

# FUNCIÓN Y ESTRUCTURA DE LOS CORREDORES ECOLÓGICOS, UNA REVISIÓN PARA SU IMPLEMENTACIÓN DENTRO DE LA ORDENACIÓN Y GESTIÓN DEL PAISAJE

MIKEL GURRUTXAGA SAN VICENTE<sup>1,2</sup> Y PEDRO J. LOZANO VALENCIA<sup>3</sup>

## RESUMEN

La fragmentación y reducción de hábitats es una de las principales causas de la crisis global de biodiversidad. La conectividad ecológica, o capacidad del paisaje para dar soporte a los desplazamientos de las especies entre las teselas con recursos, se configura como un aspecto vital en la dinámica de poblaciones fragmentadas. Dentro de su dominio vital, toda especie debe ser capaz de acceder a sus lugares de alimentación, refugio o cría y, en su caso, de realizar los desplazamientos estacionales que requiera. Asimismo, ha de ser capaz de realizar desplazamientos dispersivos con los que mantener ciertos niveles de intercambio genético entre poblaciones y con los que eventualmente ocupar territorios adecuados en los que asentarse. Además, la variación en las condiciones ambientales derivadas del cambio climático puede desencadenar desplazamientos de numerosas especies para modificar su área de distribución. Así, los corredores ecológicos, entendidos como configuraciones del paisaje destinadas a garantizar la conectividad, deben dar soporte a un amplio espectro de tipos de trasiegos bióticos, a cerca de los cuales se realiza una revisión. Paralelamente, se abordan las características estructurales que presentan los corredores en relación al uso que de ellos hacen los organismos en sus desplazamientos. De esta forma, se obtiene una visión precisa sobre el papel que pueden y deben jugar los corredores ecológicos dentro de las políticas de conservación actuales y futuras.

**Palabras clave:** conectividad ecológica, migración, dispersión, cambio climático, corredores ecológicos.

## SUMMARY

The habitat fragmentation and reduction is one of the principal reasons of the global crisis of biodiversity. The ecological connectivity, or capacity of the landscape to give support to the displacements of the species between places with resources, is formed as a vital aspect in the dynamics of fragmented populations. Inside their home range, species must be capable of acceding to

<sup>1</sup> Departamento de Geografía. Universidad del País Vasco. C/ Tomás y Valiente, s/n. 01006 Vitoria-Gasteiz. E-mail:mikel.gurrutxaga@ehu.es

<sup>2</sup> IKT, SA. Departamento de Territorio y Biodiversidad. Granja Modelo, s/n. 01192 Arcaute (Álava).

<sup>3</sup> Departamento de Geografía. Universidad del País Vasco. C/ Tomás y Valiente, s/n. 01006 Vitoria-Gasteiz. E-mail: pedrojose.lozano@ehu.es

Recibido: 05/12/2007.

Aceptado: 23/01/2008.

foraging, refuge and nesting areas and realizing the seasonal displacements that it needs. Likewise, it has to be capable of realizing dispersal displacements to support certain levels of genetic exchange between populations and with that eventually occupy suitable territories. In addition, the variation in the environmental conditions derived from the climatic change can unleash displacements of numerous species to modify their distribution area. This way, the ecological corridors understood as configurations of the landscape destined to guarantee the connectivity, must give support to a wide spectrum of types of biotic displacements, to near which a review is realized. At the same time, the structural characteristics that present the corridors in relation to the use that of them do the organisms in their displacements are approached. A precise vision is obtained on role that they can and must play the ecological corridors inside the current and future conservation policies.

**Key words:** ecological connectivity, migration, dispersal, climate change, ecological corridors.

## INTRODUCCIÓN

Los procesos de reducción y fragmentación de hábitats son apuntados por la comunidad científica como una de las principales causas, si no la principal, de la actual crisis de biodiversidad (FAHRIG 2003, CROOKS & SANJAYAN 2006). En este contexto, los flujos de desplazamiento e intercambio genético de las poblaciones de fauna y flora silvestres resultan fundamentales para la pervivencia de aquellas especies sensibles a la reducción y fragmentación de sus hábitats.

Por ello, con objeto de articular políticas de conservación eficaces se buscan soluciones aplicadas para mantener y, en su caso, restaurar, la capacidad del territorio para dar soporte a aquellos trasiegos bióticos que se están viendo dificultados por ciertos cambios en los usos del suelo. Muestra de ello, la Directiva 92/43/CEE del Consejo Europeo, o Directiva Hábitats, la cual regula el desarrollo de la red ecológica europea Natura 2000, insta a mejorar la coherencia ecológica de ésta mediante la gestión de aquellos elementos del paisaje que resulten fundamentales para garantizar la migración, distribución geográfica y el intercambio genético de las especies silvestres. Dicha cuestión resulta todavía más importante si tenemos en cuenta el carácter vinculante que, para todos los estados integrantes de la unión, muestra una figura legislativa como la directiva. De esta forma, se abre una etapa en que

todos los países deberán esforzarse, no sólo por conservar una serie de especies y hábitats, sino por mantener y, en su caso, restaurar un adecuado grado de conexión, tanto para unas como para otros.

