



ANÁLISIS DEMOSTRATIVO DE CONECTIVIDAD ECOLÓGICA DE ECOPERFILES DE ESPECIES EN LA PENÍNSULA IBÉRICA

Guía metodológica para la identificación de los
elementos de la Infraestructura Verde de España



GOBIERNO
DE ESPAÑA

VICEPRESIDENCIA
TERCERA DEL GOBIERNO

MINISTERIO
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA
Y EL RETO DEMOGRÁFICO

Aviso Legal: los contenidos de esta publicación podrán ser reutilizados, citando la fuente y la fecha, en su caso, de la última actualización.

Análisis demostrativo de conectividad ecológica de ecoperfiles de especies en la península ibérica.

TEXTO: Sergio González Ávila de UPM, Eduardo Campos Gómez y Daniela Gaspar García de Matos de Tragsatec y Manuel Oñorbe Esparraguera de MITECO.

El presente documento fue realizado en el marco del proyecto Encargo a Tragsatec para el desarrollo de herramientas técnicas a escala estatal para el establecimiento y la consolidación de la Infraestructura Verde en España. Expte. 21BDES018, promovido y financiado por la Dirección General de Biodiversidad, Bosques y Desertificación del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico.

DIRECCIÓN TÉCNICA DEL PROYECTO

Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO).

Rafael Hidalgo Martín.

Manuel Oñorbe Esparraguera.

REALIZACIÓN Y PRODUCCIÓN

Tragsatec

Eduardo Campos Gómez

Daniela Gaspar García de Matos

Daniel Aparicio Pindado

COORDINACIÓN CIENTÍFICA

Universidad Politécnica de Madrid (UPM)

Sergio González Ávila

Aitor Gastón González

DISEÑO GRÁFICO:

Omawa Huella Ecológica S.L.

FOTOGRAFÍAS (FOTOTECA CENEAM)

Página 6: RecMountain; Página 7: Antonio Rivas Salvador; Página 12: J.M. Reyero;

Página 13: A. Moreno Rodríguez; Página 14: J. Ara Cajal; Página 20: R. Cámara Orgaz;

Página 23: O. Alamy; Página 31: V. García Canseco.

NIPO (papel): 665230336

NIPO (en línea): 665230341

Depósito Legal: M-15049-2023

Edita: © SUBSECRETARÍA. Gabinete Técnico



The background features a light green map of the Iberian Peninsula. The map is decorated with numerous circular icons representing various elements of nature and ecology, such as a fish, a bird, a butterfly, a tree, a sun, a water drop, and a leaf. The icons are scattered across the map, with a higher concentration in the northern and southern regions. The overall color scheme is a vibrant green, with the map and icons in a lighter shade against a darker green background.

ANÁLISIS DEMOSTRATIVO DE CONECTIVIDAD ECOLÓGICA DE ECOPERFILES DE ESPECIES EN LA PENÍNSULA IBÉRICA

Guía metodológica para la identificación de los
elementos de la Infraestructura Verde de España

CONTENIDOS

Introducción	5	B. Redes de corredores ecológicos	13	Resumen y conclusiones	29
A. Ecoperfiles y especies focales, superficies de resistencia y caminos de coste mínimo	7	B.1 Densidad de caminos de coste mínimo	14	Anexo	31
A.1 Definición y caracterización de ecoperfiles	8	B.2 Red agregada de caminos de coste mínimo y categorización	16	Bibliografía	39
A.2 Selección de especies focales	9	B.3 Red de corredores a partir del cálculo de probabilidad de conectividad	17		
A.3 Superficies de resistencia	10	B.3.1 Priorización de corredores en escenarios de conservación y de restauración	17		
A.4 Identificación de nodos y caminos de coste mínimo	12	B.3.2 Corredores prioritarios, usos del suelo y estado de protección	20		
		B.3.3 Corredores prioritarios e infraestructuras de transporte	26		

INTRODUCCIÓN

La **Estrategia Nacional de Infraestructura Verde y de la Conectividad y Restauración Ecológica** (ENIVCRE)¹ es el documento de planificación estratégica que regula la implantación y el desarrollo de la Infraestructura Verde en España y establece, con este fin, un marco administrativo y técnico armonizado para el conjunto del territorio español, incluyendo las aguas marítimas bajo soberanía o jurisdicción nacional.

La ENIVCRE concibe la Infraestructura Verde como una **red ecológicamente coherente y estratégicamente planificada de zonas naturales y seminaturales y de otros elementos ambientales, diseñada y gestionada para la conservación de los ecosistemas y el mantenimiento de los servicios que estos proveen**. Entre sus metas prioritarias contempla la de garantizar la conectividad de las poblaciones de fauna y flora para contribuir a su conservación a largo plazo. Establece, para ello, los siguientes objetivos específicos:

- ▶ Mejorar la conectividad a diferentes escalas, mediante la identificación de corredores ecológicos y áreas críticas encaminadas a asegurar la permeabilidad, coherencia e integración de los espacios protegidos y de las especies y hábitats de interés, evaluando su efectividad.

¹ Orden PCM/735/2021, de 9 de julio, por la que se aprueba la Estrategia Nacional de Infraestructura Verde y de la Conectividad y Restauración Ecológicas.

- ▶ Mejorar el conocimiento científico sobre la conectividad ecológica.

La **Guía metodológica para la identificación de los elementos de la Infraestructura Verde de España** (GMIVE) (MITECO, 2020) se elabora con la finalidad

de proporcionar a las administraciones públicas españolas criterios normalizados para la identificación de elementos y componentes territoriales a incorporar a la Infraestructura Verde atendiendo a sus valores de biodiversidad, servicios de los ecosistemas y contribución a la conectividad ecológica.



