecológicos de biodiversidad Entorno de los Pinares del Tiétar, Río Alcarache, Río Bembézar y Río Guadalupejo.

Tipo de instrumento: designación de una figura legal como corredor biológico.

Objetivo: la inclusión de la figura de corredor biológico de biodiversidad en la Ley de espacios protegidos y conservación de Extremadura pretende proteger la continuidad funcional entre los espacios protegidos.

Resumen: los corredores biológicos de biodiversidad son elementos del paisaje de extensión variable cuya disposición y grado de conservación general revisten primordial importancia para la fauna y flora silvestres, ya que permiten la continuidad espacial de enclaves de singular relevancia para aquellas, con independencia de que tales enclaves hayan sido o no declarados protegidos en los términos previstos en la Ley. La estructura lineal y continua de estos elementos o su papel de puntos de enlace resultan esenciales para la migración, la distribución geográfica y el intercambio genético de las especies silvestres. Así, podrán ser declarados Corredores Ecológicos y de Biodiversidad, entre otros, los cursos y masas de aguas y sus zonas ribereñas, las cadenas montañosas, las masas de vegetación, las zonas de llanura y los sistemas tradicionales de deslinde de los campos, así como los estanques o los sotos, cuando con tal declaración se permita una vertebración más coherente y una implantación más afianzada de la Red de Espacios Naturales Protegidos de Extremadura y de su biodiversidad.

Grado de implantación: A partir de la Ley 8/1998, de 26 de junio, de Conservación de la Naturaleza y de Espacios Naturales de Extremadura, se han declarado cuatro espacios bajo esta designación: Entorno de los Pinares del Tiétar, Río Alcarache, Río Bembézar y Río Guadalupejo.



Corredor Biológico de Biodiversidad entorno de los Pinares del Tiétar, Javier Puertas.

Paisaje protegido Corredor Verde del río Guadamar

Ámbito: Andalucía. El área del paisaje protegido se sitúa a lo largo del río Guadamar entre el Parque Natural de la Sierra Norte de Sevilla y el Parque Nacional y Natural de Doñana con una superficie de 2.706 hectáreas.

Tipo de instrumento: declaración de una figura de protección específica.

Objetivo: la declaración de este espacio es el resultado de un proceso de restauración del cauce del río Guadamar tras el accidente minero de Aznalcóllar en 1995. Tras un periodo de restauración activa para la eliminación de los efectos ocasionados por los lodos comienza una etapa de ordenación y gestión del espacio. La declaración supuso añadir al conjunto de espacios protegidos de Andalucía un ejemplo singular de bosque de ribera asociado a un río con régimen escasamente regulado, el cual reproduce fielmente las pulsaciones propias del clima mediterráneo. Con la declaración de este espacio se pretende aportar un elemento conector entre dos grandes espacios biogeográficos y Reservas de la Biosfera: Sierra Morena y Doñana.



Paisaje protegido del río Guadiamar

Grado de implantación: la aplicación de esta figura se realizó con la aprobación del Decreto 112/2003, de 22 de abril, por el que se declara Paisaje Protegido el Corredor Verde del Guadiamar. El corredor Verde del río Guadiamar cuenta con una Estrategia donde se definen las bases del Plan de Acción a poner en marcha por la Consejería de Medio Ambiente para corregir los impactos ambientales y sociales del vertido minero y establecer un Corredor Ecológico entre Sierra Morena y el Litoral de Doñana.

Uso de la custodia del territorio para el fomento de la conectividad ecológica, social y paisajística de las comarcas de Girona

Ámbito: Girona, Cataluña. Corredor Gavarres-Guilleries (Aiguaviva) y Corredor Gavarres-Cadiretes (Santa Cristina d'Aro).

Tipo de instrumento: Estrategia y actuación de aplicación de herramientas de custodia del territorio para el fomento de la conectividad ecológica, social y paisajística en la provincia de Girona.

Objetivo: Ejecutar una estrategia de gestión sostenible de los usos del territorio, donde se contempla la custodia como una herramienta de gestión para la recuperación y potenciación de espacios conectores.

Metodología: Uso de estudios técnicos promovidos por la Diputació de Girona realizados en los dos espacios implicados y contacto con diferentes agentes del territorio para detectar las fincas prioritarias donde actuar mediante acuerdos de custodia con sus propietarios.

A partir de un diagnóstico realizado en 2005 de los espacios conectores de la demarcación de Girona, donde se detectaron los espacios con una clara función conectora y se establecieron las prioridades para su gestión, se consensuaron dos primeros espacios donde ejecutar la estrategia: Gavarres-Guilleries (mosaico agro-forestal, ecosistema de ribera, masas forestales) y Gavarres-Cadiretes (bosque mediterráneo, mosaico agro-forestal, ecosistema de ribera).

En el primero, existe una gran fragmentación debido a las infraestructuras viarias del Eje Mediterráneo (AP7, A2 y TAV), así como una previsión de gran crecimiento urbanístico municipal. Ambos impiden la función conectora del espacio "conector de Aiguaviva", el único de toda la demarcación de Girona que aún puede conectar espacios naturales del interior (Montseny y Guilleries) con espacios naturales del litoral (Gavarres, Muntanya de Begur, Ardenya y Montgrí). Se han iniciado conversaciones con propietarios y Ayuntamientos para realizar acuerdos de custodia en fincas prioritarias para la conservación de la conectividad. Una de estas fincas es propiedad de INCASOL (Institut Català del Sòl, Generalitat de Catalunya), con quién se está iniciando un proceso de acuerdo de custodia para mantener sus valores ecológicos.



Ejemplos de pasos y vallados en los espacios de interés natural de Gavarres y Cadiretes. Xarxa de Custòdia del territori.

