

Conectividad ecológica y vías de transporte

Santiago Saura ¹
Mikel Gurrutxaga ²
y María Cruz Mateo ¹

¹ Universidad Politécnica de Madrid

² Universidad del País Vasco



Esquema de la presentación

- Conectividad ecológica: concepto e importancia.
- Efectos de las vías de transporte sobre la conectividad.
- Metodologías para la evaluación a escala territorial del efecto barrera y las prioridades de permeabilización.
- Ejemplos de aplicación
 - Documento nº 6 Ministerio
 - Otros en España.
- Conclusiones

Conectividad ecológica

- Grado en que el territorio facilita el movimiento de las especies entre diferentes zonas de hábitat.
- Fundamental para la conservación de la biodiversidad:
 - Mitigar efecto de la fragmentación de los hábitats.
 - Flujo y diversidad genética, evitar depresión por endogamia.
 - Adaptación al cambio climático y usos del suelo: reajuste en áreas de distribución.
 - Persistencia de las especies.
- La intensa modificación humana del territorio impone fuertes limitaciones a la conectividad ecológica para muchas especies.



Vías de transporte y conectividad

- Gran extensión (y expansión reciente): 200.000 km de vías de transporte en España (0,4 km de vía por km² de superficie) *.
- 50% del territorio a menos de 1 km y 96% a menos de 5 km de una vía de transporte (excluidas pistas) *.
- Uno de los principales impactos sobre la biodiversidad.

* Según Base Cartográfica Numérica 1:200.000 del IGN



Efectos de las vías sobre la biodiversidad

- Pérdida de calidad de hábitat y reducción de efectivos poblacionales en el entorno de la vía.
 - Hasta 1 km para aves, hasta 5 km para mamíferos (Benítez-López et al. 2010)
- Mortalidad por atropellos: disminución tamaño poblaciones y riesgo seguridad vial.
 - Especies más sensibles: reptiles, anfibios, mamíferos...
- Efecto barrera (total o parcial) -> Impacto sobre la conectividad.
 - Sus efectos se pueden extender mucho más allá del entorno de la vía -> necesidad de una evaluación a escala territorial.

Efectos dependen de especies y tipos de vías.

Efectos interactúan y presentan sinergias, pero son diferentes, e.g.:

- *Puede haber mortalidad y no problema de conectividad (cruces >> atropellos).*
- *Puede no haber mortalidad y no haber conectividad.*
- *Mortalidad es un problema para poblaciones escasas (e.g. lince) y seguridad vial, pero no necesariamente para la conectividad*

Las preguntas clave

- ¿En qué medida las vías de transporte limitan o impiden el flujo de individuos y genes?
 - Resistencia al movimiento comparación con otros elementos y cubiertas.
- ¿En qué puntos de la red de infraestructuras de transporte es prioritario acometer medidas de permeabilización?
 - Mitigar el efecto barrera de vías ya construidas o proyectadas.
 - Es clave una buena elección (recursos escasos para la mitigación).
 - No es eficiente invertir donde ya hay flujo suficiente.
 - No es eficiente invertir en medidas locales si no van a aliviar una igualmente elevada resistencia en el resto del entorno territorial.

AP-66 y el oso pardo cantábrico



AP-66 y el oso pardo cantábrico

Acumulación de elementos y cubiertas poco permeables: el conjunto del territorio, no sólo las vías, presentan resistencia al movimiento.

Podría ser erróneo atribuir a las vías el total del efecto barrera que comparten con otros elementos del territorio.



Evaluación del efecto barrera y prioridades de permeabilización

Su evaluación objetiva y reproducible a escala territorial requiere tres pasos apoyados en los mejores datos empíricos y metodologías de análisis:

- 1) **Cuantificar la resistencia** que presentan las vías de transporte (y otras cubiertas y elementos) al movimiento de las especies.
- 2) **Determinar las zonas** por las que se estima que se **concentran los movimientos** de las especies, los comúnmente llamados **corredores ecológicos**.
- 3) **Priorizar** en cuáles de las múltiples intersecciones entre corredores y vías las **medidas de permeabilización** tendrían un efecto más beneficioso sobre la conectividad ecológica.