La conectividad ecológica o funcional, entendida como la capacidad del territorio para permitir los desplazamientos de los organismos entre las teselas con recursos (TAYLOR *et al.* 1993), es una propiedad del territorio para una especie determinada o para un grupo funcional de taxones con similares requerimientos ecológicos y capacidad dispersiva (DEL BARRIO *et al.* 2000). Así, la conectividad depende tanto de las características estructurales del paisaje como de la capacidad de desplazamiento y requerimientos ecológicos de la especie o grupo funcional considerado. El concepto de permeabilidad, que en ocasiones se emplea como sinónimo al de conectividad, se refiere a una propiedad más general del paisaje referida al mantenimiento de la conectividad para el conjunto de las diferentes especies que lo habitan (DE LUCIO *et al.* 2003).

Las zonas del territorio que se consideran de especial interés para dar soporte a los desplazamientos de los organismos se denominan genéricamente corredores ecológicos. A continuación se analiza, desde una perspectiva general, qué tipos desplazamientos precisan realizar los organismos para satisfacer sus requerimientos vitales y qué configuraciones

paisajísticas pueden tener capacidad para dar soporte a dichos desplazamientos. De esta forma se tipifican, tanto desde el punto de vista de la estructura del paisaje como de las necesidades de desplazamiento de la biota, los tipos de corredores ecológicos que son precisos mantener o recuperar en el territorio para hacer frente a los procesos de fragmentación de hábitats y poblaciones silvestres.

## TIPOS DE DESPLAZAMIENTOS

En primer lugar se abordan los distintos tipos de movimiento que los taxones desarrollan a lo largo de sus ciclos vitales. Se corresponden con aquellos tipos de desplazamientos a los que los corredores ecológicos deben dar soporte.

### Movimientos dentro del área de campeo

La utilización de corredores ecológicos por especies de fauna silvestre para realizar movimientos cotidianos corresponde, en general, a desplazamientos en busca de alimento desde sus lugares de cría o refugio. Así, FOPPEN *et al.* (2000) plantean que puede diferenciarse un tipo de corredor ecológico cuya función es la de facilitar los movimientos y disminuir las tasas de predación y mortalidad dentro del territorio o área de campeo de una especie, para acceder a los lugares de alimentación, descanso y cría.

Por ejemplo, las aves en la época de cría se desplazan desde los nidos a hábitats próximos para buscar alimento con qué nutrirse y alimentar a las crías. La distancia desde el lugar de cría a los espacios con recursos alimenticios y la presencia de estructuras de hábitat por las que efectuar los desplazamientos entre ambos, son factores críticos para la elección del lugar de nidificación de diversas especies de aves.

El nomadismo se refiere a intervalos temporales más amplios y consiste en desplazamientos no cotidianos, imprevisibles y ocasionales, de-

bidos a variaciones en factores climáticos o en la disponibilidad de alimentos u otros recursos (BENNETT 1999). Las especies nómadas cuyos recursos alimenticios varían de una manera relativamente impredecible se desplazan de manera más aleatoria pero también pueden usar corredores ecológicos para acceder a los territorios de destino. Destacan en este sentido las conexiones valle-montaña, utilizadas, por ejemplo, por los ungulados silvestres en invierno ante grandes nevadas o situaciones climáticas extremas.

### Movimientos migratorios

Los movimientos migratorios se deben a cambios ambientales estacionales a los que la especie se adapta desplazándose entre diferentes lugares en el transcurso de su ciclo anual. La migración típica consta de cuatro fases: reproducción, migración postnupcial, etapa de reposo y migración prenupcial.

Especies de todos los grupos faunísticos migran entre áreas más o menos distantes con recursos, que necesitan en diferentes momentos de su ciclo vital. Particularmente conocidos son los desplazamientos migratorios de aves y peces. En el caso de aves de rangos migratorios amplios, las distancias de migración pueden ser de cientos y miles de kilómetros y los conectores entre las áreas de origen y destino están constituidos por espacios dispersos a modo de puntos de escala. En cambio, los peces diadromos requieren de corredores fluviales permeables para realizar sus desplazamientos migratorios, así como la existencia de determinadas corrientes marinas más o menos continuas. Ciertos anfibios y mamíferos también realizan desplazamientos migratorios, de forma que requieren corredores terrestres de espacios permeables entre los hábitats distantes que utilizan en diferentes momentos.

La migración puede producirse entre espacios con hábitats similares o entre diferentes hábitats, dependiendo de la especie. Los desplazamientos estacionales entre hábitats de distintas características los realizan especies

mutihábitat que utilizan diferentes elementos paisajísticos en el transcurso de su ciclo anual. La escala espacial de los movimientos migratorios es muy variable según la especie, abarcando desde distancias inferiores a un kilómetro entre distintos tipos de vegetación o zonas altitudinales hasta distancias de miles de kilómetros entre los hemisferios Norte y Sur, tal es el caso del albatros viajero (*Diomedea exulans*) o la aguja colipinta (*Limosna lapponica*), entre otros.

