

Evidencias sobre la eficacia de los corredores ecológicos: ¿Solucionan la problemática de fragmentación de hábitats?

Mikel GURRUTXAGA SAN VICENTE^{1,2} y Pedro J. LOZANO VALENCIA¹

¹ Departamento de Geografía, Prehistoria y Arqueología Universidad del País Vasco

² Departamento de Medio Natural y Sistemas de Información Geográfica IKT, S.A.

Recibido: 12 de abril del 2008

Aceptado: 21 de septiembre del 2008

RESUMEN

Se realiza una revisión del estado de la cuestión con respecto al bagaje científico existente sobre la eficacia de los corredores ecológicos como elementos dirigidos a la conservación de especies en paisajes fragmentados. Previamente se enumeran los efectos potenciales positivos y negativos que pudieran tener los corredores sobre la vida silvestre y se describen las principales dificultades metodológicas que presentan los estudios que tienen como objetivo testar dicha eficacia. Se evidencia la existencia de un nivel probatorio creciente sobre los efectos positivos de corredores ecológicos de características adecuadas en materia de conservación, si bien se espera que aumente significativamente el bagaje científico al respecto en los próximos años. El principio de precaución en materia de conectividad ecológica se torna fundamental dentro de la planificación territorial y sectorial, con el objeto de prevenir la pérdida de funcionalidad de los corredores ecológicos remanentes en el territorio.

Palabras clave: Corredores ecológicos, fragmentación de hábitats, conservación.

Evidences on the efficiency of the ecological corridors:
Do they solve the problematics of fragmentation of habitats?

ABSTRACT

A review of scientific knowledge about the effectiveness of ecological corridors as elements aimed at the conservation of species in fragmented landscapes is conducted. Before, the potential positive and negative effects that corridors might have on wildlife are listed and the main methodological difficulties that show the studies that aim to test that effectiveness are described. It is clear that there is a growing level of evidence about the positive effects of ecological corridors of appropriate characteristics in terms of conservation, although it is expected that the scientific knowledge in this regard increase significantly in the coming years. The precautionary principle in the field of ecological connectivity becomes crucial in landscape planning, in order to prevent the loss of function of ecological corridors remaining in the territory.

Keywords: Ecological corridors, habitat fragmentation, conservation.

Des évidences de l'efficacité des coureurs écologiques: résolvent-ils(elles) la problématique de fragmentation d'habitats?

RÉSUMÉ

On réalise une révision de l'état de la question à l'égard du bagage scientifique existant sur l'efficacité des corridors écologiques, comme des éléments dirigés à la conservation d'espèces dans des paysages fragmentés. Au préalable on énumère les effets potentiels positifs et négatifs que peuvent avoir les corridors sur la vie sauvage et on décrit les difficultés principales méthodologiques que présentent les études qui ont pour but tester la dite efficacité. Bien que les effets positifs des corridors écologiques adéquats sont évidents, on s'attend que le bagage scientifique à ce sujet augmente significativement dans les prochaines années. Le principe de précaution en matière de connectivité écologique devient fondamental dans la planification territoriale et sectorielle, afin de prévenir la perte de fonctionnalité des corridors écologiques rémanents dans le territoire.

Mots clé: Corridors écologiques, fragmentation d'habitats, conservation.

SUMARIO: 1. Introducción. 2. Efectos potenciales de los corredores ecológicos. 3. Dificultades metodológicas para la obtención de evidencias. 4. Evidencias sobre efectos positivos. 5. Evidencias sobre efectos negativos. 6. Conclusiones. 7. Agradecimientos. 8. Bibliografía.

1. INTRODUCCIÓN

La modificación de la estructura y composición del paisaje da lugar a una larga serie de repercusiones ambientales y territoriales, afectando al funcionamiento y extensión de los ecosistemas, a la composición de las comunidades biológicas y a la dinámica de las poblaciones. En este sentido, la fragmentación y homogeneización del paisaje constituyen los principales procesos de la dinámica reciente en una gran parte de la superficie emergida del planeta. Son precisamente los hábitats naturales y los agroecosistemas extensivos los que mayores procesos de reducción y pérdida de calidad ambiental han sufrido. Por ello, la comunidad científica apunta a los procesos de reducción y fragmentación de estas unidades, conformadas por hábitats naturales o seminaturales, por paisajes poco alterados o de intervención intermedia, como una de las causas fundamentales de pérdida de biodiversidad.