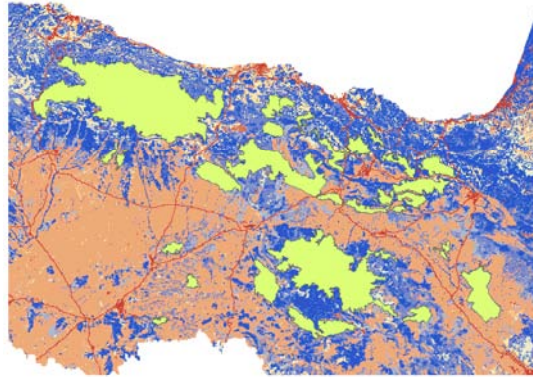
Evaluación del efecto barrera y prioridades de permeabilización

Su evaluación objetiva y reproducible a escala territorial requiere tres pasos apoyados en los mejores datos empíricos y metodologías de análisis:

- 1) **Cuantificar la resistencia** que presentan las vías de transporte (y otras cubiertas y elementos) al movimiento de las especies.
- 2) **Determinar las zonas** por las que se estima que se **concentran los movimientos** de las especies, los comúnmente llamados **corredores ecológicos**.
- 3) **Priorizar** en cuáles de las múltiples intersecciones entre corredores y vías las **medidas de permeabilización** tendrían un efecto más beneficioso sobre la conectividad ecológica.

Representación del territorio como una superficie de resistencia

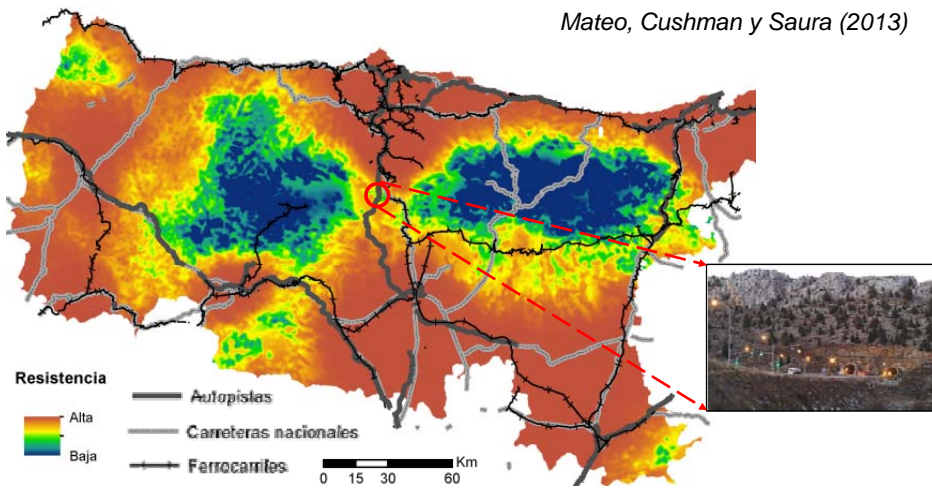
- Superficie de resistencia (ráster) -> cada píxel estima la resistencia que presenta el territorio al movimiento de una o varias especies.
- Resistencia -> \approx inversa frecuencia o disposición a seleccionar una determinada zona para movimiento.
- Función tipo de cubierta / vía, topografía, grado de influencia humana, etc.
- Zonas de hábitat (óptimo) -> resistencia=1 (mínima).
- Valores crecientes para el resto (infinito para barreras absolutas).



Resistencia a partir de calidad del hábitat

Datos presencia -> Modelo calidad -> Resistencia como inversa de calidad.
Problema: uso habitual del territorio no es lo mismo que dispersión.
Los datos de presencia están dominados por el uso habitual.

Mateo, Cushman y Saura (2013)

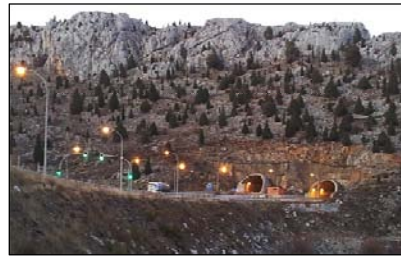


Resistencia a partir de genética

La genética permite detectar movimientos “importantes” (inmigración, reproducción y transmisión genética) y su efecto acumulado a largo plazo (múltiples generaciones).