En el segundo, las carreteras de nivel provincial y comarcal (C-65 y C-31), así como el planeamiento urbanístico municipal existente impiden la óptima conexión ecológica, social y paisajística entre el EIN Gavarres y EIN Cadiretes. En este punto hay voluntad de construir un ecoducto como estructura de permeabilización de las vías de comunicación. Se han detectado parcelas prioritarias para el mantenimiento de la conectividad en el caso de la presencia del ecoducto y se pretende iniciar el contacto con sus propietarios para iniciar los acuerdos de custodia pertinentes para permitir, mejorar y optimizar la conectividad a nivel de parcela y a nivel de espacio conector mediante acciones de restauración y conservación.

En ambos procesos se busca la complementariedad entre la custodia del territorio y las actuaciones realizadas a nivel institucional (municipio, comarca, Diputación de Girona, Generalitat de Catalunya, etc.).

Grado de implantación: Las actuaciones se enmarcan en el Programa de colaboración 2008-2011 entre la Xarxa de Custòdia del Territori y la Diputació de Girona para la contribución de la custodia del territorio en las comarcas de Girona en materia de conectividad y gestión forestal sostenible.

En los últimos años, y a partir fundamentalmente del concepto del territorio como sistema, formalizado desde la disciplina de la ecología del paisaje, la estrategia de ordenación de los espacios protegidos ha ido más allá de la protección de determinadas áreas de interés (teselas), e incluso de las redes de espacios (teselas y conectores), para incluir el conjunto del territorio (teselas, conectores y matriz) como la unidad funcional que ha de ser objeto de planificación si se quieren alcanzar los principales retos de conservación que se plantean. En el ámbito mediterráneo esta aproximación holística es aún más necesaria, si cabe, dado que el paisaje mediterráneo está constituido por un mosaico de usos intercalados que dan lugar a un territorio extraordinariamente diverso y complejo.

Promover la conectividad en nuestro territorio implica incidir en la permeabilidad del conjunto de la matriz (valor conector de la matriz territorial *per se*), teniendo en cuenta no sólo los espacios protegidos sino de forma especial las áreas de alto valor natural y las prácticas agrarias que revalorizan los valores naturales.

La red Natura 2000 y los espacios naturales protegidos son piezas clave para la conectividad del territorio. Sin embargo, es preciso abordar el tema desde una perspectiva amplia, considerando no sólo las políticas de conservación de la naturaleza sino la coordinación con otras políticas sectoriales y territoriales. En todo caso, debe fomentarse el papel de las entidades gestoras de espacios protegidos como promotoras de estudios y de medidas concretas sobre el territorio para fomentar la conectividad.

En los últimos años se han desarrollado diversas metodologías que desarrollan modelos de conectividad con una base conceptual sólida. Estas metodologías han sido ampliamente utilizadas en estudios de conservación, aunque aún son incipientes los trabajos aplicados a la planificación con medidas concretas implementadas. Como en todos los modelos, su grado de utilidad para la aplicación en la toma de decisiones aumentará en la medida en que los datos de partida sean más completos y consistentes. Los programas de seguimiento de especies y procesos son una base fundamental para los trabajos de conectividad. Además, y para hacer efectivas las medidas de conectividad es muy importante facilitar información a escala local, en particular a nivel de planeamiento urbanístico municipal.

Las propuestas científico-técnicas de apoyo a las políticas de planificación y de gestión deben tener en cuenta que la conectividad no debe circunscribirse a los límites administrativos. Deben incorporarse aspectos de cooperación y co-

ordinación interadministrativos y supranacionales cuando sea preciso, en particular en el contexto europeo. En este sentido, el Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino tiene un papel fundamental que jugar para contribuir a la coordinación de iniciativas, a la facilitación de intercambio de experiencias y a la promoción de directrices comunes.

Las medidas de fomento de la conectividad ofrecen buenas oportunidades de comunicación social y de colaboración institucional e intersectorial. En particular, se pueden fomentar los beneficios para el ocio y la salud, así como aspectos de seguridad vial (por ejemplo mediante la integración de medidas de desfragmentación en infraestructuras viarias) y de implicación de la sociedad civil y los propietarios (por ejemplo a través del fomento de acuerdos de custodia).