En el caso de las aves existen rutas migratorias preferentes a través pasos favorables de ciertas barreras ecológicas, como cordilleras de montaña (ALERSTAM 1990). Ello puede condicionar patrones de distribución de la abundancia de aves migratorias. Por ejemplo, GALARZA & TELLERÍA (2003) encontraron una menor abundancia y diversidad de pájaros de las familias Motacillidae, Turdidae y Fringilidae en las campiñas costeras cantábricas conforme aumentaba la distancia desde el corredor migratorio de la depresión occidental de los Pirineos, sugiriendo la existencia de una relación entre dicha vía de entrada y las densidades de pájaros invernantes en el Norte de la Península Ibérica. Asimismo, mediante marcadores genéticos es posible identificar patrones de conexión migratoria entre lugares de reproducción e invernada para especies ampliamente distribuidas, de forma que pueden definirse unidades de gestión demográficamente coherentes (BOULET *et al.* 2006).

### Movimientos de dispersión

La dispersión ecológica se refiere a la fase dispersiva postgenerativa de los descendientes respecto al territorio ocupado por los progenitores, la cual tiene lugar sin sobrepasar los límites del área de distribución de la especie (VARGAS 1992). Este tipo de desplazamiento es el que mayor atención merece desde el punto de vista de la conectividad, ya que es el responsable de los flujos de individuos y de genes entre las diferentes poblaciones, así como de la colonización de parches vacíos. A diferencia de los movimientos dentro del área

de campeo y migratorios, la dispersión es propia de las especies tanto de fauna como de flora silvestres.

La dispersión natal o juvenil de los animales silvestres se produce al desplazarse individuos juveniles o subadultos (es decir, en etapa prerreproductiva) desde su lugar de nacimiento, en busca de nuevos territorios adecuados donde establecerse o intentar su primer episodio reproductor. Entre las causas últimas de la dispersión, la necesidad de evitar la endogamia y la competencia por los recursos son las más barajadas.

Existe además un tipo menos estudiado de dispersión en la etapa adulta asociado a la búsqueda sucesiva de lugares de cría adecuados donde intentar la reproducción (dispersión reproductora) (OLSSON & SHINE 2003). Así, se dan evidencias claras en un amplio grupo de vertebrados de que individuos adultos cambian de territorio tras ocupar hábitats de escasa calidad, tras fracasar la cría o al producirse la pérdida de individuos con los que aparearse.

Los movimientos de dispersión de la fauna constituyen un aspecto clave en los procesos de colonización e intercambio genético, de forma que influyen directamente sobre la estructura espacial y temporal de las poblaciones (KENDALL *et al.* 2000). La importancia de la dispersión en la dinámica de poblaciones fragmentadas ha provocado un creciente interés al respecto (THOMAS 2000), si bien los patrones de dispersión de numerosos vertebrados no son aún conocidos (CLOBERT *et al.* 2001).

En este contexto, los patrones de dispersión de los organismos dependen de diversos factores, los cuales inciden de diferente manera según la especie. Una de las pautas de dispersión más estudiadas se asocia al comportamiento filopátrico (fidelidad al lugar de nacimiento) que presentan los individuos de uno de los sexos, de forma que la dispersión se basa en los desplazamientos de los individuos juveniles del sexo opuesto (GREENWOOD 1980). En

la mayor parte de las especies de aves estudiadas se han observado mayores distancias de dispersión en las hembras que en los machos. En cambio, en gran parte de las especies de mamíferos estudiadas ocurre al contrario, de forma que las hembras presentan una mayor filopatría. Estas tendencias mayoritarias no son en absoluto generalizables. También se han hallado especies de ambos grupos en las que no se aprecian variaciones en la dispersión por sexos.

Se han señalado diversos factores intrínsecos y extrínsecos que inciden sobre los patrones de dispersión animal. Diversas especies presentan una gran tendencia innata a dispersarse independientemente de las condiciones del medio (HANSSON *et al.* 2003). Asimismo en ciertos taxones se atribuye un papel notable a aspectos como la densidad de población de la especie en el área de nacimiento, el comportamiento territorial de los adultos y la estructura de edades de la población.

Las distancias de dispersión varían considerablemente en función de cada especie y, dado su decisivo papel en la persistencia de las metapoblaciones, se están realizando estudios para calcular las distancias de dispersión de diferentes especies faunísticas (SUTHERLAND *et al.* 2000).