El presente informe constituye una síntesis de los resultados del proyecto *Desarrollo de herramientas técnicas a escala estatal para el establecimiento y consolidación de la Infraestructura Verde en España*² que propone un ejercicio piloto de evaluación de la conectividad ecológica de especies a escala estatal, a partir de la metodología propuesta en la GMIVE³. El estudio contempla entre sus objetivos la validación de los modelos presentados en la misma, así como la identificación preliminar de una red de corredores que permita vertebrar la conectividad ecológica de especies amenazadas en el territorio peninsular.

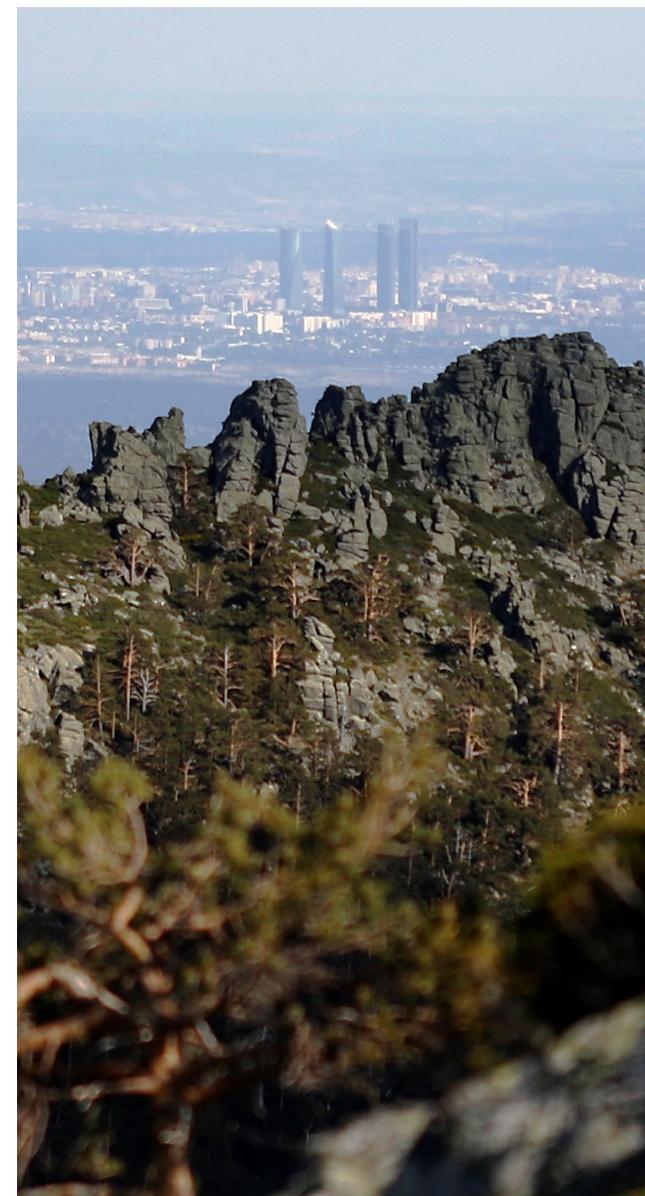
Se aplicaron dos aproximaciones metodológicas independientes con el fin de identificar elementos prioritarios para la conectividad ecológica en la España peninsular. En ambos casos las redes de corredores se determinaron para los denominados **ecoperfiles**, entendidos como grupos de especies que comparten similares requisitos de hábitat para su dispersión y sensibilidad a la fragmentación.

Por una parte, se empleó la metodología propuesta en la GMIVE, basada en el cálculo de la **densidad de caminos de coste mínimo**⁴. Los caminos de coste mínimo constituyen las rutas óptimas para el movimiento de las especies, al presentar menores valores de resistencia al desplazamiento y distancia entre nodos en su área de distribución.

Por otra, se aplicó la metodología basada en el **modelo de grafos espaciales y disponibilidad de hábitat a escala paisaje**⁵. Esta evalúa la superficie de territorio disponible para una determinada especie, a partir del análisis de las teselas de su hábitat característico y atendiendo a su capacidad de dispersión. Esta aproximación permite la identificación de conectores y su categorización en los denominados

escenarios de conservación y de restauración. Los escenarios de conservación integran los hábitat y corredores cuya degradación implicaría un perjuicio máximo sobre la conectividad ecológica en el territorio objeto de estudio⁶. Por su parte, la mejora del estado de los elementos conectores identificados en los escenarios de restauración supondría un incremento máximo de la conectividad para el conjunto del hábitat de la especie considerada⁷.

Finalmente, con el fin de caracterizar los elementos conectores identificados, se analizaron los usos del territorio y el grado de protección de los ámbitos por los que discurren y se determinaron, en primera aproximación y a la escala del estudio, los **puntos críticos para la conectividad** por presencia de grandes infraestructuras de transporte.



2 Encargo a Tragsatec para el desarrollo de herramientas técnicas a escala estatal para el establecimiento y la consolidación de la Infraestructura Verde en España. Expte. 21BDES018.

3 El proyecto ha abordado la modelización basada en dos aproximaciones: por un lado, la conexión de los núcleos (o nodos) de distribución de las especies y por otro, de las áreas clave para la conservación de la biodiversidad. Por motivos de síntesis, en el presente informe solo se muestran los resultados correspondientes a la primera aproximación.

4 Calculada mediante el programa UNiversal CORridor network simulator (UNICOR) (Landguth et al., 2012).

5 Índice Probability of Connectivity - PC (Saura y Pascual-Hortal, 2007), mediante el software CONEFOR (Saura y Torné, 2009)

6 La importancia de cada elemento en el escenario de conservación se cuantifica mediante la disminución porcentual en el valor del índice PC que se produciría si se perdiera dicho conector o tesela (dPCconserv).