Así, los procesos de fragmentación de hábitats causan problemas de inviabilidad a numerosas especies silvestres en paisajes humanizados. Las poblaciones de especies afectadas por su sensibilidad a los procesos de fragmentación, además de verse mermadas por la reducción del hábitat del que dependen, deben afrontar la dificultad añadida de atravesar espacios transformados de la matriz territorial que les son hostiles para moverse entre las teselas con recursos. Dentro de su dominio vital, un taxón dado 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 interpoblacional, y con los que eventualmente ocupar territorios adecuados en los que asentarse.

Se define como corredor ecológico, aquel ámbito territorial cuya función primordial es la de conectar dos o más sectores con características ambientales similares, de forma que resulte transitable y sirva como conducto a los desplazamientos de la biota. De esta manera, los corredores ecológicos se corresponden con sectores de la matriz territorial que presentan un especial interés para mantener la conectividad ecológica, entendida como la capacidad del territorio para permitir los desplazamientos de las especies silvestres entre las teselas con recursos (Taylor et al., 1993). Las características de un corredor vendrán determinadas, en gran medida, por los requerimientos ecológicos y la capacidad de desplazamiento del taxón o taxones cuya movilidad pretende garantizar. Los corredores pueden plantearse, fundamentalmente, entre los núcleos de población de un taxón, entre éstos y zonas aptas desocupadas o, desde una perspectiva de mayor integración, entre espacios de características ambientales similares que albergan grupos funcionales de especies con análoga ecología espacial.

En los últimos tiempos la conectividad ecológica se configura como uno de los temas de discusión más prolijo y apasionante en el marco de la actual crisis de biodiversidad, de manera que existe una importante producción científica al respecto. En cualquier caso, al ser un tema relativamente novedoso, muestra opiniones e hipótesis contrapuestas. De hecho, la eficacia de los corredores ecológicos para contrarrestar los efectos negativos de los procesos de fragmentación de hábitats es un asunto de debate dentro de la comunidad científica, al menos en términos de coste-beneficio en relación a otras estrategias de conservación.

Por ello se realiza una revisión profunda que analice los pros y contras, dentro de la temática relacionada con la conectividad ecológica. En primer lugar se indican los diversos efectos potenciales que los corredores ecológicos pudieran tener en relación a la conservación de la vida silvestre, para después analizar las evidencias y lagunas existentes sobre su eficacia.

2. EFECTOS POTENCIALES DE LOS CORREDORES ECOLÓGICOS

Se han identificado los posibles efectos positivos y negativos que los corredores ecológicos pudieran tener (Noss 1993; McEuen 1993; Bennett 1999).

Los potenciales efectos beneficiosos identificados son los siguientes:

- a) Facilitan los desplazamientos de la fauna a través de paisajes transformados.
- b) Benefician a gran diversidad de especies, como las que presentan grandes áreas de campeo, las migratorias o las multihábitat.
- c) Aumentan las tasas de inmigración de individuos de especies sensibles a la fragmentación en los fragmentos de hábitat.
- d) Disminuyen el aislamiento de las poblaciones locales.
- e) Favorecen así el intercambio genético interpoblacional y la variabilidad genética, al tiempo que previenen fenómenos de endogamia y deriva genética.
- f) Facilitan la suplementación de poblaciones pequeñas en declive, de forma que se frenan las tendencias a la extinción local.

- g) Permiten la recolonización de hábitats y el restablecimiento de poblaciones tras episodios de extinción local.
- h) Favorecen el mantenimiento de mayor riqueza y diversidad de especies nativas en los fragmentos de hábitat.
- i) Proveen de hábitat, refugio y otros recursos necesarios a numerosas especies silvestres.
- j) Aumentan la diversidad paisajística.
- k) Enriquecen texturalmente la matriz territorial.

Al mismo tiempo, como posibles efectos negativos, se apuntan los siguientes:

- a) Sirven de conducto para los movimientos de especies oportunistas, taxones introducidos por el hombre y de enfermedades, parásitos y plagas, facilitando su propagación a través del paisaje y su acceso a los fragmentos de hábitat. Esto perjudica a las especies nativas, especialmente a aquellas sensibles a la fragmentación, debido a que se incrementa la competencia interespecífica y la incidencia de perturbaciones sobre el hábitat procedentes del exterior.
- b) Impiden adaptaciones locales por aislamiento, al favorecer el intercambio genético y dificultar los fenómenos de deriva genética.
- c) Favorecen la hibridación de formas taxonómicas diferenciadas.
- d) Facilitan la propagación de incendios y otras perturbaciones abióticas entre diferentes manchas de hábitat.
- e) Dotan de hábitat, refugio o alimentación a especies perjudiciales.
- f) Si el corredor es frecuentado por depredadores procedentes de la matriz o asociados a hábitats de borde, las especies sensibles que potencialmente se desplazan por él pueden ver incrementada su exposición a los mismos y por tanto sus tasas de mortalidad por depredación verse, de la misma manera, aumentadas.
- g) Pueden ser habitados por especies que dañan los cultivos, con el consiguiente rechazo de los productores agropecuarios.
- h) Aumentan la exposición al furtivismo de las especies que los utilicen, ya que pueden tender a seguir rutas relativamente fijas.
- i) Sincronizan las fluctuaciones demográficas entre las poblaciones conectadas, dificultando su regulación natural.