- Adriaensen, F., J. Chardon, de Blust G., Swinnen E., Villalba S., Gulinck H., Matthysen E. 2003. The application of least-cost modelling as a functional landscape model. *Landscape and Urban Planning* 64 (4), 233-247.
- Alford R.A. y Richards S.J. 1999. Global amphibian declines: a problem in applied ecology, *Annual Review of Ecology and Systematics* 30, pp. 133-165.
- Alverson, W.S.; Kuhlmann, W. y Waller, D.M. (eds.). 1994. *Wild Forests: Conservation Biology and Public Policy*. Island Press, Washington, DC.
- Andreassen H.P., Halle S. y Ims R.A. 1996. Optimal width of movement corridors for root voles: not too narrow and not too wide. *Journal of Applied Ecology* 33: 63-70.
- Andren, H. 1994. Effects of habitat fragmentation on birds and mammals in landscapes with different proportions of suitable habitats: a review. *Oikos* 71:355-366.
- ATECMA S.L. 2007. Identificación y diagnóstico de la red de corredores ecológicos de la Región de Murcia. Estudio encargado por la Consejería de Desarrollo Sostenible y Ordenación del Territorio. Dirección General de Medio Natural, Gobierno de la Región de Murcia.
- Beazley, K., Smandych, L., Snaith, T., MacKinnon, F., Austen-Smith Jr., P., Duinker, P. 2005. Biodiversity considerations in conservation system planning: map-based approach for Nova Scotia, Canada. *Ecol. Appl.* 15, 2192-2208.
- Beier, P. 1993. Determining minimum habitat areas and habitats corridors for cougars. *Conservation biology* 7, 94-108.
- Beier, P. 1995. Dispersal of juvenile cougars in fragmented habitat. *J.Wild Manage.* 59 (2):228-237.
- Bennet, A.F. 1998. Linkages in landscape: The Role of Corridors and Connectivity in Wildlife Conservation. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK. X+254 pp.
- Bennett, G. 2004. Integrating Biodiversity Conservation and Sustainable Use: Lessons learned from Ecological Networks. UICN, Gland, Switzerland, and Cambridge, UK. Vi +55pp.
- Berggren, A., Birath, B., Kindvall, O. 2002. Effect of corridors and habitat edges on dispersal behaviour, movement rates and movement angles in Roesel's Bush-Cricket (*Metrioptera roeseli*). *Conserv. Biol.* 16, pp. 1562-1569.
- Bischoff, N.T. y Jongman, R.H.G. 1993. Development of rural areas in Europe: the claim for nature. Netherlands Scientific Council for Government Policy, Preliminary Report V79, p. 206 The Hage.
- Bodin, Ö., Norberg, J. 2007. A network approach for analyzing spatially structured populations in fragmented landscape. – *Landscape Ecology*. 22: 31-44.
- Breiman, L., 2001. Random forest. *Mach. Learn.* 45, 5-32.
- Calabrese J.M., Fagan W.F. 2004. A comparison-shopper's guide to connectivity metrics. *Front Ecol Environ* 2: 529-536.
- Castellón T.D., Sieving K.E. 2006. An experimental test of matrix permeability and corridor use by an endemic understory bird. *Conserv Biol* 20:135-145.
- Chardon, J.P., Adriaensen, F., Matthysen, E. 2003. Incorporating landscape elements into a connectivity measure: a case study for the Speckled wood butterfly (*Pararge aegeria* L.). *Landsc. Ecol.* 18, 561-573.
- Verbeylen, G., De Bruyn, L., Adriaensen, F., Matthysen, E., 2003. Does matrix resistance influence Red squirrel (*Sciurus vulgaris* L. 1758) distribution in an urban landscape? *Landsc. Ecol.* 18: 791-805.

- Chardon, J.P., Foppen, R.P.B., Geilen, N. 2000. LARCHRIVER, a method to assess the functioning of rivers as ecological networks. *Eur. Water Manage.* 3, 35-43.
- Charrier, S., Petit, S. y Burel, F. 1997. Movements of *Abax parrallelepipedus* (Coleoptera, Carabidae) in woody habitats of a hedgerow network landscape: a radio-tracing study. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 61: 133-144.
- Clergeau P. y Burel F. 1997. The role of Spatio-temporal patch connectivity at that landscape level: an example in a bird distribution. *Landscape and Urban Planning*; 38:37-43.
- D'Alessandro, E., Carranza, M.L., Saura, S., Loy, A. 2009. Modelo di rete ecologica per la lontra in Italia. *Estimo i Territorio* 4: 31-38.
- De Lucio, J. V. et al. 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. 33 pp. ISBN 84-89198-19-5.
- De Lucio, J. V. Ramírez, L. Sastre, P. Martínez, R. Cuevas, J. A. Alcaide, T. Fernández-Guillén, L. 1997. Metodología de evaluación multiobjetivo/ multicriterio para el apoyo a la toma de decisiones en la selección de zonas especiales de conservación (Natura 2000. Unión Europea) en la Comunidad de Madrid. (L) Serie Documentos del Centro de Investigaciones Ambientales de la Comunidad de Madrid Fernando González Bernáldez, Nº 25. Consejería de Medio Ambiente y Desarrollo Regional de la Comunidad de Madrid. Madrid. 46 pp. ISBN 84-89198-30-6
- De Lucio, J. V., Aauri Mezquida, J. A., Sastre Olmos, P. y Martínez Alandi. 2003. Conectividad y redes de espacios naturales protegidos. Del modelo teórico a la visión práctica de la gestión. En García Mora, R. (Coord) Conectividad ambiental: las áreas protegidas en la cuenca mediterránea. Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía. Pp: 29 – 53 (español e inglés). ISBN: 84-95785-33-1.
- Del Barrio, G., Harrison b P.A., Berry b P.M., Butt B. N., Sanjuan a M.E., Pearson c R.G. y Dawson d , T. 2006. Integrating multiple modelling approaches to predict the potential impacts of climate change on species' distributions in contrasting regions: comparison and implications for policy. *Environmental Science & Policy* Volume 9, Issue 2 , Pp: 129-147
- Demers, M.N., Simpson, J.W., Boerner, R.E.J., Silva, A., Berns, L., Artigas, F. 1995. Fencerows, edges, and implications of. too wide. *J. Appl. Ecol.* 33:63-70.
- Dendy, T. 1987. the value of corridors and design features of small patches of habitat, In Nature conservation: The role of remnants of Native Vegetation. Eds. G.N. Sanders. G.W. Arnold., A.A. Burbridge and A.J.M. Hopkins. Surrey Beatty & Sons. Pty Ltd. Sydney.
- Departamento de Política Territorial y Obras Públicas. 2008. Catálogo del Paisaje de las Tierras de Lleida. Generalitat de Catalunya.
- Diamond J.M. 1975 . The island dilemma: lessons of modern biogeographic studies for the design of natural reserves, *Biol. Conserv.* 7, pp. 129-146.
- Doak, D.F., Marino, P.C., Kareiva, P.M. 1992. Spatial scale mediates the influence of habitat fragmentation on dispersal success: implications for conservation. *Theor Popul Biol* 41:315-336.
- Dunning, J.B., Stewart, D.J., Danielson, B.J., Noon, B.R., Root, T.L., Lamberson, R.H., Stevens, E.E. 1995. Spatially explicit population-models: current forms and future uses. *Ecological Applications* 5: 3-11.