En la dispersión existe un riesgo de mortalidad y un costo energético asociados al tipo de espacios que los individuos juveniles han de atravesar y a la longitud del desplazamiento (WASER *et al.* 1996). Así, los procesos de fragmentación de hábitats afectan a los individuos dispersantes dificultando su éxito en la búsqueda de territorios donde asentarse. Por todo ello, el conocimiento de los patrones de dispersión es decisivo en el diseño de corredores ecológicos adecuados en paisajes fragmentados. Precisamente al facilitar la dispersión, éstos juegan un papel decisivo al favorecer la colonización y el intercambio genético y disminuir las tasas de mortalidad asociadas a la matriz del paisaje en los desplazamientos dispersivos (FAHRIG & MERRIAM 1994).

FOPPEN *et al.* (2000) diferencian dos tipos de corredores ecológicos que dan sustento a los movimientos dispersivos. Por un lado, los corredores de dispersión en un paso (*one-step dispersal corridors*) facilitan el movimiento de los individuos que abandonan su territorio de nacimiento o cría que les permite acceder al nuevo territorio donde establecerse. El rango espacial de estos movimientos depende de la capacidad dispersiva de los individuos de cada especie. Por otro lado, los corredores de dispersión con reproducción intermedia conectan áreas que están demasiado distantes como para estar conectadas por dispersión individual en un paso, de forma que es necesario que se establezcan territorios intermedios de cría. Un caso particular se produce cuando la capacidad de dispersión es tan reducida que es necesario un hábitat de reproducción continuo para conectar poblaciones, como en el caso de ciertos invertebrados y plantas.

### **Cambios del área de distribución. La importancia del cambio climático**

Los corredores ecológicos pueden facilitar movimientos de colonización de nuevos espacios por ciertas especies, de forma que se modifica el área de distribución de las mismas. Estos desplazamientos corresponden al concepto de dispersión biogeográfica, que se refiere al establecimiento de una nueva población más allá de los límites corológicos de la especie (VARGAS 1992).

Como conductores de este tipo de desplazamientos, FOPPEN *et al.* (2000) proponen la denominación de corredores de expansión. Se trata, por ejemplo, de las estructuras del paisaje necesarias para permitir a las especies que estén en disposición de modificar su área de distribución con suficiente rapidez en respuesta a los efectos del cambio climático u otros episodios con importantes repercusiones ambientales, acceder a nuevos territorios donde las condiciones ambientales les sean propicias.

Por tanto, dentro de este tipo de desplazamientos de cambio del área de distribución,

destacan los que a medio y largo plazo podrían verse obligados a realizar numerosas especies en respuesta al cambio climático (PI-TELKA 1997, WUETHRIC 2000). Por ejemplo, si se produce un aumento medio de 1 a 3,5 °C en las regiones de latitudes medias en los 100 próximos años, que, plasmado en las isoter- mas actuales, haría necesario un desplaza- miento de 150-550 km más al Sur o 150-500 m por debajo en altitud para obtener dichas ci- fras, se producirán profundos cambios en la cubierta vegetal y por consiguiente en las áreas de distribución natural de numerosas especies de flora y fauna (PEARSON & DAW- SON 2003). En este contexto, aquellas especies que no se adapten rápidamente a los cambios ambientales y las que cuenten con una escasa capacidad dispersiva tenderán notablemente a la extinción. Paralelamente, aquellas otras especies con capacidad de adaptación y migra- ción pueden ver limitados sus desplazamien- tos a través del paisaje por la existencia de barreras físicas y de hábitats transformados que les son hostiles. El papel de los corredores ecológicos de cara a permeabilizar el territorio a los desplazamientos de estas especies resul- taría de vital importancia, ya que evitaría el aislamiento de las poblaciones y permitiría sus migraciones en respuesta al cambio climático (HILL *et al.* 1992).

Así, desde que PETERS & DARLING (1985) alertaran sobre los cambios que tendrán lugar en la distribución de diversas especies en rela- ción a las reservas, algunos autores señalan la necesidad de incorporar criterios adaptativos para contrarrestar los efectos del cambio cli- mático en las estrategias de conservación de la biodiversidad. La ampliación y creación de nuevas reservas y el adecuado manejo de ma- triz para que ésta sea permeable son las princi- pales líneas de actuación que se proponen en este sentido (HANNAH *et al.* 2002).

Por otro lado, la presencia de corredores pue- den en cierta manera facilitar que especies no nativas que han sido introducidas por el hom- bre amplíen sus áreas de distribución, poten- ciando fenómenos ecológicos no deseados como la competencia interespecífica. La proli-

feración de ciertas especies invasoras puede ocurrir incluso en ausencia de corredores eco- lógicos de calidad en el paisaje, ya que gracias a su extraordinaria capacidad de adaptación y colonización pueden ampliar con relativa faci- lidad sus áreas de distribución. Asimismo, los corredores pueden favorecer la transmisión de plagas, parásitos y enfermedades. Ambas cir- cunstancias se han dado en la expansión de ciertas especies introducidas como el visón americano (*Mustela vison*) y el cangrejo rojo americano (*Procambarus clarkii*) en Europa.