3. DIFICULTADES METODOLÓGICAS PARA LA OBTENCIÓN DE EVIDENCIAS

A pesar de que la complejidad del paisaje dificulta obtener resultados claros en los experimentos sobre los efectos ecológicos de la fragmentación (Debinski y Holt 2000; McGarigal y Cushman 2002), las consecuencias negativas de la compartimentación del hábitat sobre las especies asociadas a él no plantean, en general, dudas a tenor de los estudios científicos que se han realizado al respecto (Fahrig y Merriam 1994). En cambio, las pruebas existentes sobre el valor de los corredores ecológicos para la conservación de poblaciones fragmentadas pueden resultar no significativas o no concluyentes, ya que los resultados de los estudios que se realizan al respecto dependen de diversos factores: grado de idoneidad de la metodología utilizada, am-

plitud del periodo de estudio, envergadura y calidad del corredor, composición de la comunidad biológica del entorno, etc.

De esta forma, en los estudios sobre la utilidad y la eficacia de los corredores en la conservación de especies sensibles a la fragmentación, existen diversos factores limitantes que condicionan la obtención de datos empíricos fiables relativos al objeto de estudio en cada caso. En general, estos estudios tratan de corroborar, bajo la hipótesis de que la presencia de corredores es beneficiosa para la pervivencia local de una especie, que los individuos que viven en un territorio fragmentado utilizan los corredores para desplazarse de un sector a otro, mientras que en el escenario en que no existen tales corredores los movimientos son tan escasos que no influyen positivamente en las poblaciones.

Un primer factor limitante destacable es la falta de programas de seguimiento antes y después del establecimiento del corredor que abarquen periodos de tiempo suficientemente largos para comprobar tanto el uso de los mismos por los individuos en sus desplazamientos como la dinámica poblacional de la especie objeto de estudio.

Un segundo factor limitante a reseñar es la elección de contextos adecuados para el estudio de la eficacia real de los corredores. Un enfoque habitual es estudiar la distribución y abundancia de las especies en relación a la configuración del paisaje o relacionar la riqueza y composición de comunidades con la estructura del paisaje. Los resultados obtenidos en este tipo de estudios en ocasiones se infieren a la estimación de la conectividad funcional o la permeabilidad del paisaje. De este modo, tienen un valor limitado y una difícil interpretación aquellos estudios que se basan en índices de presencia/ausencia o de riqueza de organismos en diferentes condiciones con fragmentos de hábitat más o menos conectados. Por ejemplo, si estos estudios evalúan la riqueza de especies de la comunidad que habita los fragmentos en diferentes condiciones, comprueban un incremento areal de la distribución, o comparan las características demográficas de poblaciones de una misma especie sometidas a las distintas condiciones, no se podrán establecer conclusiones directas del uso de los corredores por los organismos para moverse entre fragmentos. Esto se debe a que los parámetros poblacionales o comunitarios evaluados pueden estar influenciados por una gran variedad de factores más allá de la presencia o ausencia de corredores. El tamaño de los fragmentos, las características de los espacios que los separan, las dinámicas del paisaje en el pasado, la densidad de población de partida de la especie, las características biogeográficas de las zonas y especies de estudio, etc. en los diferentes territorios a comparar pueden condicionar, en gran medida, los resultados de este tipo de estudios.

En cambio, presentan mayor rigor los estudios experimentales centrados en una misma área de estudio y dirigidos a comprobar mediante replicación las variaciones en el comportamiento de los individuos y en la dinámica poblacional con presencia y ausencia de corredores.

Un tercer factor limitante es la selección de las especies objeto de estudio, dado que sus requerimientos ecológicos resultan determinantes de cara a comprobar la eficacia real de los corredores. En este sentido, las investigaciones deben priorizar el seguimiento de aquellas especies sensibles a la fragmentación y que por tanto requieren de ciertas estructuras de hábitat para desplazarse, dado que los taxones generalistas no reaccionan a los corredores. Otro factor crítico en relación a la efi-

ciencia de un corredor es la capacidad dispersiva de la especie beneficiaria en relación a la longitud del mismo, de forma que si son necesarias varias generaciones para acceder de un extremo a otro (desplazamiento multi-generacional) el corredor debe dar soporte a la reproducción de la especie.