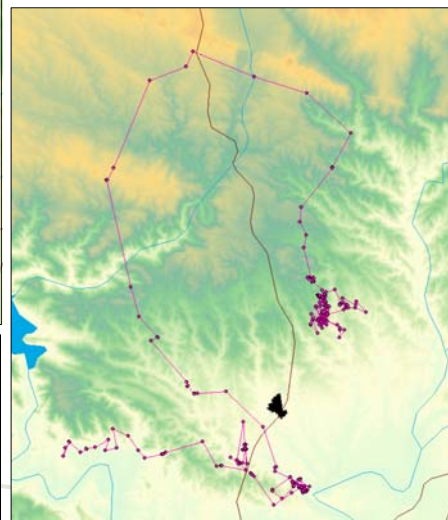
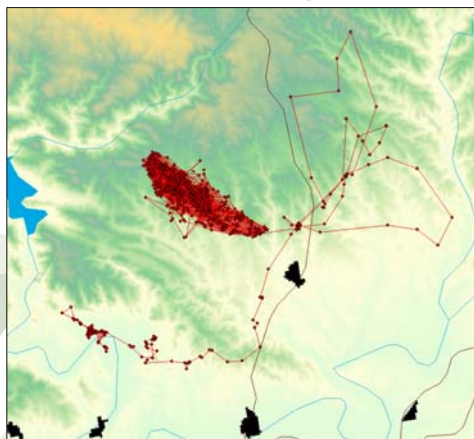
Resultados preliminares* oso pardo -> menor resistencia de la AP66 según genética que según el uso de hábitat. Posibles motivos:

- Poco tiempo desde construcción AP66 (< 40 años) comparado con generación oso (≈ 12 años). ¿Necesarias al menos 10 generaciones? (Landguth et al. 2010, Mateo et al.*)
- Bajas frecuencias de dispersión (difíciles de detectar por otros métodos) pueden tener poderosas consecuencias genéticas
 - 1 a 10 migrantes por generación suficientes para evitar depresión por endogamia.



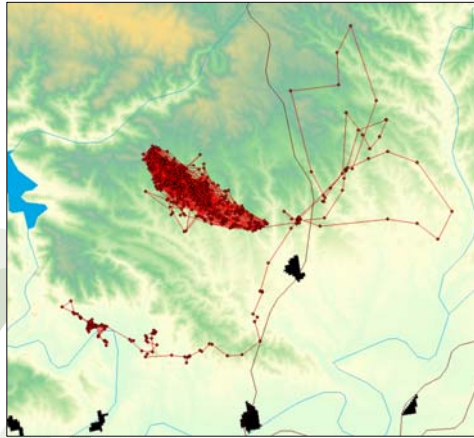
Mateo-Sánchez, Balkenhol, Cushman, Domínguez, Pérez y Saura (2013)

Resistencia a partir de telemetría

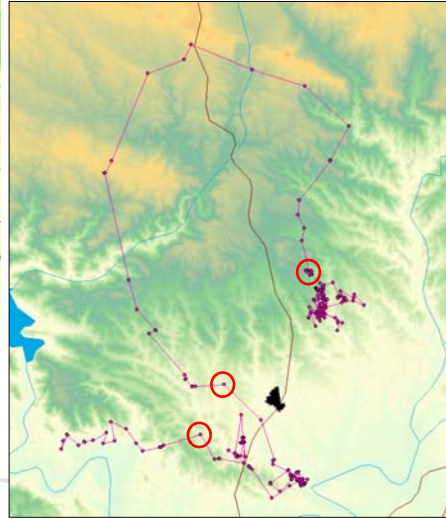


Collares GPS
proyecto Life+
IBERLINCE
Junta de
Andalucía

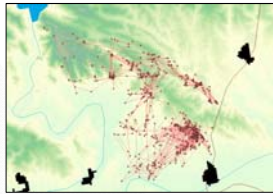
Resistencia a partir de telemetría



Menor frecuencia de datos implica menor potencia para inferir resistencia al movimiento.



Collares GPS
proyecto Life+
IBERLINCE
Junta de
Andalucía



Resistencia a partir de conocimiento experto

- Para mamíferos forestales (Gurrutxaga, Rubio y Saura 2011).
- Validada con datos genéticos marta europea en País Vasco (Ruíz-González et al. 2010).