## TIPOS ESTRUCTURALES DE CORREDORES ECOLÓGICOS

Una vez tratados los distintos tipos de despla- zamientos que deben realizar los organismos silvestres entre las teselas con recursos, se aborda la caracterización de las configuracio- nes paisajísticas que pueden sustentarlos.

### Corredores lineales

Los corredores lineales presentan, además de una de estructura continua, características di- ferenciadas respecto de la matriz territorial que los rodea, de forma que permiten el movi- miento longitudinal de los organismos que hacen uso de ellos.

La mejora de la conectividad ejercida por los corredores lineales se manifiesta a escalas es- paciales muy diversas, ya que existen diferen- tes tipos de estructuras lineales y continuas en función de la escala de análisis. Así, lo que a una escala puede constituir un elemento lineal y homogéneo en el paisaje, a otras escalas de mayor detalle puede desglosarse en un con- junto heterogéneo de teselas o, a escalas más grandes, formar parte de un elemento englo- bante en el que dicho elemento lineal no se di- ferencia por su escasa envergadura respecto de la escala de análisis.

A escala de paisaje, los principales corredores lineales que pueden encontrarse en el territo-



rio se encuentran en la red hidrográfica, con los cauces fluviales y los sistemas riparios formados por bosques y sotos. Asimismo pueden ejercer funciones conectoras para ciertas especies diferentes tramos de la red de vías pecuarias existentes en la Península Ibérica (cañadas, cordeles y veredas). Al mismo tiempo, se identifican estructuras lineales a microescala como setos vivos, muros de piedra, hileras de árboles y pasos transversales aptos para la fauna en infraestructuras viarias. Por último, en ámbitos territoriales y escalas amplias pueden formar configuraciones lineales de hábitat que favorecen la conectividad los sistemas de ladera forestales, los sistemas de ladera peculiares, que mantienen sistemas montaraces y agrarios integrados (DÍAZ PINEDA *et al.* 2002) y las cadenas montañosas en general.

### **Stepping stones o puntos de escala**

Cadenas de fragmentos de hábitat, en ocasiones denominados «trampolines», pueden ejercer una importante función conectora entre localidades demasiado lejanas como para que existan desplazamientos de individuos de ciertas especies entre ellas, al constituir dichos fragmentos lugares de escala intermedia que las especies pueden utilizar para el descanso, la alimentación y/o la reproducción. Las especies potencialmente beneficiarias de estas configuraciones de hábitat como corredores ecológicos son aquellas capaces de atravesar la matriz que separa los puntos de escala. Por lo tanto, deberían contar con una capacidad de desplazamiento lo suficientemente amplia como para no depender de un hábitat continuo o discreto. Así, la mayor parte de las distintas tipologías basadas en estos «trampolines» se relacionan con el movimiento de especies con capacidad de vuelo.

Este tipo de configuraciones de hábitat que pueden originarse a partir de la fragmentación de un corredor de hábitat, de forma que los fragmentos se comporten como una cadena funcionalmente íntegra a pesar de la discontinuidad espacial de sus elementos. En otros casos los puntos de escala están formados por

elementos distantes entre sí en origen, como por ejemplo zonas húmedas dispersas en el paisaje.

En función de la escala espacial de análisis y de los requerimientos de las especies beneficiarias, se pueden diferenciar diversos tipos de elementos que pueden configurar corredores ecológicos sustentados en puntos de paso. Por ejemplo, zonas altas de las elevaciones del relieve para aves subalpinas, o fragmentos de bosque dispersos para aves forestales, son algunos de los elementos que pueden conformar corredores de este tipo. Asimismo, zonas húmedas y puntos de agua pueden ser utilizados como puntos de escala por diversos organismos acuáticos o semiacuáticos.

### **Mosaicos permeables**

Los mosaicos paisajísticos que poseen potencial como áreas de interés conector están en general constituidos por una serie de teselas con diferente grado de intervención humana. Como situación ideal los mosaicos permeables presentan una elevada heterogeneidad y son producto de usos extensivos del suelo como la agricultura, la ganadería y la explotación forestal llevados a cabo mediante prácticas de aprovechamiento seculares, de forma que se asientan preferentemente sobre comarcas con patente implantación de sistemas agrarios de base tradicional (DÍAZ PINEDA *et al.* 2002). La intensificación de las prácticas agrarias y forestales provoca procesos de homogeneización de estos mosaicos, de forma que inciden negativamente sobre su permeabilidad.

Diversos organismos silvestres se desplazan a través del mosaico en base a una relativa tolerancia a los diferentes hábitats que lo componen. Por tanto, desde la perspectiva de estos organismos beneficiarios, estos mosaicos permeables no pertenecen a la tipología de paisajes fragmentados, dado que en éstos la heterogeneidad espacial que presentan incidiría negativamente sobre la conectividad funcional. Otra característica de los mosaicos que actúan como corredores ecológicos es que los

bordes entre las diferentes unidades de hábitat son a menudo graduales.