7 La importancia de cada conector en este escenario de restauración se cuantifica mediante el incremento porcentual en el valor del índice PC para el conjunto del hábitat que se produciría si dicho conector pasara a tener una distancia efectiva igual a la longitud del conector (dPCrestaur).



A

ECOPERFILES Y ESPECIES
FOCALES, SUPERFICIES DE
RESISTENCIA Y CAMINOS
DE COSTE MÍNIMO

A. ECOPERFILES Y ESPECIES FOCALES, SUPERFICIES DE RESISTENCIA Y CAMINOS DE COSTE MÍNIMO

A.1 DEFINICIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE ECOPERFILES

Los análisis de conectividad funcional requieren establecer de manera preliminar los taxones que serán objeto de estudio.

En este trabajo se seleccionaron un conjunto de especies de fauna, partiendo de una primera clasificación basada en su grado de amenaza, de acuerdo con la metodología propuesta en la GMIVE⁸. A continuación, se establecieron diferentes grupos de especies que comparten similares tipos de cubierta del suelo preferida y sensibilidad a la fragmentación, definiendo así los denominados ecoperfiles. La evaluación de las especies atendiendo a dichos factores se muestra en el Anexo. En la Tabla 1 se presentan y describen los 15 ecoperfiles seleccionados. La selección de ecoperfiles se hizo procurando abarcar la máxima diversidad de requerimientos y rasgos ecológicos a escala nacional.

⁸ En base a la metodología propuesta por la "Guía metodológica para la identificación de los elementos de la infraestructura verde de España" se seleccionaron 361 especies por su grado de amenaza. Posteriormente, a fin de abordar los análisis de conectividad, del listado anterior se escogieron los taxones de las Clases: Mamíferos y Aves (139 especies, ver Anexo I). Esta selección se hizo considerando la escala nacional del trabajo, en la que necesariamente los movimientos a considerar han de ser de dispersión y de longitudes relativamente grandes. Se trata, además, de los grupos de fauna mejor estudiados y de distribución mejor conocida, lo que implica una mayor calidad y fiabilidad de los resultados.

TABLA 1. CARACTERIZACIÓN DE LOS 15 ECOPERFILES IDENTIFICADOS

	Ecoperfil	Descripción
	1Mn	Especies generalistas, sin una preferencia definida por un tipo de cubierta concreto, con vulnerabilidad a la fragmentación media y terrestres.
	2An	Especies con preferencia por más de un tipo de cubierta (mosaicos), con vulnerabilidad a la fragmentación alta y terrestres.
	2Mn	Especies con preferencia por más de un tipo de cubierta (mosaicos), con vulnerabilidad a la fragmentación media y terrestres.
	2Ms	Especies con preferencia por más de un tipo de cubierta (mosaicos), con vulnerabilidad a la fragmentación media y voladoras (no sensibles a infraestructuras lineales).
	3Mn	Especies especialistas de bosque denso, con vulnerabilidad a la fragmentación media y terrestres.
	3Ms	Especies especialistas de bosque denso, con vulnerabilidad a la fragmentación media y voladoras (no sensibles a infraestructuras lineales).
	4Ms	Especies especialistas de bosque claro, con vulnerabilidad a la fragmentación media y voladoras (no sensibles a infraestructuras lineales).
	5Ms	Especies especialistas de cubiertas de matorral, con vulnerabilidad a la fragmentación media y voladoras (no sensibles a infraestructuras lineales).
	5Bs	Especies especialistas de cubiertas de matorral, con vulnerabilidad a la fragmentación baja y voladoras (no sensibles a infraestructuras lineales).
	6As	Especies esteparias (especialistas), con vulnerabilidad a la fragmentación alta y voladoras (no sensibles a infraestructuras lineales).
	6Ms	Especies esteparias (especialistas), con vulnerabilidad a la fragmentación media y voladoras (no sensibles a infraestructuras lineales).
	7An	Especies especialistas con preferencia por cubiertas riparias, con vulnerabilidad a la fragmentación alta y terrestres.
	7Ms	Especies especialistas con preferencia por cubiertas riparias, con vulnerabilidad a la fragmentación media y voladoras (no sensibles a infraestructuras lineales).
	7Mn	Especies especialistas con preferencia por cubiertas riparias, con vulnerabilidad a la fragmentación media y terrestres.
	8Ms	Especies especialistas acuáticas, con vulnerabilidad a la fragmentación media y voladoras (no sensibles a infraestructuras lineales).

A.2 SELECCIÓN DE ESPECIES FOCALES

Para los análisis de conectividad se seleccionaron una o varias especies focales representativas de cada ecoperfil, procurando maximizar con su elección, la diversidad de ambientes y la cobertura superficial del territorio peninsular⁹; asimismo se tuvieron en cuenta otros aspectos, como la calidad de la información disponible sobre el estado y distribución de sus poblaciones o su vulnerabilidad a la fragmentación. Como resultado se obtuvo la relación de 22 especies características de los 15 ecoperfiles objeto de análisis que se muestran en la Tabla 2¹⁰.

⁹ El análisis de conectividad para la totalidad de especies presentes en un área determinada con el fin de garantizar su conservación puede resultar inabordable por falta de conocimiento y/o de recursos, por lo que resulta habitual la selección de un grupo reducido de las mismas para el desarrollo de este tipo de estudios. En este contexto, se establecen como especies focales (Lambeck, 1997) aquellas sobre las que centrar los análisis, seleccionadas considerando que una conectividad adecuada para estas implica unas características a su vez adecuadas para el movimiento en el paisaje del resto de especies presentes en el mismo.