- Edenhamn, P., 1996. Spatial dynamics of the European tree frog (*Hyla arborea* L.) in a heterogeneous landscape. Dissertation, Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala.
- Estrada, J., Pedrocchi, V., Brotons, L., Herrando, S. 2004. Atlas dels Ocells Nidificants de Catalunya 1999-2002. Institut català d'Ornitologia (ICO)/Lynx Edicions.
- EUROPARC-España, 2005. Integración de los espacios naturales protegidos en la ordenación del territorio. Ed. Fundación Fernando González Bernáldez. Madrid. 120 páginas.
- EUROPARC-España. 2008. Anuario EUROPARC-España del estado de los espacios naturales protegidos 2007. Ed. Fundación Fernando González Bernáldez. Madrid. 224 páginas.
- Fahrig, L. y Merriam, G. 1994. Conservation of fragmented populations. *Conserv Biol* 8:50–59.
- Ferreras, P. 2001. Landscape structure and asymmetrical inter-patch connectivity in a metapopulation of the endangered Iberian lynx. *Biological Conservation* 100, 125-36.
- Fielder, P.L. y Kareiva, P.M. (eds.). 1998. *Conservation Biology for the Comino Decade*. Chapman y Hall, New York.
- Foman, R.T.T. y Godron, M. 1986. *Landscape ecology*. Wiley, New York.
- Forman, R.T.T. 1995. *Land mosaics*. Cambridge University Press, Cambridge.
- García, S. 1998. Estudio para la constitución de una red de corredores biológicos. Dirección General de Medio Ambiente. Gobierno de Navarra.
- Gardner, R. H., B. T. Milne, M. G. Turner, and R. V. O'Neill. 1987. Neutral models for the analysis of broad-scale landscape pattern. *Landscape Ecology* 1: 19-28.
- Girvetz E.H., Greco S.E. 2007. How to define a patch: a spatial model for hierarchically delineating organism-specific habitat patches. *Landscape Ecology* 22:1131–1142.
- Goodwin, B. J. 2003. Is landscape connectivity a dependent or independent variable?. *Landscape ecology* 18, 687-699.
- Green D.G. 1994. Connectivity and complexity in landscapes and ecosystems. *Pac Conserv Biol* 1:194–200
- Gustafson E.J, Gardner R.H. 1996. The effect of landscape heterogeneity on the probability of patch colonization. *Ecology* 77:94–107.
- Hanski, I. 1999. *Metapopulation Ecology*. Oxford Series in Ecology and Evolution, Oxford.
- Hobbs, R.J. & Wilson, A.M. 1998. Corridors: Theory, Practice and Achievement of Conservation Objectives. In: Dover & Bunce (eds.), *Key Concepts in Landscape Ecology*, Preston (UK): 265-79
- Hanski, I. y Ovaskainen, O. 2000. The metapopulation capacity of a fragmented landscape. *Nature* 404: 755–758.
- Hanski, I.A. y Gilpin, M.E. 1997. *Metapopulation biology- Ecology, Genetics and Evolution*. Academic Press, USA.
- Harris, L. D. 1984. *The fragmented forest*. University of Chicago Press, Chicago, 211 pp.
- Harris, L.D. y Scheck, J. 1991. From implications to applications: the dispersal corridor principle applied to the conservation of biological diversity. In: Saunders, D.A. and Hobbs, R.J. (Eds.) *Nature conservation. 2. The role of corridors*. Surrey Beatty and Sons, Chipping Norton, NSW. pp. 189-220.
- Hecnar S.J. y M'Closkey, R.T. 1996. Regional dynamics and the status of amphibians, *Ecology* 77, pp. 2091–2097.

- Hill, M.O. 1993. The role of Corridors, Stepping Stone and Islands for species conservation in aChanging climate. Research report no 75, English Nature, Peterborough, U.K.
- Hobbs, R.J. y Wilson, A.M. 1998. Corridors: Theory, Practice and Achievement of Conservation Objectives. En: Dover & Bunce (eds.), *Key Concepts in Landscape Ecology*, Preston (UK): 265-79
- Hopkins, J.J., Allinson, H.M., Walmleys, C.A., Gaywood, M. y Thurgate, G. 2007. *Conserving biodiversity in a changing climate: guidance on building capacity to adapt*. Department for the Environment, Food and rural Affairs.
- Huntley, B. 1991. How plants respond to climate change migration rates, individualism and the consequences for plant communities. *Ann. Bot.* 67 (Suppl. 1), 15-22.
- Jones-Walters, L., M. Snenthlage, K. Civic, a. Cil y I. Smit. 2009. Making connection! Guidelines for involving stakeholders in the implementation of ecological networks. ECNC, Tilburg, Holanda.
- Jongman, R.H.G. 2004, *Ecological Networks and Greenways: Concept, Design, Implementation*. Edited by Rob H. G. Jongman and Gloria Pungetti, Cambridge University Press.
- Jordán, F., Báldi, A., Orci, K.M., Racz, I., Varga, Z., 2003. Characterizing the importance of habitat patches and corridors in maintaining the landscape connectivity of a Pholidoptera transsylvanica (Orthoptera) metapopulation. *Landscape Ecology*. 18 (1): 83-92.
- Krummel J.R., Gardner R.H., Sugihara G., O'Neill R.V., Coleman P.R., 1987. Landscape patterns in a disturbed environment. *Oikos* 48:321-324.
- Külvik, M. 2002. *Ecological Networks in Estonia-concepts and applications*. Tartu University Press, Tartu.
- Larkin, J. L., Maehr, D. S., Hctor, T. S., Orlando, M. A., and Whitney, K., 2004. Landscape linkages and conservation planning for the black bear in west-central Florida. *Animal Conservation* 7:23-34.
- Levins, R. 1969. Some demographic and genetics consequences of environmental heterogeneity or biological control. *Bull. Entomol. Soc.* 15, 237-240.
- Levins, R. 1970. Extinction. pp. 77-107. In M. Gesternhaber (ed.), *Some Mathematical Problems in Biology*. American Mathematical Society, Providence, Rhode Island.
- Manserg I.M. y D.J. Scotts. 1989. Habitat continuity and social organization of the mountain pygmy-possum restored by tunnel, *J. Wildl. Manage.* 53 (1989), pp. 701-707.
- Marsh .M. y P.C. Trenham. 2001. Metapopulation dynamics and amphibian conservation, *Conservation Biology* 15, pp. 40-49.
- Martínez Alandi, C. 2006. *Paisajes reticulados y conectividad en ambiente Mediterráneo*. Universidad de Alcalá. Tesis doctoral.
- Marull, J. y Mallarach, J.M. 2002. La conectividad ecológica en el Área Metropolitana de Barcelona. *Ecosistemas* 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. *Landsc. Urban Plann.* 71, 243-262.
- McArthur, R. y Wilson, E.O. 1967. *The theory of Island Biogeography*. Princetown, Princetown University Press, 1967.