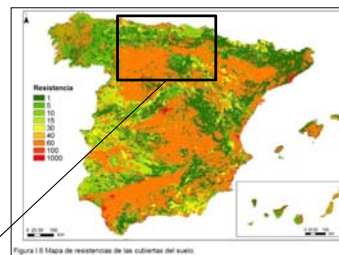
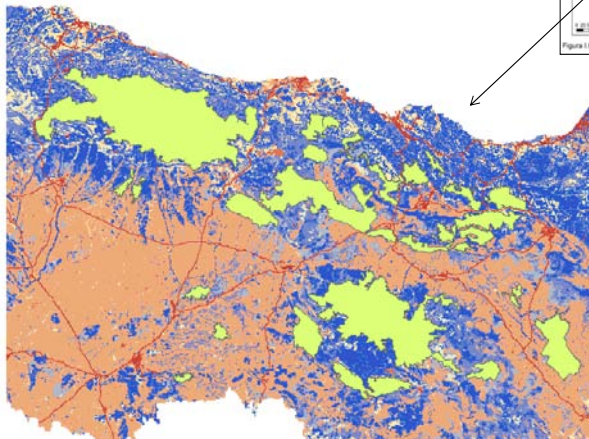


Figura 1.8 Mapa de resistencias de las cuencas del Euzo.



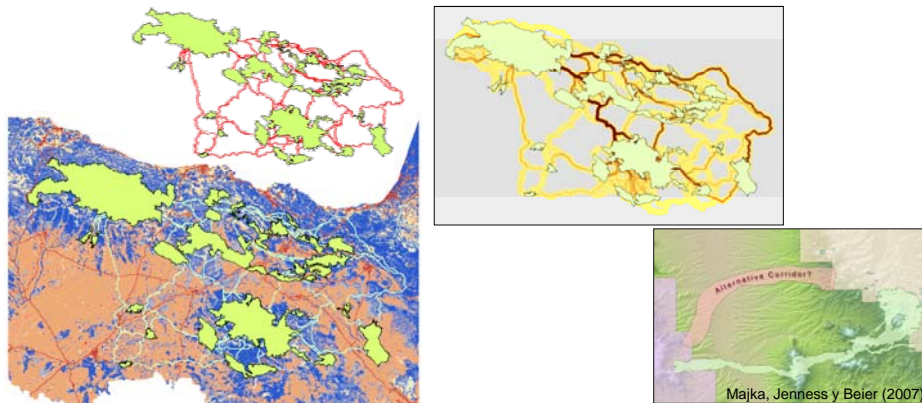
Evaluación del efecto barrera y prioridades de permeabilización

Su evaluación objetiva y reproducible a escala territorial requiere tres pasos apoyados en los mejores datos empíricos y metodologías de análisis:

- 1) **Cuantificar la resistencia** que presentan las vías de transporte (y otras cubiertas y elementos) al movimiento de las especies.
- 2) **Determinar las zonas** por las que se estima que se **concentran los movimientos** de las especies, los comúnmente llamados **corredores ecológicos**.
- 3) **Priorizar** en cuáles de las múltiples intersecciones entre corredores y vías las **medidas de permeabilización** tendrían un efecto más beneficioso sobre la conectividad ecológica.

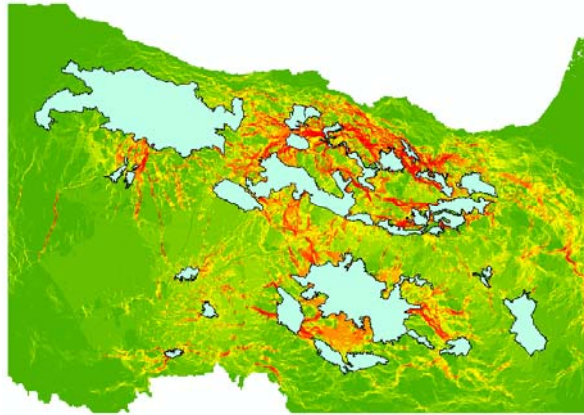
Caminos de coste mínimo y variantes

- Ruta con menor coste (resistencia acumulada) para movimiento: camino más propicio (preferencial) de todos los disponibles en territorio.
- Limitaciones: presuponen movimiento óptimo (no errático o aleatorio, exploratorio), un píxel de anchura puede ser insuficiente como corredor.
- Variantes: densidad en un entorno de múltiples caminos entre puntos con presencia especie (real o potencial), franjas cierta anchura y bajo coste (mínimo o no).