El enfoque más directo para el estudio de la eficacia de los corredores es aquel referido a testar su papel conductor de los desplazamientos de organismos sensibles a la fragmentación. Para obtener conclusiones válidas los estudios dirigidos a situar los desplazamientos deben documentar que los corredores son utilizados como vías preferenciales de movimiento por los individuos, de forma que se ha de registrar una frecuencia de los desplazamientos significativamente mayor por medio de los corredores que a través de la matriz. Así, las investigaciones que se limitan a demostrar la presencia de individuos en los corredores, sin documentar desplazamientos preferenciales a través de las mismas, no tienen interés probatorio. Por ello, dentro de los estudios sobre el uso preferencial de los corredores para el desplazamiento de organismos silvestres, tienen un valor probatorio significativo aquellos estudios de seguimiento espacial de individuos mediante radio-tracking u otras técnicas análogas que documentan una preferencia clara de los animales a utilizar ciertos elementos conectores del paisaje para desplazarse a través de una matriz inhóspita o una barrera dada.

No obstante, el análisis directo de la movilidad de las especies en el paisaje no es único método probatorio sobre la eficacia de los corredores. Mediante las técnicas de la Genética del Paisaje (Manel *et al.* 2003), disciplina que aplica métodos moleculares al análisis genético de poblaciones fragmentadas, puede deducirse la conectividad funcional en base a datos indirectos. Así, dependiendo de la estructura genética de los individuos de diferentes poblaciones puede deducirse si la conectividad funcional ha aumentado, ha disminuido o se mantenido estable (Keyghobadi *et al.* 2005, Broquet *et al.* 2006). Esto se debe a que el grado de intercambio de individuos juveniles dispersantes –o de semillas en el caso de las plantas-, el cual depende de la permeabilidad de la matriz territorial en la que se insertan las poblaciones, regula los niveles de flujo génico entre éstas. Así, los métodos moleculares abren una vía de estudio de gran potencial, no sólo para evaluar el grado de desconexión que muestran, a día de hoy, determinadas poblaciones y taxones, sino para realizar seguimientos en el tiempo (Gómez-Moliner *et al.* 2007).

Según los estudios realizados, existen una serie de factores que influyen de manera decisiva sobre la eficacia de los corredores para las diferentes especies. La calidad de hábitat –a menudo relacionada con el tamaño de las teselas de hábitat-, la configuración espacial del corredor –anchura, longitud, estructura interna-, la cobertura del hábitat fragmentado y las características de la matriz periférica son los principales factores que influyen al respecto (Harrison 1992, Rosenberg *et al.* 1997, King y With 2002). La calidad de los fragmentos y la composición de la matriz pueden actuar de manera antagónica o sinérgica modelando la conectividad, de forma que no se deben confundir ambas variables (Haynes y Cronin 2004).

En general, el efecto borde de la matriz sobre los corredores es mayor cuanto menor es la anchura del mismo. Los corredores pueden inhibir los movimientos de las especies sensibles a la fragmentación si no tienen una cierta anchura y los que presentan una longitud excesiva tienen menos probabilidades de cumplir su función conectora, sobre todo si la especie beneficiaria no cría en el mismo (Wilson y Lin-

dermayer 1995). A los corredores rodeados de una matriz de cierta calidad o de usos extensivos que funcionan como áreas de amortiguación se les asocia una mayor eficacia conectora (Harrison 1992, Rosenberg *et al.* 1997).

4. EVIDENCIAS SOBRE EFECTOS POSITIVOS

En general, los estudios realizados sobre la eficacia de los corredores sugieren que éstos tienen efectos positivos o neutros sobre el movimiento de los animales o el tamaño de sus poblaciones. Otros estudios resultan inconclusos, debido a metodologías inadecuadas. No obstante, del conjunto de estudios experimentales realizados cabe concluir que los corredores son en general más efectivos, facilitando el movimiento y aumentando el tamaño poblacional de los taxones especialistas de hábitat, precisamente aquellos más sensibles a la fragmentación.

En una revisión de 32 estudios sobre movimientos de animales a través de corredores realizados hasta 1997, Beier y Noss (1998) observaron que aquellas investigaciones con adecuado diseño metodológico concluyeron que los corredores resultaban beneficiosos para la conservación de las especies analizadas en cada caso.