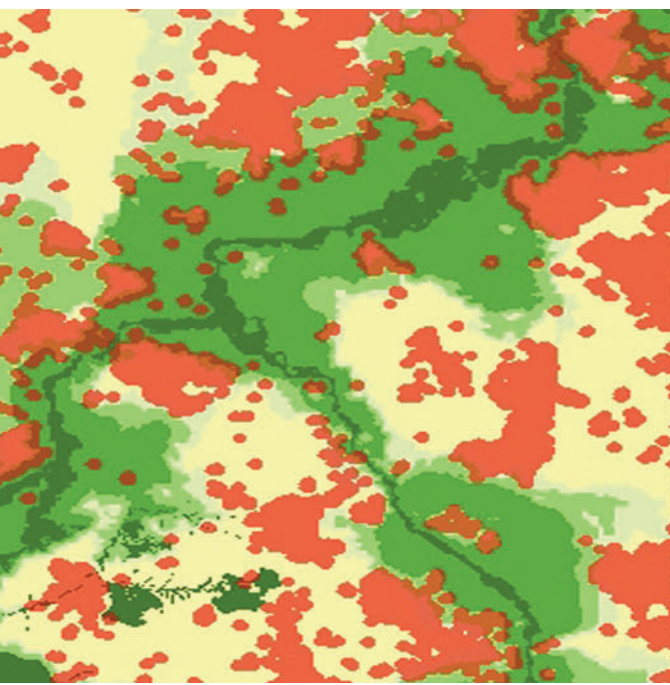
- McCullough, D.R. 1996. *Metapopulations and wildlife conservation* (ed.). Island Press, Washington, D.C.
- McRae, B.H., Beier, P. 2007. Circuit theory predicts gene flow in plant and animal populations. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA* 104: 19885-19890.
- McRae, B.H., Dickson, B.G., Keitt, T.H., Shah, V.B. 2008. Using circuit theory to model connectivity in ecology and conservation. *Ecology* 10: 2712-2724.
- Merriam, G. 1984. Connectivity: a fundamental ecological characteristic of landscape pattern. In: Brandt, J., Agger, P.A. (Eds.), *Methodology in landscape Ecological Research and Planning*, vol. 1. University centre, Roskilde, Demark, pp. 5-15.
- Metzger, J-P., De camps, H., 1997. The structural connectivity threshold: an hypothesis in conservation biology at the landscape scale. *Acta Oecol* 18:1-12.
- Michels, E., Cottenie, K., Neys, L., De Gelas, K., Coppin, P., De Meester, L. 2001. Geographical and genetic distances among zooplankton populations in a set of inter-connected ponds: a plea for using GIS modelling of the effective geographical distance. *Molecular Ecology* Vol.10 Issue 8 , Pages 1929 - 1938
- Minor, E.S., Urban, D.L. 2007. Graph theory as a proxy for spatially explicit population models in conservation planning. *Ecological Applications* 17: 1771-1782.
- Mitchell, R. J., Morecroft, M. D., Acreman, M., Crick, H. Q. P., Frost, M., Harley, M., Maclean, I. D. M., Mountford, O., Piper, J., Pontier, H., Rehfishch, M. M., Ross, L. C., Smithers, R. J., Stott, A., Walmsley, C. A., Watts, O., Wilson, E. 2007 *England Biodiversity Strategy - towards adaption to climate change. Final report to Defra for contract CRO327. Defra, 177pp.*
- Moilanen, A, y Hanski, I. 2001. On the use of connectivity measures in spatial ecology. *Oikos* 95:147-151.
- 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.
- Múgica, M., de Lucio, J. V. y Pineda, F. D. 1996. The Madrid Ecological Network. In P. Nowicki, G. Bennett, et al. eds). *Perspectives on ecological networks*, 49-59. European Centre for Nature Conservation publications series on man and Nature Nº 1. Arnhem. The Netherlands.
- Múgica, M., de Lucio, J. V., Martínez, C., Sastre Olmos, P., Atauri, J. A. y Montes, C. 2002. Integración territorial de espacios naturales protegidos y conectividad ecológica en paisajes mediterráneos & Territorial integration of natural protected areas and ecological connectivity within Mediterranean landscapes (español e inglés). *Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía*. 124 + 124 pp.
- Neel, M.C. 2008. Patch connectivity and genetic diversity conservation in the federally endangered and narrowly endemic plant species *Astragalus albens* (Fabaceae). *Biological Conservation* 141: 938-955.
- Noss, R.F. 1993. Wildlife corridors. In: Smith DS, Hellmund PC (eds) *Ecology of greenways: design and function of linear conservation areas*. University of Minnesota Press, Minneapolis, MN, pp 43-68.
- O'Neill, R.V., Milne, B.T., Turner, M.G., Gardner, R.H. 1988. Resource utilization scales and landscape pattern. *Landsc Ecol* 2: 63-69.