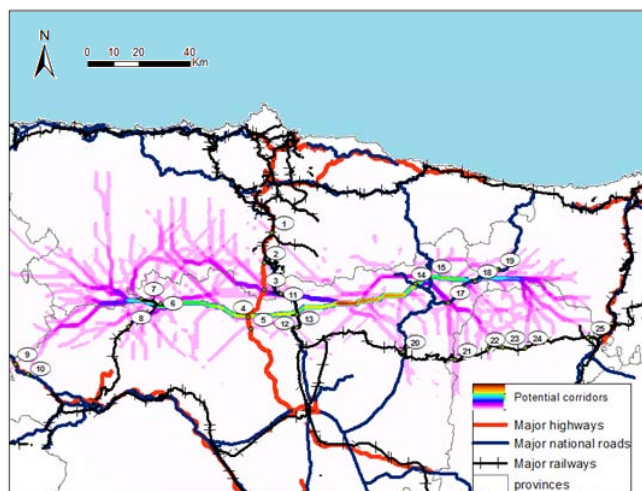


Flujos en teoría de circuitos

- Tiene en cuenta contribución de múltiples caminos (no sólo óptimo).
- Más conectividad con mayor número de rutas alternativas.
- Proporciona concentración esperada de flujos y resistencia efectiva entre teselas (para especies con aleatoriedad en movimientos).



Múltiples intersecciones corredores-vías: ¿cuáles son las prioritarias?



Mateo, Cushman y Saura (2013) Animal Conservation (enviado)

Evaluación del efecto barrera y prioridades de permeabilización

Su evaluación objetiva y reproducible a escala territorial requiere tres pasos apoyados en los mejores datos empíricos y metodologías de análisis:

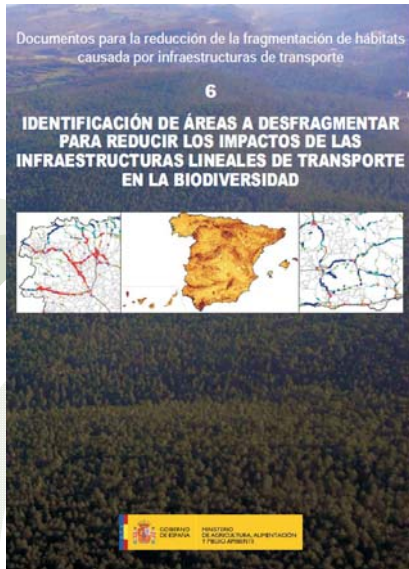
- 1) **Cuantificar la resistencia** que presentan las vías de transporte (y otras cubiertas y elementos) al movimiento de las especies.
- 2) **Determinar las zonas** por las que se estima que se **concentran los movimientos** de las especies, los comúnmente llamados **corredores ecológicos**.
- 3) **Priorizar** en cuáles de las múltiples intersecciones entre corredores y vías las **medidas de permeabilización** tendrían un efecto más beneficioso sobre la conectividad ecológica.

Conefor (www.conefor.org)

- La metodología Conefor es una de las más utilizadas para tal fin.
- Mide cantidad de hábitat alcanzable a través de red de conexiones en territorio y sus posibles cambios (índices disponibilidad de hábitat y grafos espaciales).
- Orientada a prioridades de restauración o conservación conectividad.