Los mosaicos permeables juegan un importante papel como zonas de amortiguación y conexión de espacios naturales (PINO *et al.* 2000), en la medida en que la cobertura que en ellos presentan las teselas de hábitats naturales y seminaturales destaca sobre otros espacios de la matriz territorial. En este sentido, la presencia de mosaicos permeables es especialmente interesante para aquellas especies ligadas a hábitats naturales, como los bosques, que poseen capacidad para desplazarse por los mosaicos agroforestales. Paralelamente los mosaicos cumplen una función importante para aquellas especies multihábitat que requieren de recursos de diferentes tipos de teselas. En este caso la función que ejercen los mosaicos no es únicamente la de permitir la conexión entre manchas distantes de un tipo específico de hábitat, sino que pueden llegar a constituir el dominio vital de la especie en su integridad.

Por último, es preciso señalar que, en realidad, los dos tipos estructurales de corredores antes descritos (lineales y puntos de escala) constituyen casos particulares de mosaicos permeables, una vez que se tiene en cuenta la escala de dispersión de la especie, la heterogeneidad del paisaje percibido por ésta, y un concepto funcional de conectividad.

## IMPLEMENTACIÓN EN LA ORDENACIÓN Y GESTIÓN DEL PAISAJE

La toma en consideración tanto de los aspectos funcionales como estructurales expuestos, dentro de los procesos de ordenación y gestión del paisaje, requiere adoptar una visión integrada de ambos y abordar la forma de plasmarla en instrumentos de conservación espacialmente explícitos.

Es preciso plantearse, como punto de partida, qué tipo de corredores ecológicos son preci-

sos en un territorio determinado, considerando la tipología y escala de los desplazamientos requeridos por los taxones y grupos funcionales afectados por problemas de conectividad funcional. Una cuestión fundamental a tener en cuenta a la hora de valorar las necesidades en materia de corredores ecológicos en un territorio determinado son las amplitudes de los desplazamientos requeridos por los taxones y grupos funcionales, dado que ello va a repercutir en la extensión y resolución espacial a la que debe ser realizada dicha valoración, así como, a efectos de planificación y gestión, en las escalas territoriales y administrativas implicadas. Las amplitudes de los desplazamientos están íntimamente relacionadas con la escala de percepción de la heterogeneidad del paisaje por parte de los organismos. En general, escalas detalladas de información son necesarias para analizar especies con escasa movilidad o con preferencia por hábitats homogéneos, dada su sensibilidad en la percepción de la estructura del paisaje, mientras escalas de menor detalle son adecuadas para especies con desplazamientos amplios (SUÁREZ-SEOANE & BAUDRY 2000).

Una clasificación general de los desplazamientos en función de la extensión, que nos parece muy ajustada a criterios relacionados con la necesidad de implementar figuras de conexión, es la propuesta por FOPPEN *et al.* (2000):

- a) Distancias muy cortas: especies que se desplazan entre 0 y 3 km., por ejemplo algunas plantas e invertebrados.
- b) Distancias cortas: especies que se mueven entre 3 y 10 km., como la mayor parte de los micromamíferos y algunas aves.
- c) Distancias medias: especies que se desplazan entre 10 y 30 km., como la mayor parte de medianos mamíferos y aves.
- d) Distancias largas: especies que se desplazan entre 30 y 100 km., como la mayor parte de grandes mamíferos y grandes aves.



e) Distancias muy largas: especies con desplazamientos mayores a 100 km., como los movimientos migratorios de algunas aves y peces y los dispersivos de algunas grandes aves.

Esta clasificación fue utilizada en un ejercicio de diagnóstico para el ámbito europeo sobre las necesidades de taxones sensibles a la fragmentación respecto al establecimiento de corredores ecológicos, cuyos principales resultados se exponen a continuación a modo de ejemplo ilustrativo. De seleccionaron una serie de especies prioritarias respecto a sus necesidades de conectores en el ámbito continental, en función del tipo de corredores que requieren y del rango o escala de movimiento en el que operan. En consonancia con el carácter continental del espacio considerado, las especies que se identificaron realizan desplazamientos de cierta envergadura, dado que los movimientos de corta distancia no son detectables en la escala de análisis.

Así, en relación a la escala de desplazamiento, se consideraron prioritarias las especies móviles a distancias mayores a 30 km que utilizan corredores en sus movimientos migratorios, diarios y de dispersión en un paso, ya que estos corredores presentarían dimensiones similares a las distancias existentes entre manchas de hábitat a nivel continental. Esto se debe a que en un análisis de las distancias medias entre lugares con biotopos CORINE en varios países de Europa central y septentrional, FOPPEN *et al.* (2000) concluyeron que se encuentran entre 13 y 32 km. En el caso de corredores de dispersión con reproducción intermedia, consideraron que las especies móviles a distancias de más de 10 km podrían utilizarlos. En este caso el tamaño máximo del lugar de reproducción lo fijan en 10 ha, dado que atendiendo a las características del paisaje europeo consideran que los corredores de reproducción intermedia y expansión serán efectivos sólo para aquellas especies con unos requerimientos de área para la reproducción relativamente bajos.