En un primer filtrado se descartaron todas las especies que no fueran mamíferos o aves, al presentar estos dos grupos faunísticos capacidades de movimiento y dispersión acordes a la extensión territorial del área de estudio. Posteriormente, para cada uno de los ecoperfiles definidos se seleccionó al menos una especie focal, con el fin de que el conjunto de ellas asegurase la representatividad de los diferentes tipos de cubierta preferidos por las especies y sensibilidades a la fragmentación, así como de la diversidad taxonómica y geográfica del territorio peninsular. Como criterio complementario, se seleccionaron aquellas especies con presencia mínima de 100 cuadrículas de 10x10 km. Como resultado se obtuvo la relación de 22 especies representativas de los 15 ecoperfiles objeto de análisis que se muestran en la Tabla 2.

¹⁰ El listado contiene 25 registros para las 22 especies seleccionadas por los siguientes motivos: i) las tres especies de murciélago vinculados al tipo de cubierta arbolado denso se analizan en conjunto, al presentar distribuciones relativamente escasas y compartir requerimientos ecológicos similares; ii) el urogallo aparece listado en sus dos subespecies.

TABLA 2. ESPECIES FOCALES REPRESENTATIVAS DE LOS ECOPERFILES

	Ecoperfil	Descripción
	1Mn	Gineta. <i>Genetta genetta</i> (Linnaeus, 1758)
	2An	Turón. <i>Mustela putorius</i> (Linnaeus, 1758)
		Gato montés. <i>Felis silvestris</i> (Schreber, 1777)
	2Mn	Lince ibérico. <i>Lynx pardinus</i> (Temminck, 1827)
		Erizo moruno. <i>Atelerix algirus</i> (Lereboullet, 1842)
		Meloncillo. <i>Herpestes ichneumon</i> (Linnaeus, 1758)
2Ms	Águila imperial. <i>Aquila adalberti</i> (Brehm, CL, 1861)	
	3Mn	Marta. <i>Martes martes</i> (Linnaeus, 1758)
	3Ms	Pico mediano. <i>Dendrocopos medius</i> (Linnaeus, 1758)
Murciélagos forestales. <i>Myotis bechsteinii</i> (Kuhl, 1817) / <i>Nyctalus noctula</i> (Schreber, 1774) / <i>Nyctalus lasiopterus</i> (Schreber, 1780)		
	4Ms	Torcecuello. <i>Jynx torquilla</i> (Linnaeus, 1758)
		Urogallo. <i>Tetrao urogallus subsp. Cantabricus</i> / <i>Tetrao urogallus subsp. aquitanicus</i>
	5Ms	Curruca cabecinegra. <i>Sylvia melanocephala</i> (Gmelin, JF, 1789)
	5Bs	Zarcero pálido. <i>Hippolais pallida</i> (Hemprich and Ehrenberg, 1833)
	6As	Ganga Ortega. <i>Pterocles orientalis</i> (Linnaeus, 1758)
	6Ms	Cernícalo primilla. <i>Falco naumanni</i> (Fleischer, JG, 1818)
	7An	Nutria europea. <i>Lutra lutra</i> (Linnaeus, 1758)
	7Ms	Murciélago rabudo. <i>Tadarida teniotis</i> (Rafinesque, 1814)
	7Mn	Desmán ibérico. <i>Galemys pyrenaicus</i> (É. Geoffroy Saint-Hilaire, 1811)
Visón europeo. <i>Mustela lutreola</i> (Linnaeus, 1761)		
	8Ms	Avoceta. <i>Recurvirostra avosetta</i> (Linnaeus, 1758)
		Ostrero euroasiático. <i>Haematopus ostralegus</i> (Linnaeus, 1758)

A.3 SUPERFICIES DE RESISTENCIA

En los análisis de conectividad funcional, la influencia de la heterogeneidad ambiental es considerada a través de las denominadas **superficies de resistencia** que caracterizan el territorio atendiendo a la dificultad que imponen los elementos y características del paisaje al movimiento de las especies (Zeller et al., 2012; Etherington, 2016). Se relaciona, entre otros factores, con el riesgo de mortalidad y el gasto energético o fisiológico requerido para dichos movimientos.

En el presente estudio, las superficies de resistencia se establecieron para el territorio peninsular considerando los valores inversos correspondientes a los modelos de distribución de las especies focales¹¹. Adicionalmente, se tuvo en cuenta la contribución al efecto barrera de las cubiertas del suelo, asignando valores de máxima resistencia a los cultivos intensivos, zonas sin vegetación, zonas urbanas e infraestructuras de transporte. Si bien se obtuvieron resultados para las 22 especies focales, se descartaron para las fases de modelización de corredores ecológicos las especies asociadas a hábitats acuáticos (avoceta, nutria, visón europeo, ostrero y des-

11 Con objeto de reducir la subjetividad inherente a la asignación de valores de resistencia mediante criterio experto, estos se han obtenido a partir de modelos de distribución de especies, calculados mediante regresiones logísticas. Se asume que la inversa de los valores correspondientes a los modelos de distribución establecidos para las especies focales representa la resistencia impuesta por el territorio a su dispersión. Si bien esta vía metodológica es más objetiva y replicable, depende de la calidad de la información de partida, por lo que una mejora en los datos de distribución disponibles permitiría aplicar técnicas de modelización más complejas y obtener mapas de resistencia más precisos.

Los modelos de distribución de especies se generaron con resolución de 100x100 m, y las superficies de resistencia se utilizaron con una resolución de 1 km por motivos computacionales.

mán ibérico) y con requerimientos de hábitat muy específicos (pico mediano y urogallo), al no obtenerse resultados satisfactorios, posiblemente debido a la calidad, a escala nacional, de los datos de partida de distribución de las especies.

En la Tabla 3 se muestran las 15 especies focales que ofrecieron modelos de distribución satisfactorios y para las que se realizaron los ejercicios de modelización. En la Figura 1 se muestran gráficamente sus superficies de resistencia.