Las mayores dudas existentes entre los científicos atañen al grado de validez atribuible a extrapolar las conclusiones obtenidas en estudios experimentales sobre el uso de los corredores en condiciones determinadas, a la definición de la forma de actuar en la práctica conservacionista en situaciones reales diversas. En este sentido, Beier y Noss (1998) son escépticos acerca de la relevancia de los experimentos controlados y replicados sobre movimientos animales a través de corredores artificiales en la toma de decisiones en paisajes reales. En cambio, Haddad *et al.* (2000) hacen especial hincapié en que la combinación de investigaciones en paisajes experimentales y de estudios de observación en condiciones reales es la mejor fuente para la obtención de evidencias sobre el valor para la conservación de los corredores.

Respecto a la elección de escalas y especies de estudio adecuadas, Beier y Noss (1998) atribuyen una importancia fundamental a aquellos estudios referidos a taxones sensibles a la configuración del hábitat a grandes escalas, como grandes vertebrados con extensas áreas de campeo, en detrimento de aquellos referidos a especies que operan a escalas locales. El argumento que utilizan es que la planificación sistémica e integrada del territorio requiere la consideración de variables a escala regional y por tanto de “especies paraguas” cuyo dominio vital incluya el ecosistema a conservar en su conjunto. De esta forma, las especies más exigentes por sus mayores rangos de desplazamiento y sus procesos dispersivos de mayor entidad estarán garantizando las condiciones óptimas para taxones con desplazamientos o necesidades de conexión más reducidas.

Mientras, Haddad *et al.* (2000) reivindican la validez demostrativa de los estudios realizados a todas las escalas a las que operan las especies sensibles a la fragmentación, por pequeñas que sean dichas escalas. Esta otra visión parecería más adecuada, de manera que, por ejemplo, al diseñarse corredores a una escala regional, no deberá obviarse otra escala de trabajo menor aunque con una gran importancia: la local. Este diseño múltiple comprendería otras escalas supraregionales e incluso continentales, de forma que los corredores ecológicos se articulen en redes multiescalares.

Posteriormente Haddad y Tewksbury (2006) realizan una nueva revisión de los resultados obtenidos sobre la eficacia de los corredores en 15 estudios experimentales realizados entre 1977 y 2003. Observan que parte de los estudios documentan la eficacia de los corredores aumentando las tasas de movimiento o de intercambio genético, mientras otros presentan resultados neutros, sin obtener evidencias del papel conductor de los corredores. Ningún estudio demuestra que los corredores hagan decrecer las tasas de movimiento de las especies estudiadas.

4.1. EVIDENCIAS SOBRE EFECTOS POSITIVOS EN PLANTAS

Mención aparte merecen las investigaciones sobre el papel de los corredores en la dispersión de especies vegetales. Existen pocas evidencias sobre la utilización de los corredores por las plantas (Noel *et al.* 2006). No obstante, se ha considerado oportuno recoger este punto dentro del presente trabajo puesto que, aunque escasos, los trabajos dedicados a esta temática en relación a comunidades vegetales presentan a nuestro juicio una especial relevancia, por constituir éstas soportes vitales de las diferentes comunidades zoológicas.

Las plantas se dispersan por el viento (anemocoria), el agua (hidrocoria) o los animales (zoocoria), siendo las especies cuyas semillas presentan esta última forma de dispersión las más estudiadas en relación a la influencia de los corredores en su dinámica poblacional.

Así, los organismos que se alimentan del polen o el néctar de las flores juegan un papel importante en la reproducción de especies vegetales. Ciertas especies de insectos, aves y murciélagos que transportan el polen pueden utilizar corredores como vías preferenciales de movimiento, favoreciendo la polinización y la consiguiente fecundación de los óvulos estigmáticos de plantas que de otra manera podrían tener dificultades para producir frutos y semillas. No obstante, las densidades de polinizadores en Europa y Norteamérica está inversamente relacionada con la proporción de superficie destinada a la agricultura (Dale *et al.* 2000). Esto se debe presumiblemente a que la conversión del suelo a usos agrícolas y urbanos reduce la biomasa de plantas nativas que utilizan los polinizadores. Paralelamente, la fragmentación del hábitat y el uso de pesticidas pueden reducir o eliminar las poblaciones de polinizadores (Dale *et al.* 2000).

Además, los animales que se alimentan de frutos transportan semillas que depositan de nuevo en el suelo mediante los excrementos. Así, en la medida en que ciertas especies frugívoras utilizan corredores ecológicos para desplazarse, la expansión de las plantas cuyas semillas ingieren podría verse favorecida. En este sentido, las aves frugívoras y los mamíferos hervíboros destacan por su potencial dispersor de semillas. Tanto más si se tiene en cuenta que a través de procesos de coevolución, muchos de los frutos de estas especies zoocoras deben pasar indefectiblemente por el tracto digestivo de sus dispersores para poder lograr porcentajes aceptables de germinación.