La selección de especies necesitadas de corredores a nivel Pan-Europeo la realizaron par-

tiendo de un amplio listado de especies de vertebrados, concretamente de aquellas presentes en la Directiva Aves (Anexo I), la Directiva Hábitats (Anexo II), la Red Esmeralda (Convenio de Berna) y el Convenio de Bonn (Anexo I). Aplicando los criterios citados, destacan los mamíferos (42%) y las aves (34%) como grupos con mayor porcentaje de especies seleccionadas respecto a las de partida, seguidos de los peces (12%) y por último de la herpetofauna (1%), cuya necesidad de corredores se manifiesta en general a escalas de mucho mayor detalle que la continental.

En cuanto a la estructura de los corredores, la mayoritaria es de mosaicos permeables para los mamíferos y de *stepping stones* o puntos de escala en todos los casos para las aves. Respecto a los hábitats preferenciales de las especies de aves y mamíferos necesitadas de corredores a escala Pan-Europea, destacan las forestales y en segundo lugar las ligadas a mosaicos con espacios abiertos. Otros tipos de hábitats que acogen mamíferos y aves necesitadas de corredores son, en orden decreciente, los ecosistemas marinos, los ambientes rupícolas, los cursos fluviales y los humedales. En el caso de los peces, los corredores necesitados en todos los casos son de migración y de estructura lineal, tratándose de especies ligadas a los cursos fluviales.

Como puede comprobarse, la escala continental del estudio expuesto condiciona la detectabilidad de necesidades en materia de corredores ecológicos a otras escalas. Ello es muestra de que las redes de corredores ecológicos deben ser multiescalares, de forma que cubran las necesidades del conjunto de taxones y grupos funcionales sensibles a la fragmentación, cada uno de los cuales percibe la configuración del paisaje a una determinada escala.

A efectos de diseño y planificación, es preciso advertir que los corredores ecológicos pueden plantearse como conectores funcionales necesarios entre distintos tipos de ámbitos espaciales. Dentro de las estrategias de conservación y planes de gestión de especies amenazadas, los corredores habrán de plantearse entre los nú-

cleos de población de un taxón, o entre éstos y zonas aptas desocupadas que pudieran ser colonizadas. Sin perjuicio de lo anterior, desde una perspectiva de mayor integración, los corredores ecológicos pueden diseñarse y planificarse como sectores de la matriz territorial de especial interés conector entre espacios de características ambientales afines, que albergan ciertos grupos funcionales. De esta forma, considerando como nodos entre los cuales garantizar ciertos niveles de conectividad, a los espacios naturales designados por los instrumentos de conservación de la naturaleza, los corredores ecológicos pueden insertarse en la planificación del paisaje como elementos vertebradores de redes ecológicas coherentes, tal y como demanda la anteriormente citada Directiva 92/43/CEE. Desde ambas perspectivas, tanto a nivel de especies como de espacios, el carácter transversal de las políticas de conservación tiene en los corredores ecológicos, en la medida en que éstos sean implementados en los

procesos de toma de decisiones, un pilar fundamental a la hora de incidir sobre las políticas territoriales y sectoriales que modelan la permeabilidad de la matriz territorial.

## AGRADECIMIENTOS

El presente artículo se enmarca dentro del proyecto, financiado por la Dirección de Biodiversidad y Participación Ambiental del Departamento de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio del Gobierno Vasco, para el diseño de la red de corredores ecológicos de la Comunidad Autónoma del País Vasco, encargado a la empresa IKT, S.A. Agradecemos también la ayuda prestada por el Dr. Gabriel del Barrio, de la Estación Experimental de Zonas Áridas del CSIC (Consejo Superior de Investigaciones Científicas).

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALERSTAM, T. 1990. Bird migration. Cambridge University Press, Cambridge.
- BENNETT, A. F. 1999. Linkages in the Landscape. The role of corridors and connectivity in wildlife conservation. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK.
- BOULET, M., GIBBS, H.L. & HOBSON, K.A. 2006. Integrated analysis of genetic, stable isotope and banding data reveal migratory connectivity and flyways in the northern yellow warbler (*Dendroica petechia*). *Ornithological Monographs* 61: 29-78.
- CLOBERT, J., NICHOLS J.D., E. DANCHIN & DHONDT, A. (EDS.) 2001. Dispersal. Causes, consequences and mechanisms of dispersal at the individual, population and community level. Oxford University Press, Oxford.
- CROOKS, K. & SANJAYAN, M. (Eds.) 2006. Connectivity conservation. Cambridge University Press, Cambridge.
- DEL BARRIO, G., SIMÓN, J.C., CUADRADO, A., SANCHEZ, E., RUIZ, E. & GARCÍA, R. (2000): «Aproximación para estimar la conectividad regional de las redes de conservación», en V Congreso Nacional de Medio Ambiente. Comunicaciones Técnicas, Colegio oficial de Físicos, Madrid: 1-17.
- DE LUCIO, J.V., ATAURI, J.A., SASTRE, P. & MARTÍNEZ, C. 2003. Conectividad y redes de espacios naturales protegidos: del modelo teórico a la visión práctica de la gestión, en García Mora, M.R. (coord.) Conectividad ambiental: las áreas protegidas en la cuenca mediterránea. Junta de Andalucía, pp. 29-54.
- DÍAZ PINEDA, F., SCHMITZ, M.F. & HERNÁNDEZ, S. 2002. Interacciones entre infraestructuras y conectividad natural del paisaje. En: Actas del I Congreso de Ingeniería Civil, Territorio y Medio Ambiente, Madrid: 191-214.