TABLA 3. ESPECIES FOCALES REPRESENTATIVAS DE LOS ECOPERFILES PARA LA QUE SE DISPONE DE SUPERFICIES DE RESISTENCIA

	Ecoperfil	Descripción
	1Mn	Gineta. <i>Genetta genetta</i> (Linnaeus, 1758)
	2An	Gato montés. <i>Felis silvestris</i> (Schreber, 1777)
		Turón. <i>Mustela putorius</i> (Linnaeus, 1758)
	2Mn	Erizo moruno. <i>Atelerix algirus</i> (Lereboullet, 1842)
		Meloncillo. <i>Herpestes ichneumon</i> (Linnaeus, 1758)
2Ms	Lince ibérico. <i>Lynx pardinus</i> (Temminck, 1827)	
	3Mn	Marta. <i>Martes martes</i> (Linnaeus, 1758)
	3Ms	Murciélagos forestales. <i>Myotis bechsteinii</i> (Kuhl, 1817) / <i>Nyctalus lasiopterus</i> (Schreber, 1780) / <i>Nyctalus noctula</i> (Schreber, 1774)
	4Ms	Torcecuello. <i>Jynx torquilla</i> (Linnaeus, 1758)
	5Ms	Zarcero pálido. <i>Hippolais pallida</i> (Hemprich and Ehrenberg, 1833)
	5Bs	Curruca cabecinegra. <i>Sylvia melanocephala</i> (Gmelin, JF, 1789)
	6As	Ganga Ortega. <i>Pterocles orientalis</i> (Linnaeus, 1758)
	6Ms	Cernicalo primilla. <i>Falco naumanni</i> (Fleischer, JG, 1818)
	7Ms	Murciélago rabudo. <i>Tadarida teniotis</i> (Rafinesque, 1814)

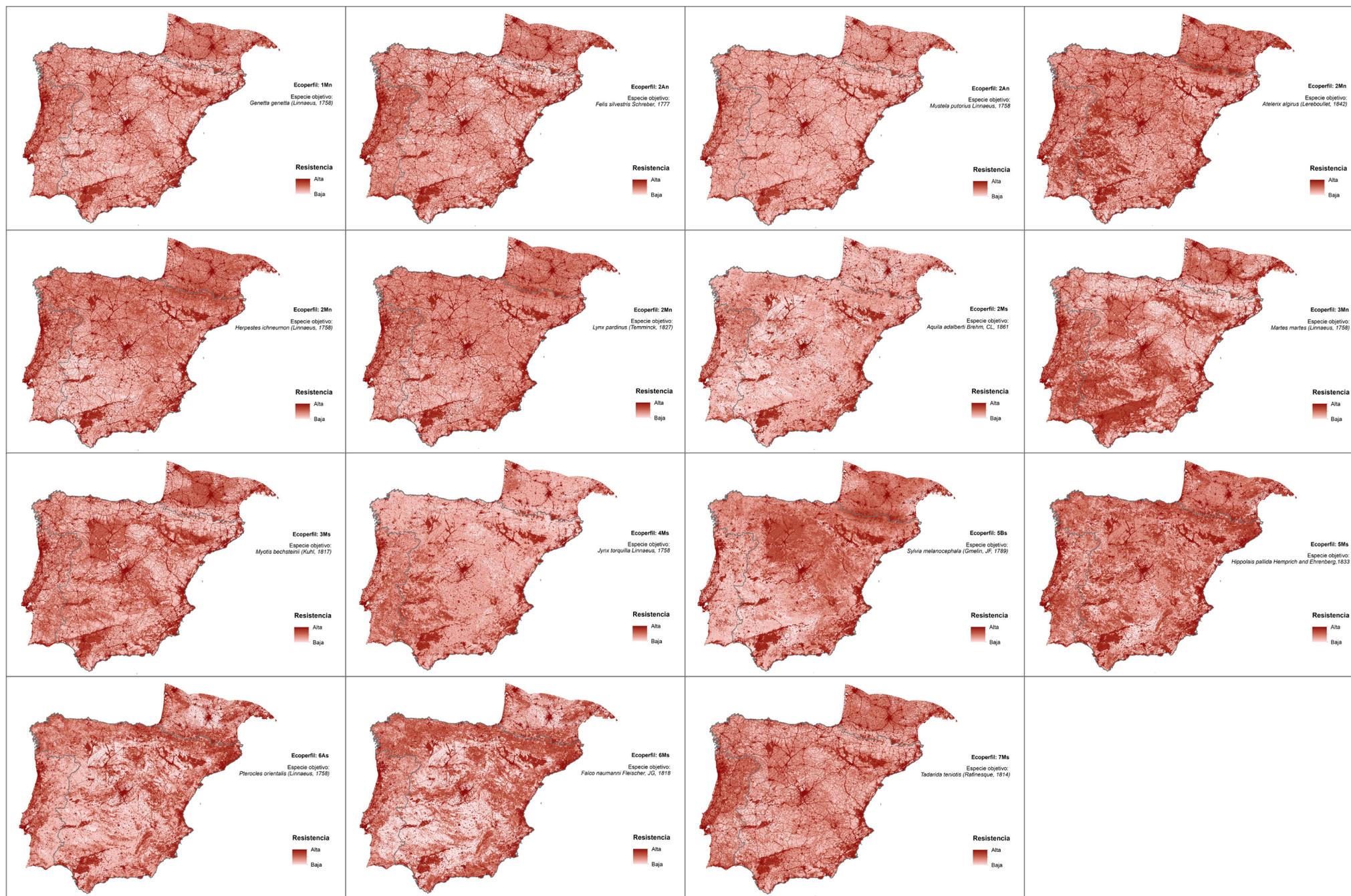


FIGURA 1. SUPERFICIES DE RESISTENCIA OBTENIDAS PARA LAS 15 ESPECIES FOCALES REPRESENTATIVAS DE LOS ECOPERFILES.