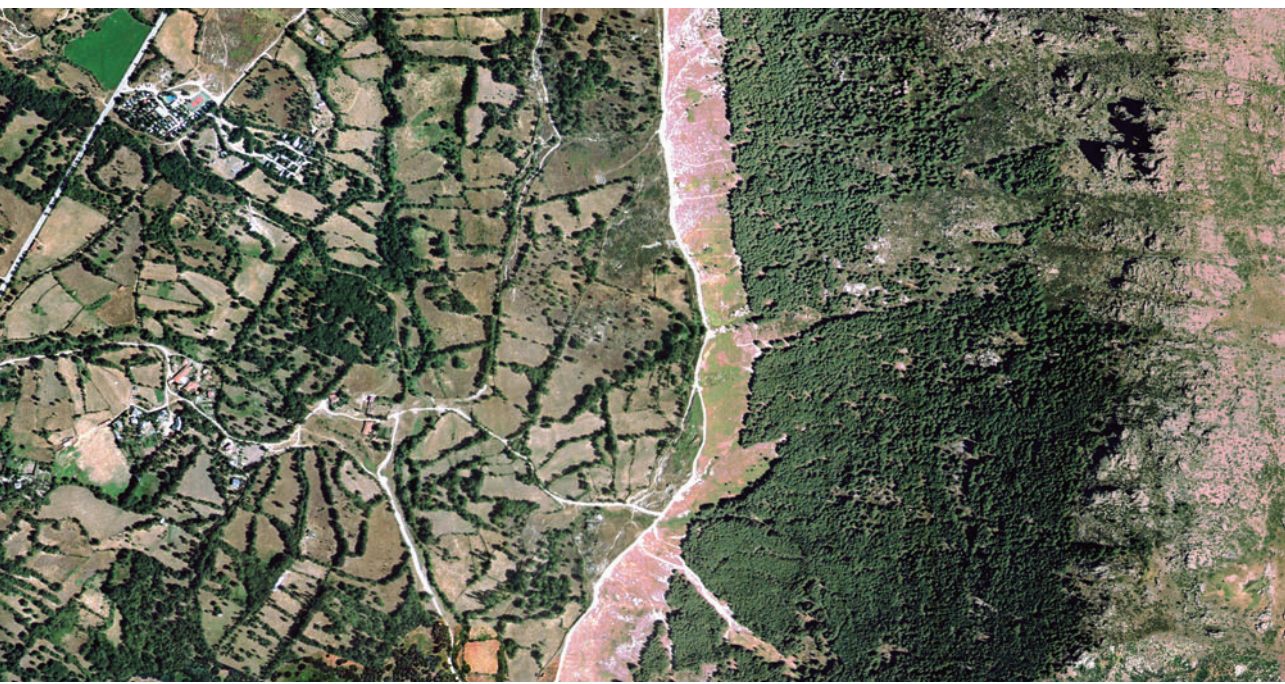
- Opdam, P., Foppen, R., and Vos, C. 2002. Bridging the gap between empirical knowledge and spatial planning in landscape ecology. *Landscape Ecology* 16:767–779.
- Pascual-Hortal, L., Saura, S. 2008a. Integración de la conectividad ecológica de los bosques en los instrumentos de planificación forestal a escala comarcal y regional. Propuesta metodológica y nueva herramienta de decisión. *Montes* 94: 31-37.
- Pascual-Hortal, L., Saura, S. 2008b. Integrating landscape connectivity in broad-scale forest planning through a new graph-based habitat availability methodology: application to capercaillie (*Tetrao urogallus*) in Catalonia (NE Spain). *European Journal of Forest Research* 127: 23-31.
- Pascual-Hortal, L., y Saura, S. 2006. Comparison and development of new graph-based landscape connectivity indices: Towards the prioritization of habitat patches and corridors for conservation. *Landscape Ecology*. 21: 959–967
- Perotto-Baldivieso, H., Meléndez, E., García, M.A., Leimgruber, P., Cooper, S.M., Martínez, A., Calle, P., Ramos, O., Quiñones, M., Christen, C., Pons, G. 2009. Spatial distribution, connectivity, and the influence of scale: habitat availability for the endangered Mona Island rock iguana. *Biodiversity Conservation* 18: 905-917
- Pickett, S.T.A., Ostfeld, R.S., Shachak, M., Likens, G.E. (eds.). 1997. *The Ecological Basis of Conservation: Heterogeneity, ecosystem, and Biodiversity*. Chapman & Hall, New York.
- Pither J, Taylor P.D. 1998. An experimental assessment of landscape connectivity. *Oikos* 83:166–174.
- Ray, N. 2005. PathMatrix: a GIS tool to compute effective distances among samples. *Molecular Ecology Notes* 5: 177-180.
- Rothermel, B.B. y Semlitsch, R.D. 2002. An experimental investigation of landscape resistance of forest versus old-field habitats to emigrating juvenile amphibians, *Conservation Biology* 16 (2002), pp. 1324–1332.
- Rouget, M., Cowling, R.M., Lombard, A.T., Knight, A.T., Kerley, G.I.H. 2006. Designing large-scale conservation corridors for pattern and process. *Conserv. Biol.* 20, 549–561.
- Ruckelshaus, M., Hartway, C., Kareiva, P.M. 1997. Assessing the data requirements of spatially explicit dispersal models. *Conserv Biol* 11:1298–1306.
- Sacco, A., Tellini-Florenzano, G., Mairota, P. 2009. Functional connectivity for silvogenesis in Aleppo pine (*Pinus halepensis* Miller) plantations as a base towards an effective landscape biodiversity strategy in southern Apulia (Italy). En: Catchpole, R., Smithers, R., Baarda, P., Eycott, A. (Eds), *Ecological networks: science and practice*. Proceedings of the 16th Annual IALE (UK) Conference. pp. 47-55.
- 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>)
- Saunders, D. y Hobbs, R. (eds.). 1991. *Nature Conservation 2: The Role of Corridors*. Surrey Beatty, Chipping Norton, Australia.
- Saura, S. 2008. Evaluating forest landscape connectivity through Conefor Sensinode 2.2. En: Laforteza, R., Chen, J., Sanesi, G., Crow, T.R. (eds), *Patterns and Processes in Forest Landscapes: Multiple Use and Sustainable Management*. pp. 403-422. Springer.