De esta manera, si bien las especies de fauna son predominantemente utilizadas en los estudios de conectividad, la dispersión y dinámica espacial de las plantas son asimismo analizadas en diversas investigaciones en relación con la estructura del paisaje.

Por ejemplo, la utilización preferencial de los setos por animales que se alimentan de frutos de árboles propios del bosque para desplazarse fuera de éste conlleva una mayor dispersión de sus semillas en paisajes con setos que en campos abiertos (Burel y Baudry 1990).

Tewksbury *et al.* (2002), por su parte, probaron en Carolina del Sur (EEUU) la eficacia de un corredor herbáceo utilizado preferencialmente por ciertas especies de insectos y aves de espacios abiertos para desplazarse entre claros de bosque en la polinización de individuos femeninos de la planta *Ilex verticillata* y en la dispersión de semillas de las especies *Ilex vomitoria* y de *Myrica cerifera*. Plantando ejemplares masculinos de *Ilex verticillata* en un claro de bosque central e individuos femeninos en sendos claros de bosque (uno aislado y otro conectado al primero mediante un corredor herbáceo), comprobaron que la proporción de flores de *Ilex verticillata* que produjeron frutos fue significativamente mayor en el claro conectado. Asimismo semillas de los individuos de *Ilex vomitoria* y de *Myrica cerifera* plantados en el fragmento central fueron preferentemente halladas en el claro conectado por el corredor, ya que las especies que consumieron frutos de dichas plantas alcanzaron en mayor medida dicho claro que aquel separado por la cobertura boscosa.

En cuanto al papel del agua como vector de dispersión de semillas, Kirchner *et al.* (2003) y Noel *et al.* (2006) comprobaron en el bosque de Fontainebleau (Francia) que las poblaciones de *Ranunculus nodiflorus*, especie vegetal amenazada asociada a estanques, conectadas ocasionalmente por corredores inundados, presentan menor diferenciación genética gracias a la dispersión de semillas a través de éstos. Por ello, atribuyen a los corredores inundados un papel de vital importancia en la persistencia de las metapoblaciones de esta planta.

Otra evidencia sobre el valor de los corredores en la conservación de especies vegetales, esta vez realizado a nivel de comunidad, es la obtenida por Damschen *et al.* (2006). Realizaron un seguimiento de diversos claros en una matriz de *Pinus palustris* durante cinco años y observaron que los claros conectados mediante corredores herbáceos presentan una riqueza específica de especies nativas mayor que los aislados, de forma que la diferencia se acrecienta con el paso del tiempo.

5. EVIDENCIAS SOBRE EFECTOS NEGATIVOS

Por otro lado, los estudios encaminados a demostrar los efectos negativos que los corredores ecológicos pueden provocar han tenido muy escaso desarrollo (Hess 1996), mientras los que se han realizado para comprobar su eficacia como conducto de desplazamientos bióticos no han arrojado en ningún caso resultados negativos, a lo sumo neutros (Beier y Noss 1998, Haddad y Tewksbury 2006).

Existen evidencias de que la presencia o frecuentación de estructuras de interés conector de baja calidad en las que predominan los hábitats de borde por especies oportunistas y/o exóticas puede repercutir negativamente sobre el uso que potencialmente realizan de ellas ciertas especies nativas sensibles. Éstas se ven perjudicadas por el consiguiente incremento de las tasas de predación o de la competencia interespecífica (Heneim y Merriam 1990). Este es el caso de la rata negra (*Rattus rattus*),

especie introducida en Australia cuya frecuentación de los corredores que utiliza la rata nativa *Rattus fuscipes* para desplazarse entre fragmentos de bosque perjudica esta actividad (Downes *et al.* 1997).

Por otro lado, Hess (1996) advirtió, mediante un modelo de simulación epidemiológico aplicado sobre metapoblaciones, del riesgo de incremento del movimiento de individuos entre poblaciones en presencia de una enfermedad fatal que se transmite por contacto entre individuos. Para la enfermedad modelada, un paisaje de parches conectados por corredores sufre menos extinciones de la metapoblación que en un paisaje de parches aislados. Sin embargo, los resultados sugieren que, dentro de un rango de condiciones restringidas, los corredores pueden incrementar dramáticamente la probabilidad de la extinción de la metapoblación. Esto ocurre cuando la mortalidad debida a la enfermedad es lo suficientemente baja como para permitir que individuos infectados difundan la enfermedad, pero suficientemente alta como para reducir los niveles de la población, de forma que eventos demográficos y ambientales al azar causen frecuentes extinciones de la metapoblación.