Prioridades permeabilización España



Áreas fuente: teselas > 4000 ha en la Península (> 100 ha en las islas)

Cubiertas: Mapa Forestal España (1:50.000)

Vías: Autopistas, autovías, carreteras nacionales y autonómicas, ferrocarril (AVE y convencional) (excluidos túneles y viaductos) BCN200 (1:200.000)

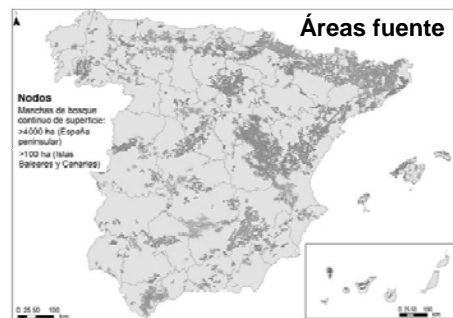


Figura 15 Áreas fuente o nodos entre los que se analiza la conectividad forestal. Los distintos colores se usan para diferenciar con claridad los límites entre distintos nodos forestales; no identifican distintos tipos de bosque.

Prioridades permeabilización España



- Resistencia para mamíferos forestales (sensibles efecto barrera, pueden tener gran movilidad relevante a escalas territoriales, valor indicador, etc.).

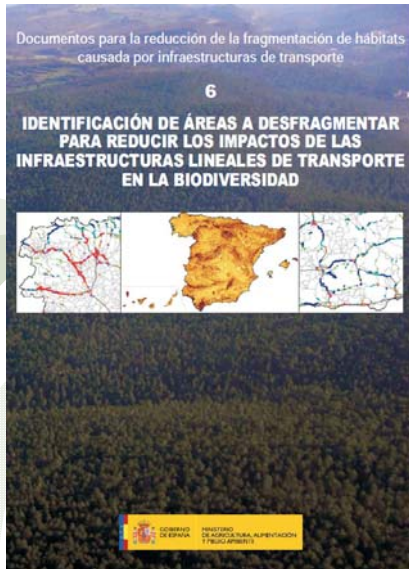
- A partir de conocimiento experto, validada datos genéticos marta europea País Vasco (Ruíz-González et al. 2010).

Superficie de resistencia



Figura 16 Mapa de resistencias de las cubiertas del suelo.

Prioridades permeabilización España



Conectores (coste mínimo)

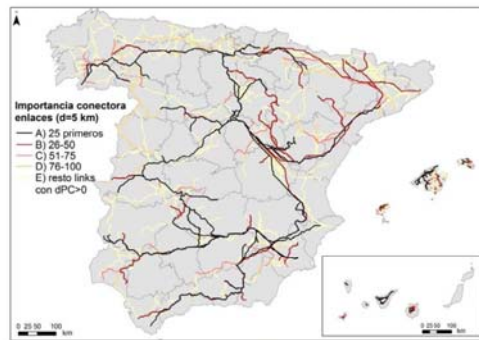


Figura 1.8 Clasificación de la importancia conectora de los enlaces para una distancia dispersiva de 5 km.