A.4 IDENTIFICACIÓN DE NODOS Y CAMINOS DE COSTE MÍNIMO

En el presente estudio, los modelos de conectividad se basaron en el cálculo de los **caminos de coste mínimo**. Para su determinación se hace necesario establecer, tanto la superficie de resistencia como la localización de los puntos de origen y destino de los caminos de coste mínimo.

Se denominan **nodos** a los puntos de origen y destino de los movimientos de las especies a través de los corredores. En el presente trabajo, los nodos se corresponden con puntos localizados en teselas de hábitat con presencia de especies focales. Su selección se llevó a cabo de manera sistemática sobre cuadrículas con presencia de especies procedentes de la cartografía del [Inventario Español de Especies Terrestres](#)¹². La caracterización de corredores para cada especie focal¹³, entendidos como rutas preferentes para el movimiento de especies focales, se llevó a cabo mediante el cálculo de densidades de caminos de coste mínimo establecidos a partir de las superficies de resistencia entre puntos de distribución (nodos)¹⁴.

12 Banco de Datos de la Naturaleza del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. Disponibles para la malla UTM de 10x10 km. Los datos fueron reescalados utilizando para ello los modelos de distribución de especies de resolución 100x100 m generados previamente. Se asume presencia de la especie cuando favorabilidad > 0,5

13 Para el cálculo de los caminos de coste mínimo se utilizaron dos programas distintos en función de la aproximación metodológica (GMIVE-UNICOR ó Conefor y Linkage Mapper) en ambos casos se utilizaron las mismas superficies de resistencia y nodos como input.

14 Estos fueron localizados para, de manera sistemática sobre la malla UTM de 10x10 km, asignando un nodo a cada cuadrícula con presencia de la misma proporcionada por el Inventario Español de Especies Terrestres y coincidiendo con su hábitat.





B

REDES DE CORREDORES
ECOLÓGICOS

B. REDES DE CORREDORES ECOLÓGICOS

Dentro del contexto de modelización mediante capas de resistencia, en este trabajo se adoptó el término corredor como un camino de baja resistencia para una especie entre puntos predefinidos de origen y destino (véase la revisión conceptual y terminológica de Wade et al., 2015).

Los corredores identificados a escala peninsular y con resolución de análisis de 1 km comprenden las zonas potencialmente más favorables para el movimiento de las especies. En estudios posteriores, de más detalle y con datos de mayor resolución, se deberían precisar dentro de estas zonas, corredores de forma variable y ancho del orden de decenas a centenares de metros que den lugar a la efectiva implantación de la infraestructura verde en el territorio¹⁵.

El conjunto de caminos de coste mínimo para una especie conforma la red de corredores de dicha especie, considerándose análogamente en las posteriores combinaciones de especies llevadas a cabo.

La **priorización de los corredores** implica la identificación de aquellos más valiosos por su contribución a la conectividad de la especie o ecoperfil considerado mediante el índice de conectividad y los valores umbrales que se determinen. En este trabajo se utilizaron dos índices: la densidad de caminos de coste mínimo (metodología propuesta en la GMIVE) y el índice de probabilidad de conectividad.



B.1 DENSIDAD DE CAMINOS DE COSTE MÍNIMO

Una vez establecidos los caminos de coste mínimo entre la totalidad de los nodos identificados, se calculó el número de nodos coincidente con cada punto del territorio. Su agregación permitió determinar los ámbitos óptimos que oponen mínima resistencia al movimiento de un mayor número de especies focales¹⁶. Así, partiendo de los anteriores resultados, se obtuvo un conjunto de valores para cada celda del territorio que caracteriza su contribución a la conectividad ecológica, expresada en términos de **densidad de caminos de coste mínimo**.

La determinación de estos caminos acumulados representa de manera apropiada la eficacia conectora de cada unidad geográfica, al considerar la distribución espacial de los nodos presentes en

cada hábitat y priorizar las conexiones que los relacionan. Un **ámbito territorial que conecte un mayor número de núcleos de población** será más transitado, resultando **prioritario por su contribución a la conectividad ecológica**.

En la Figura 2 se muestran las redes de corredores obtenidas para las especies focales representativas de cada ecoperfil, determinadas mediante la densidad de caminos de coste mínimo.

¹⁵ Al no disponer de datos acerca del uso efectivo y real de estos corredores, se trata de corredores funcionales potenciales.

¹⁶ Para el cálculo de caminos acumulados se empleó el programa UNiversal CORridor network simulator (UNICOR) (Landguth et al., 2012), software de uso libre especialmente diseñado para gestores del territorio e investigadores para identificar corredores ecológicos y zonas vulnerables para la conectividad.