- DIVOKY, G.J. & HORTON, M. 1995. Breeding an natal dispersal, nest habitat loss and implications for marbled murrelet populations. USDA Forest Service Technical Report 152: 83-87.
- FAHRIG, L. & MERRIAM, G. 1994. Conservation of fragmented populations. *Conservation Biology* 8: 50-59.
- FAHRIG, L. 2003. Effects of habitat fragmentation on biodiversity. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics* 34: 487-515.
- FOPPEN, R.P.B., BOUWMA, I.M., KALKHOVEN, J.T.R., DIRKSEN, J. & VAN OPSTAL, S. 2000. Corridors of the Pan-European Ecological Network: concepts and examples for terrestrial and freshwater vertebrates. ECNC, Tilburg.
- GALARZA, A. & TELLERÍA, J.L. 2003. Linking processes effects of migratory routes on the distribution of abundance of wintering passerines. *Animal Biodiversity and Conservation* 26: 19-27.
- GREENWOOD, P.J. 1980. Mating systems, philopatry and dispersal in birds and mammals. *Animal Behaviour* 28: 1140-1162.
- HANNAH, L., MIDGLEY, G.F. & MILLAR, D. 2002. Climate change-integrated conservation strategies. *Global Ecology and Biogeography* 11: 485-495.
- HANSSON, B., BENSCHE, S. & HASSELQUIST, D. 2003. Heritability of dispersal in the great reed warbler. *Ecology Letters* 6: 290-294.
- KENDALL, B.E., BJORNSTAD, O. N., BASCOMPTE, J., KEITT, T.H., FAGAN, W.F. 2000. Dispersal, environmental correlation, and spatial synchrony in population dynamics. *American Naturalist* 155: 628-636.
- OLSSON, M. & SHINE, R. 2003. Female-biased natal and breeding dispersal in an alpine lizard, *Niveoscincus microlepidotus*. *Biological Journal of Linnean Society* 79: 277-283.
- PEARSON, R.G. & DAWSON, T.P. 2003. Predicting the impacts of climate change on the distribution of species: are bioclimate envelope models useful? *Global Ecology and Biogeography* 12: 361-371.
- PETERS, R.L. & DARLING, J.D. 1985. The green-house effect and nature reserves. *Bioscience* 35: 707-717.
- PINO, J., RODA, F., RIBAS, J. & PONS, X. 2000. Landscape structure and bird species richness: implications for conservation in rural areas between natural parks. *Landscape and Urban Planning* 9: 5-48.
- PITELKA, L.F. 1997. Plant migration and climate change. *American Scientist* 85: 464-473.
- SUÁREZ-SEOANE, S. & BAUDRY, J. 2002. Scale dependence of spatial patterns and cartography on the detection of landscape change: relationships with species' perception. *Ecography* 25: 499-511.
- SUTHERLAND, G. D. *et al.* 2000. Scaling of natal dispersal distances in terrestrial birds and mammals. *Conservation Ecology* 4: 16.
- TAYLOR P. D., FAHRIG, L., HENEIN, K. & MERRIAM, G. 1993. Connectivity is a vital element of landscape structure. *Oikos* 68: 571- 573.
- THOMAS, C.D. 2000 Dispersal and extinction in fragmented landscapes. *Proceedings of the Royal Society of London B* 267: 139-145.
- VARGAS, J.M. 1992. Un ensayo en torno al concepto de Biogeografía. En Vargas, J.M., Real, R. & Antúnez, A. (Eds.) 1992. *Objetivos y métodos biogeográficos. Aplicaciones en Herpetología. Monografías de Herpetología*, vol. 2. Asociación Herpetológica Española, Valencia.
- WASER, P.M., CREEL, S.R. & LUCAS, J.R. 1994. Death and disappearance: estimating mortality risks associated with philopatry and dispersal. *Behavioral Ecology* 5: 135-141.
- WUETHRIC, B. 2000. How climate change alters rhythms of the wild. *Science* 287: 793-795.