6. CONCLUSIONES

A la vista de todo lo anterior y, a modo de recapitulación, se recogen las principales conclusiones obtenidas a partir del análisis detallado de todos los trabajos referenciados anteriormente con respecto a la idoneidad o no de diseñar, implementar y mantener corredores biológicos.

A pesar de la evidencia de que, dependiendo de las características de la especie considerada y de la configuración y el contexto paisajístico en que se ubica el corredor, éste puede tener los efectos deseados o no tenerlos, el principio de precaución hace asumir a la comunidad científica la necesidad de preservar los corredores funcionales existentes en el territorio, de manera que, en la medida en que sea posible y allí donde se hayan degradado, deban ser restaurados. Así, los criterios de mantenimiento y restauración de la conectividad ecológica en el territorio se integran de manera paulatina en las políticas de conservación en el contexto internacional, de forma que existe también un elevado consenso entre gestores y técnicos sobre su necesidad (Rientjes y Roumelioti 2003).

Al mismo tiempo, existen opiniones escépticas sobre la aplicabilidad de los criterios de conectividad en la práctica de la conservación, fundamentadas en factores limitantes como la escasez de información de base necesaria sobre parámetros ecológicos de las especies, el alto costo económico y político de su implementación, o la dificultad de obtener evidencias claras sobre su eficacia (Boitani 2006).

Sin embargo, se ha detectado que existe un cuerpo de evidencias sustancial y en crecimiento a partir de la práctica de la conservación de que las conexiones pueden tener efectos de conservación positivos sobre la viabilidad de poblaciones de especies fragmentadas. Así, en un estudio de diversas experiencias, Bennett (2004) observó que la protección, refuerzo, restauración o creación de una conexión resultó la opción de conservación más eficaz en cuanto a costo-beneficio, y en muchos casos la única opción disponible para lograr un determinado objetivo de conservación.

Las líneas de investigación dirigidas a determinar las necesidades mínimas y a comprobar la eficacia de los corredores ecológicos, de cara a la prevención y corrección de la problemática de la fragmentación, se enfrentan a dificultades metodológicas diversas. Una de las más importantes es la necesidad de contemplar periodos temporales lo suficientemente amplios como para detectar ciertos procesos y obtener conclusiones significativas.

Si bien las evidencias obtenidas sobre la eficacia de los corredores ecológicos en la conservación hasta el momento no llegan a conformar un bagaje científico tan elevado como las líneas de investigación referidas a comprobar los efectos de fragmentación de hábitats sobre la dinámica de poblaciones, el número y calidad de los trabajos experimentales va en aumento y cabe esperar que durante la próxima década se obtengan importantes avances en el conocimiento de aspectos como las dimensiones y características mínimas de los corredores para las diferentes especies, la posible incidencia de efectos negativos derivados de la restauración de la conectividad, la relación costo-beneficio de las inversiones realizadas para favorecer la conectividad, etc.

7. 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).

8. BIBLIOGRAFÍA

- BEIER, P. Y NOSS, R. F. (1998): Do habitat corridors provide connectivity? *Conservation Biology* 12: 1241-1252.
- BENNETT, A. F. (1999): Linkages in the Landscape. The role of corridors and connectivity in wildlife conservation. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK.
- BENNETT, G. (2004): Integrating biodiversity conservation and sustainable use: lessons learned from ecological networks. IUCN Commission on Ecosystem Management & Syzygy.
- BOITANI, L. (2006): Ecological networks: a theoretical paradigm in ecology or an operational tool in conservation? 1st European Congress of Conservation Biology, Eger (Hungary) 22-26 August 2006.
- BROQUET, T.; JOHNSON, C. A.; PETIT, E.; THOMPSON, I.; BUREL, F. Y FRYXELL, J. M. (2006): Dispersal and genetic structure in the American marten, *Martes americana*. *Molecular Ecology* 15: 1689-1697.
- BUREL, F. Y BAUDRY, J. (1990): Hedgerow networks as habitat for colonization of agricultural land. En R.H.G. Bunce y D.C. Howard. *Species dispersal in agricultural environments*. Belhaven Press, Lynton: 238-255.