Resultados a nivel estatal

Conefor para priorizar intersecciones entre conectores y vías de transporte

Intersecciones entre infraestructuras viarias y conectores forestales

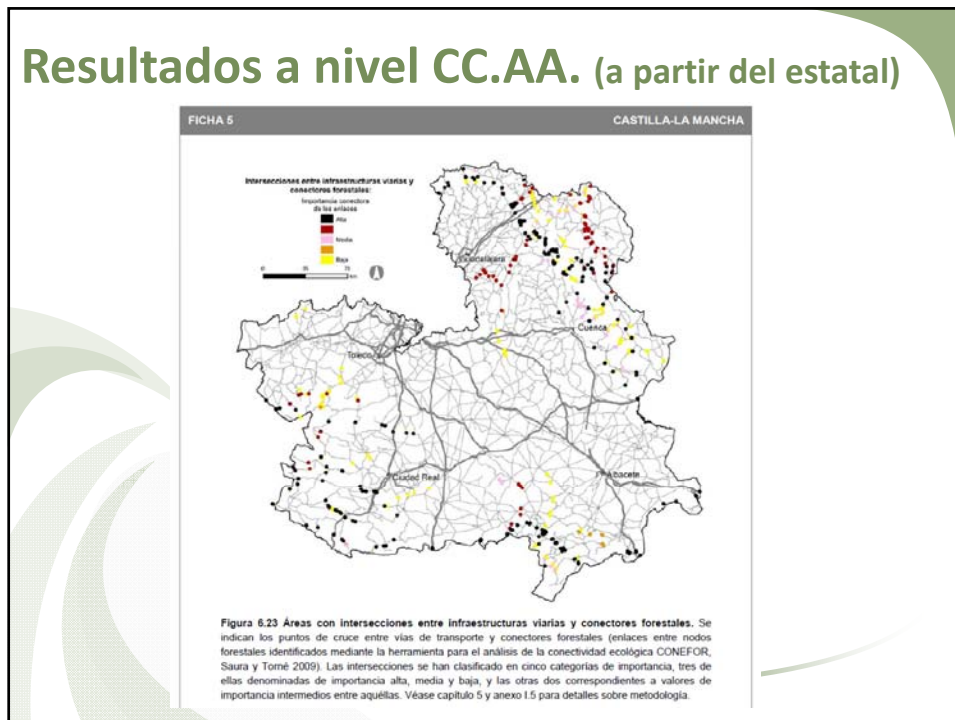
Importancia conectora de los enlaces

- Alta
- Media
- Baja



Figura 5.1 Cartografía de las intersecciones entre infraestructuras viarias y conectores forestales (enlaces entre nodos forestales cuya importancia conectora se ha calculado mediante la herramienta para el análisis de la conectividad ecológica CONEFOR, Saura y Torné 2009). Las intersecciones se han clasificado en cinco categorías de importancia, tres de ellas denominadas de importancia alta, media y baja, y las otras dos correspondientes a valores de importancia intermedios entre aquéllas (véase anexo 1.5 para una descripción detallada de la metodología).

Resultados a nivel CC.AA. (a partir del estatal)



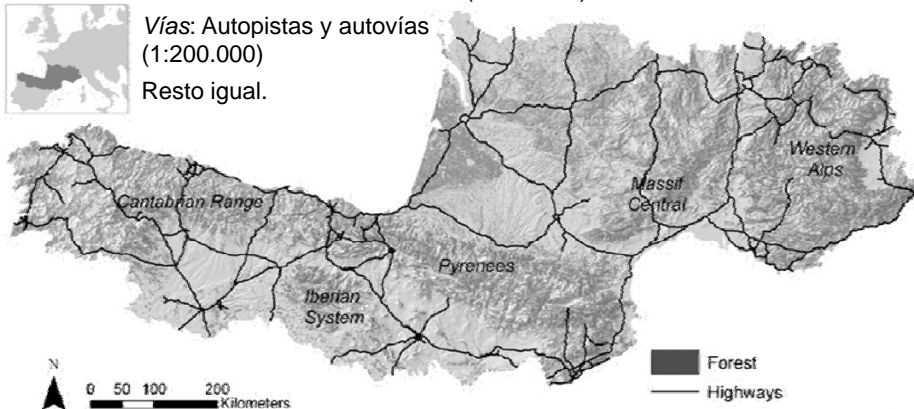
Corredor transnacional de Cordillera Cantábrica a Alpes Occidentales

Áreas fuente: espacios forestales Red Natura 2000

Cubiertas: Corine Land Cover (1:100.000)

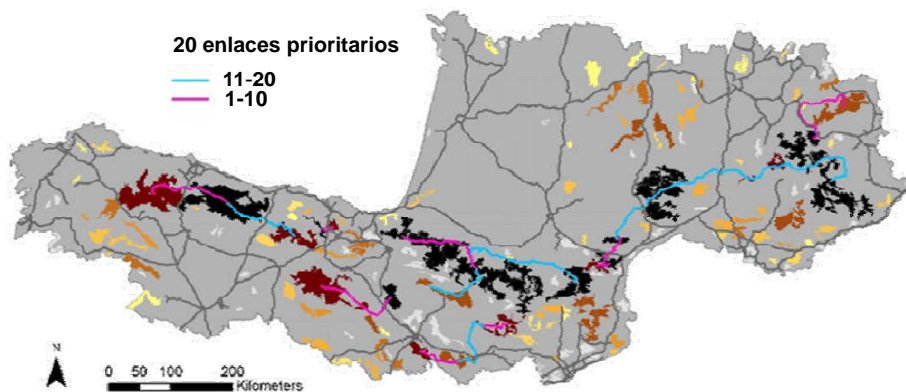
Vías: Autopistas y autovías (1:200.000)

Resto igual.