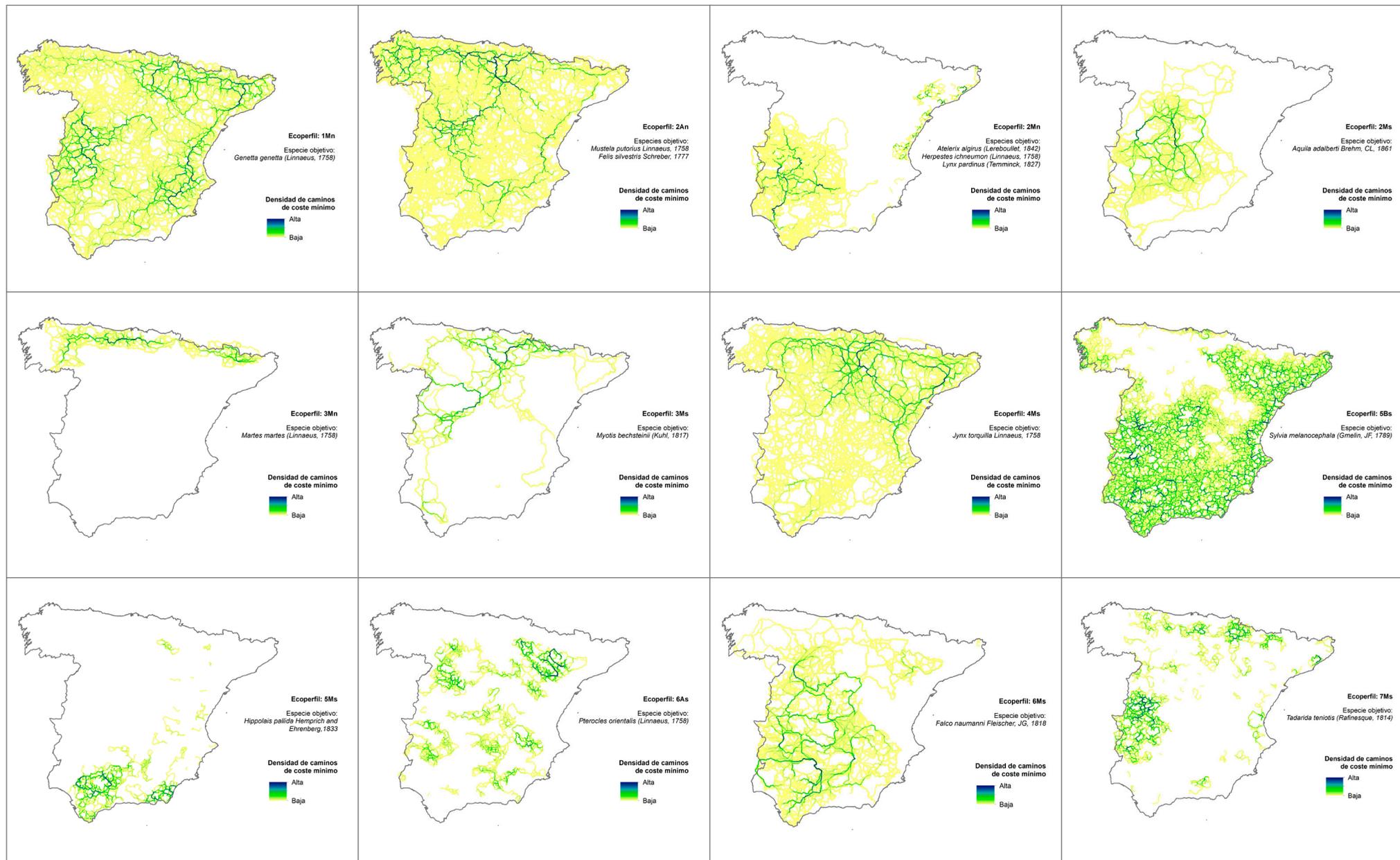


FIGURA 2. DENSIDAD DE CAMINOS DE COSTE MÍNIMO PARA LOS ECOPERFILES ESTUDIADOS.

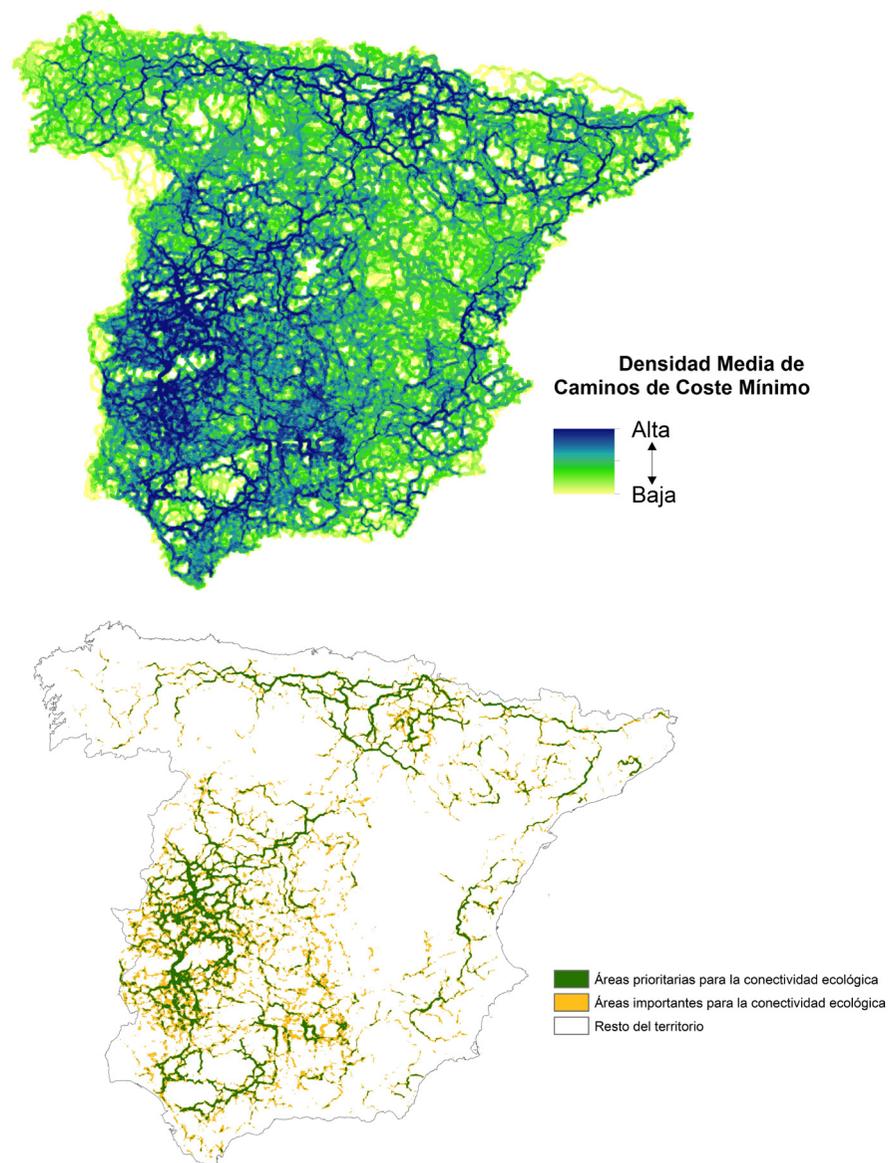
B.2 RED AGREGADA DE CAMINOS DE COSTE MÍNIMO Y CATEGORIZACIÓN

La integración cartográfica para el conjunto de ecoperfiles de los resultados correspondientes a la densidad de caminos de coste mínimo permitió establecer una red agregada de caminos de coste mínimo entre los hábitats de las especies focales.