- DALE, V. H.; BROWN, S.; HAEUBER, R. A.; HOBBS, N. T.; HUNTLY, N.; NAIMAN, R. J.; RIEBSAME, W. E.; TURNER, M. G. Y VALONE, T. J. (2000): Ecological principles and guidelines for managing the use of land. *Ecological Applications* 10: 639-670.
- DAMSCHEN, E. I.; HADDAD, N. M.; ORROCK, J. L.; TEWKSBURY, J. J. Y LEVEY, D. J. (2006): Corridors increase plant species richness at large scales. *Science* 313: 1284-1286.
- DEBINSKI, D. M. Y HOLT, R. D. (2000): A survey and overview of habitat fragmentation experiments: a global survey and overview. *Conservation Biology* 14: 342-355.
- DOWNES, S. J.; HAMDASYDE, K. A. Y ELGAR, A. (1997): Variation the use of corridors by introduced and native rodents in south-eastern Australia. *Biological Conservation* 82: 379-383.
- FAHRIG, L. Y MERRIAM, G. (1994): Conservation of fragmented populations. *Conservation Biology* 8: 50-59.
- GÓMEZ-MOLINER, B. J.; RUIZ, A.; MADEIRA, M. J.; LOZANO, P. Y GURRUTXAGA, M. (2007): Estudio de la conectividad del paisaje mediante métodos moleculares aplicados sobre mustélidos forestales. En Libro de resúmenes del I Congreso Nacional de Biodiversidad, Segovia 12-14 Noviembre 2007: 30.
- HADDAD, N. M.; ROSENBERG, D. K. Y NOON, B. R. (2000): On experimentation and the study of corridors: response to Beier and Noss. *Conservation Biology* 14: 1543-1545.
- HADDAD, N. M. Y TEWKSBURY, J. J. (2006): Impacts of corridors on populations and communities. En K. CROOKS, K. Y SANJAYAN, M. (Eds.) *Connectivity Conservation*. Cambridge University Press, Cambridge.
- HARRISON, R. L. (1992): Towards a theory of inter-refuge corridor design. *Conservation Biology* 6: 293-295.
- HESS, G. R. (1996): Disease in metapopulation models: implications for conservation. *Ecology* 77: 1617-1632.
- HENEIN, K. Y MERRIAM, G. (1990): The elements of connectivity where corridor quality is variable. *Landscape Ecology* 4: 157-170.
- KEYGHOBADI, N.; ROLAND, J. Y STROBECK, C. (2005): Genetic differentiation and gene flow among populations of the alpine butterfly, *Parnassius smintheus*, vary with landscape connectivity. *Molecular Ecology* 14: 1897-1909.
- KING, A. W. Y WITH, K. A. (2002): Dispersal success on spatially structured landscapes: when do dispersal pattern and dispersal behavior really matter? *Ecological Modelling* 147, 23-39.
- KIRCHNER, F.; FERDY, J. B.; ANDALO, C.; COLAS, B. Y MORET, J. (2003): Role of corridors in plant dispersal: an example with the endangered *Ranunculus nodiflorus*. *The Journal of the Society for Conservation Biology* 17: 401-410.
- MCEUEN, A. (1993): The wildlife corridor controversy: a review. *Endangered Species Update* 10: 1-7.
- MCGARIGAL, K. Y CUSHMAN, S. A. (2002): Comparative evaluation of experimental approaches to the study of habitat fragmentation studies. *Ecological Applications* 12: 335-345.
- NOEL, F.; PORCHER, E.; MORET, J. Y MACHON, N. (2006): Connectivity, habitat heterogeneity, and population persistence in *Ranunculus nodiflorus*, an endangered specie in France. *New Phytologist* 169: 71-84.

- NOSS, R. F. (1993): Wildlife corridors. En: Smith, D.S. y Hellmond, P.C. (eds) Ecology of greenways. Design and function of linear conservation areas. University of Minnesota Press, Minneapolis: 43-68.
- RIENTJES, S. Y ROUMELIOTI, K. (2003): Support for ecological networks in European nature conservation: an indicative social map. ECNC Technical report series. ECNC, Tilburg, The Netherlands.
- ROSENBERG, D. K.; NOON, B. R. Y MESLOW, E. C. (1997): Biological corridors: form, function and efficacy. *Bioscience* 47: 677-687.
- TAYLOR P. D.; FAHRIG, L.; HENEIN, K. Y MERRIAM, G. (1993): Connectivity is a vital element of landscape structure. *Oikos* 68: 571- 573.
- TEWKSBURY, J. J.; LEVEY, D. J.; HADDAD, N. M.; SARGENT, S.; ORROCK, J.L.; WELDON, A.; DANIELSON, B.J.; BRINKERHOFF, J.; DAMSCHEN, E. I. Y TOWNSEND, P. (2002): Corridors affect plants, animals, and their interactions in fragmented landscapes. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 99: 12923-12926.
- WILSON, A. M. Y LINDENMAYER, D. B. (1995): The role of wildlife corridors in the conservation of biodiversity: a review. National Corridors of Green Program, Australia.