- Saura, S. 2009. Measuring connectivity in landscape networks: towards meaningful metrics and operational decision support tools. En: Catchpole, R., Smithers, R., Baarda, P., Eycott, A. (Eds), *Ecological networks: science and practice*. Proceedings of the 16th Annual IALE (UK) Conference. pp. 1-10.
- Saura, S. y Pascual-Hortal, L. 2007. A new habitat availability index to integrate connectivity in landscape conservation planning: Comparison with existing indices and application to a case study. *Landscape and Urban Planning* 83: 91–103.
- Saura, S. y Rubio, L. 2009a. A common currency for the different ways in which patches and links can contribute to habitat availability and connectivity in the landscape. *Ecography* (en prensa). DOI 10.1111/j.1600-0587.2009.05760.x
- Saura, S. y Rubio, L. 2009b. Conefor Sensinode, una nueva herramienta para el análisis de la conectividad de los bosques: fundamentos y experiencias de aplicación. *Actas del V Congreso Forestal Español*. Sociedad Española de Ciencias Forestales.
- Saura, S. y Torné, J. 2009. Conefor Sensinode 2.2: a software package for quantifying the importance of habitat patches for landscape connectivity. *Environmental Modelling and Software* 24: 135-139
- Schadt, S., Knauer, F., Kaczensky, P., Revilla, E., Wiegand, T., Trepl, L. 2002. Rule-based assessment of suitable habitat and patch connectivity for Eurasian lynx. *Ecological application* 12 (5), 1469-1483.
- Schafer, C. L. (1990): *Nature reserves: Island theory and conservation practice*, Smithsonian Institute Press, Washington.
- Schumaker, N. H. 1996. Using landscape indices to predict habitat connectivity. *Ecology* 77:1210-1225.
- Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica. 2004. Programa de Trabajo sobre Áreas Protegidas (Programas de trabajo del CDB) Montreal: Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica, 34 p.
- Semlitsch, R.D., Scout, D.E, Pechmann, J.H.K. and Gibbons, J.W. 1996. Structure and dynamics of an amphibian community: evidence from a 16-year study of a natural pond. In: P.M.L. Cody and J.A. Smallwood, Editors, *Long-Term Studies of Vertebrate Communities*, Academic Press, San Diego, CA, USA, pp. 217–248.
- Semlitsch, R.D., y J.R. Bodie. 2003. Biological criteria for buffer zones around wetlands and riparian habitats for amphibians and reptiles. *Conservation Biology* 17:1219-1228.
- Sepp, K. Y Kaasik, A. 2002. Development of Nacional Ecological Network in the Baltic Countries in the Framework of the Pan-European Ecological Network. UICN regional Office for Central Europe, Warsaw.
- Simberloff, D. y Cox, J. 1987. Consequences and costs of conservation corridors. *Conserv. Biol.* 1 (1987), pp. 63–71.
- Simberloff, D., Farr, J.A., Cox, J., Melham, D.W. 1992. Movement corridors: conservation bargains or poor investment? *Conservation biology* 6, 493-504.
- Singleton, P.H., Gaines, W.L., Lehmkühl, J.F. 2004. Landscape permeability for grizzly bear movements in Washington and southwestern British Columbia. *Ursus* 15, 90–103.
- Skelly D.K., Werner E.E. and Cortwright, S.A. 1999. Long-term distributional dynamics of a Michigan amphibian assemblage, *Ecology* 80, pp. 2326–2337.
- Sluis, T. Van der, B. Pedrolì. 2004. Ecological Network analysis for Regione Umbria (Italy). Wageningen, alterra, Alterra-report 1013.