Gurrutxaga, Rubio & Saura. 2011. Key connectors in protected forest area networks and the impact of highways: a transnational case study from the Cantabrian Range to the Western Alps. *Landscape and Urban Planning* 101: 310-320.

Corredor transnacional de Cordillera Cantábrica a Alpes Occidentales



Gurrutxaga, Rubio & Saura. 2011. Key connectors in protected forest area networks and the impact of highways: a transnational case study from the Cantabrian Range to the Western Alps. *Landscape and Urban Planning* 101: 310-320.

Corredor transnacional de Cordillera Cantábrica a Alpes Occidentales



Gurrutxaga, Rubio & Saura. 2011. Key connectors in protected forest area networks and the impact of highways: a transnational case study from the Cantabrian Range to the Western Alps. *Landscape and Urban Planning* 101: 310-320.

Aplicación País Vasco

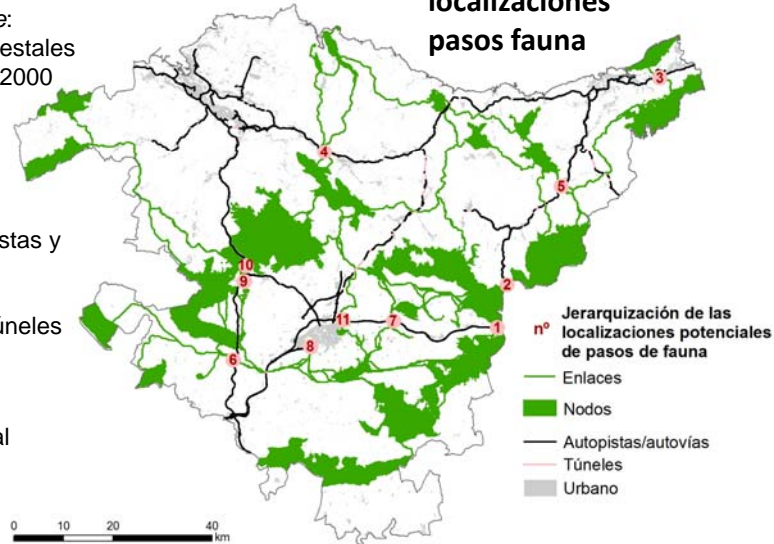
Priorización localizaciones pasos fauna

Áreas fuente:
espacios forestales
Red Natura 2000

Cubiertas:
GeoEuskadi
1:10.000

Vías: Autopistas y
autovías
GeoEuskadi
(excluidos túneles
y viaductos)
(1:10.000)

Resto ≈ igual



Gurrutxaga y Saura. 2013. Prioritizing highway defragmentation locations for restoring landscape connectivity. Environmental Conservation (in press).

Conclusiones (1/2)

- El efecto de las vías de transporte sobre la conectividad ecológica es el más difícil de estimar y cuantificar.
- Es necesario el concurso de las mejores aproximaciones metodológicas y los datos empíricos en los que descansan.
- Existen metodologías recientes y sólidas especialmente adecuadas para evaluar el efecto barrera de las vías e identificar puntos prioritarios para su permeabilización.
- Estas metodologías constan esencialmente de tres pasos:
 - 1) cuantificar resistencia (vías y resto territorio)
 - 2) evaluar rutas preferenciales (corredores)
 - 3) priorizar localizaciones (confluencias corredores-vías)

Conclusiones (2/2)

- Estas metodologías se han aplicado en diferentes casos de estudio y escalas en España, y entre ellos al ámbito estatal en el documento nº 6 del Ministerio.
- Las metodologías propuestas y presentadas son flexibles y adaptables, lo que incluye:
 - Incorporación de posibles mejoras futuras en los datos disponibles (detalle espacial, homogeneidad, actualización, etc.).
 - Aplicación a datos más finos en CC.AA. (no disponibles a nivel estatal).
 - Aplicación a otro tipo de especies y hábitats no forestales (e.g. hábitats esteparios, humedales, etc.).
- Los impactos de las vías de transporte sobre la conectividad pueden ser muy intensos, pero con una adecuada gestión y permeabilización se pueden salvaguardar niveles suficientes de intercambio desde un punto de vista genético y demográfico.