- South, A. 1999. Dispersal in spatially explicit population models. *Conservation Biology* 13:1039–1046.
- Sutcliffe, O.L., Bakkestuen, V., Fry, G., Stabbetorp, O.E. 2003. Modelling the benefits of farmland restoration: methodology and application to butterfly movements. *Landscape and urban planning* 63, 15-31.
- Sutcliffe, O.L., Thomas, C.D. 1996. Open corridors appear to facilitate dispersal by ringlet butterflies (*Aphantopus hyperantus*) between woodland clearings. *Conservation biology* 10, 1359-1365.
- Sweeney, S., Jurek, M., Bednar, M. 2007. Using place names to interpret former floodplain connectivity in the Morava River, Czech Republic. *Landsc Ecol* 22:1007–1018.
- Taylor D.R., Fahrig L., Henein K. 1993. Connectivity is a vital element of landscape structure. *OIKOS* 1993; 68:571-3.
- Theobald, D.M. 2006. Exploring the functional connectivity of landscapes using landscape networks. En: Crooks, K.R., Sanjayan, M. (Eds.), *Connectivity Conservation*. Cambridge University Press, New York, pp. 416–443.
- Tischendorf, L. 2001. Can landscape indices predict ecological processes consistently? *Landsc Ecol* 16:235–254.
- Tischendorf, L. y Fahrig, L. 2000. How should we measure landscape connectivity?. *Landscape Ecol.* 15, pp. 633–641.
- Trenham P.C., Koenig W.D., Mossman M.J., Stark S.L. and Jaegger L.A. 2003. Regional dynamics of wetland-breeding frogs and toads: turnover and synchrony, *Ecological Applications* 13 (6), pp. 1522–1532.
- Turner, M.G. 1989. Landscape ecology: the effect of pattern on process. *Annu Rev Ecol Syst* 20:171–197.
- UICN 2003. Plan de Acción. V Congreso Mundial de Parques de la UICN.
- UICN 2003a. Recomendaciones del V Congreso Mundial de Parques de la UICN.
- UICN 2005. Resoluciones y recomendaciones: Congreso mundial de la naturaleza, Bangkok. Unión Mundial para la Naturaleza. Publicado por IUCN. ISBN 2831708044, 9782831708041
- Urban, D. y Keitt, T. 2001. Landscape connectivity: A graph-theoretic perspective. *Ecology* 82: 1205–1218.
- Urban, D.L., Minor, E.S., Treml, E.A., Schick, R.S. 2009. Graph models of habitat mosaics. *Ecology Letters* 12: 260–273.
- van der Sluis, T. y Chardon, J.P. 2001. How to define European ecological networks. *Ecosystems and Sustainable Development, Advances in Ecological Sciences*, Vol. 10, eds. Villacampa, Y., Brebbia, C.A. & Usó, J.L., WIT Press, Southampton, pp. 119-128, 2001.
- Verbeylen G, De Bruyn L, Adriaesen F, Matthysen E. 2003. Does matrix resistance influence red squirrel (*Sciurus vulgaris* L. 1758) distribution in an urban landscape? *Landscape Ecol* 18:791–805.
- Verboom, B. y van Apeldoorn, R. 1990. Effects of habitat fragmentation on the red squirrel, *Sciurus vulgaris* L. *Landscape Ecology*, 4, 171-176.
- Verboom, J., Foppen, R., Chardon, P., Opdam, P. y Luttikhuisen, P. 2001. Introducing the key patch approach for ecological networks with persistent populations: an example for marshland birds. *Biological conservation* 100 (1): 89-101.
- Verboom, J., Metz, J.A.J. y Meelis, E. 1993. Metapopulation models for impact assessment of fragmentation. En: C.C. Vos y P.F.M. Opdam (Eds.), *Landscape ecology of*

- a stressed environment. London: Chapman and Hall. IALE studies in Landscape Ecology 1: 172-191.
- Vermeulen, H.J.W. 1994. Corridor function of a road verge for dispersal of stenotopic heathland ground beetles Carabidae. *Biology conservation* 69, 339-349.
- Villalba, S., Gulinck, H., Verbeylen, G. y Matthysen, E. 1998. Relationship between patch connectivity and the occurrence of the European red squirrel, *Sciurus vulgaris*, in forest fragments within heterogeneous landscapes. En Dover, J.W. & Bunce, R.G.H. (eds.). *Key concepts in landscape ecology*. IALE (UK), Preston.
- Visconti, P. y Elkin, C. 2009. Using connectivity metrics in conservation planning – when does habitat quality matter? *Diversity and Distributions* 15: 602-612.
- Vos C.C. y J.P. Chardon. 1998. Effects of habitat fragmentation and road density on the distribution pattern of the moor frog *Rana arvalis*. *Journal of Applied Ecology* 35 (1998), pp. 44–56.
- Vos C.C., Verboom J., Opdam P.F.M. y Ter Braak C.J.F. 2001 . Toward ecologically scaled landscape indices, *Am. Nat.* 183(1), pp. 24–41.
- Walker, R., Craighead, L. 2001. Analysing wildlife movements corridors in Montana using GIS. <http://www.esri.com/library/userconf/proc97/proc97/ to150/pap116/p116.htm> .
- Wiegand T, Moloney KA, Naves J, Knauer F., 1999. Finding the missing link between landscape structure and population Dynamics: A Spatially Explicit Perspective. *Am Nat.* 154(6):605-627.
- Wiens, J.A. y Milne, B.T. 1989. Scaling of “landscapes” in landscape ecology, or, landscape ecology from a beetle’s perspective. *Landscape Ecology* 3:87-96.
- Wiens, J.A., Stenseth, N.C., Van Horne, B., Ims R.A. 1993. Ecological mechanisms and landscape ecology. *Oikos* 66:369–380.
- Wikramanayake, E., McKnight, M., Dinerstein, E., Joshi, A., Gurung B., Smith, D. 2004. Designing a conservation landscape for tigers in human-dominated environments. *Conserv Biol* 18:839–844.
- Wilson, E.O. 1988. The current status of biological diversity. In: Wilson E.O. (ed.), *Biodiversity*. National Academic Press, Washington, DC.
- With, K. 1997. The use and misuse of neutral landscape models in ecology. *Oikos* 79, 219-229.
- With, K., Gardner, R. H. y Turner, M.G. 1997. Landscape connectivity and population distributions in heterogeneous environments. *Oikos* 78: 151-169.
- With, K.A. y Crist, T.O., 1995. Critical thresholds in species responses to landscape structure. *Ecology* 76, 2446-2459.







Fundación Interuniversitaria
Fernando González Bernáldez
PARA LOS ESPACIOS NATURALES



**Diputació
Barcelona**

Àrea d'Espais Naturals
Xarxa de Parcs Naturals