Con el fin de establecer su contribución a la conectividad ecológica y priorizar los recursos destinados a su **conservación o restauración** y garantizar su funcionalidad, se identificaron geográficamente las áreas con una mayor densidad agregada de caminos de coste mínimo, estableciendo para ello dos categorías¹⁷:

- ▶ **Áreas prioritarias para la conectividad ecológica:** aquellas que presentaron densidad máxima de caminos de coste mínimo por píxel (valor de corte percentil 90).
- ▶ **Áreas importantes para la conectividad ecológica:** aquellas que presentaron densidad elevada de caminos de coste mínimo por píxel (valor de corte percentil 70).

En la Figura 3 se muestran las cartografías resultantes.



¹⁷ A partir de la selección de valores de corte mediante percentiles siguiendo los criterios y orientaciones de la [Guía Metodológica la identificación de los elementos de la infraestructura verde en España](#)

FIGURA 3. RED AGREGADA DE CORREDORES OBTENIDA A PARTIR DE LA DENSIDAD DE CAMINOS DE COSTE MÍNIMO Y DETERMINACIÓN DE ÁREAS PRIORITARIAS E IMPORTANTEA PARA LA CONECTIVIDAD ECOLÓGICA.

B.3 RED DE CORREDORES A PARTIR DEL CÁLCULO DE PROBABILIDAD DE CONECTIVIDAD

El **Índice de pobabilidad de conectividad**¹⁸, derivado del concepto de disponibilidad de hábitat, establece la probabilidad de que dos puntos ubicados al azar dentro del paisaje queden situados en zonas de hábitat interconectadas entre sí. Este índice se basa en un modelo de grafos espacial del paisaje, y se evalúa para un determinado conjunto de teselas de hábitat (nodos) y conexiones funcionales entre las mismas (enlaces) (Saura y Pascual-Hortal 2007). En consecuencia, la conectividad para una especie determinada se considerará baja si las teselas de su hábitat se encuentran aisladas unas de otras, o bien si su número es escaso, aunque las teselas estén fuertemente conectadas entre sí¹⁹.

De esta manera, la conectividad caracterizada a partir del índice de probabilidad de conectividad puede entenderse en términos de **cantidad de hábitat disponible o alcanzable a escala paisaje por una especie**, tanto dentro de las teselas como a través de las conexiones entre estas.

B.3.1 PRIORIZACIÓN DE CORREDORES EN ESCENARIOS DE CONSERVACIÓN Y DE RESTAURACIÓN

Una vez calculado el índice de probabilidad de conectividad, es posible evaluar y categorizar la importancia de cada elemento del paisaje de forma individual, priorizando la conservación de aquellas zonas cuya pérdida o deterioro implicaría mayor impacto negativo en la conectividad global.

Asimismo, el indicador permite establecer aquellos ámbitos geográficos óptimos en los que la ejecución de proyectos y actuaciones de restauración implicarían máximos beneficios para la conectividad ecológica, añadiendo al paisaje nuevos elementos favorables y/o mejorando los ya existentes. Para ello se determinan los denominados escenarios de conservación y restauración²⁰ que, conceptualmente se definen como sigue:

- ▶ **Escenario de conservación.** Se identifican aquellos conectores o zonas de hábitat cuya degradación implicaría un efecto negativo máximo sobre los niveles de conectividad. La importancia para la conservación de cada conector o zona de hábitat se cuantifica estableciendo la disminución porcentual en el valor del índice de probabilidad de conectividad que se produciría si se perdiera dicho elemento.
- ▶ **Escenario de restauración.** Se identifican aquellos conectores cuya recuperación implicaría un incremento máximo de la conectividad del hábitat. La contribución de la restauración de un elemento conector o zona de hábitat a la conectividad se establece valorando la mejora que supondría que dicho conector fuera restaurado hasta minimizar su resistencia y lograr condiciones óptimas para el desplazamiento.

En las Figuras 4 y 5 se muestran las redes de corredores para cada ecoperfil, priorizadas según su importancia en escenarios de conservación y restauración²¹.

18 Complementariamente a la aproximación anterior basada en caminos de coste mínimo y el uso de software UNICOR, se propone a continuación una aproximación basada en el índice de probabilidad de conectividad (Probability of Connectivity), y priorización mediante la herramienta para el análisis de la conectividad CONEFOR desarrollada por Saura y Torné (2007).

19 En este caso, los corredores se obtuvieron mediante el programa Linkage Mapper (McRae y Kavanagh, 2011), calculando caminos de coste mínimo entre cada nodo y sus cuatro vecinos más próximos, dando lugar por tanto a una red cuyos corredores son todos coincidentes con alguno de los obtenidos con UNICOR, pero con muchos menos elementos (en UNICOR cada nodo se unió con todos los restantes).

20 Todos los índices (en ambos escenarios) se han calculado mediante el programa informático **Conefor** y se han obtenido para cada una de las especies focales analizadas. Los resultados de los análisis de priorización se representan cartográficamente, en función de los distintos ecoperfiles considerados.

21 Se consideran prioritarios el 10% de corredores con mayores valores de índice de probabilidad de conectividad.

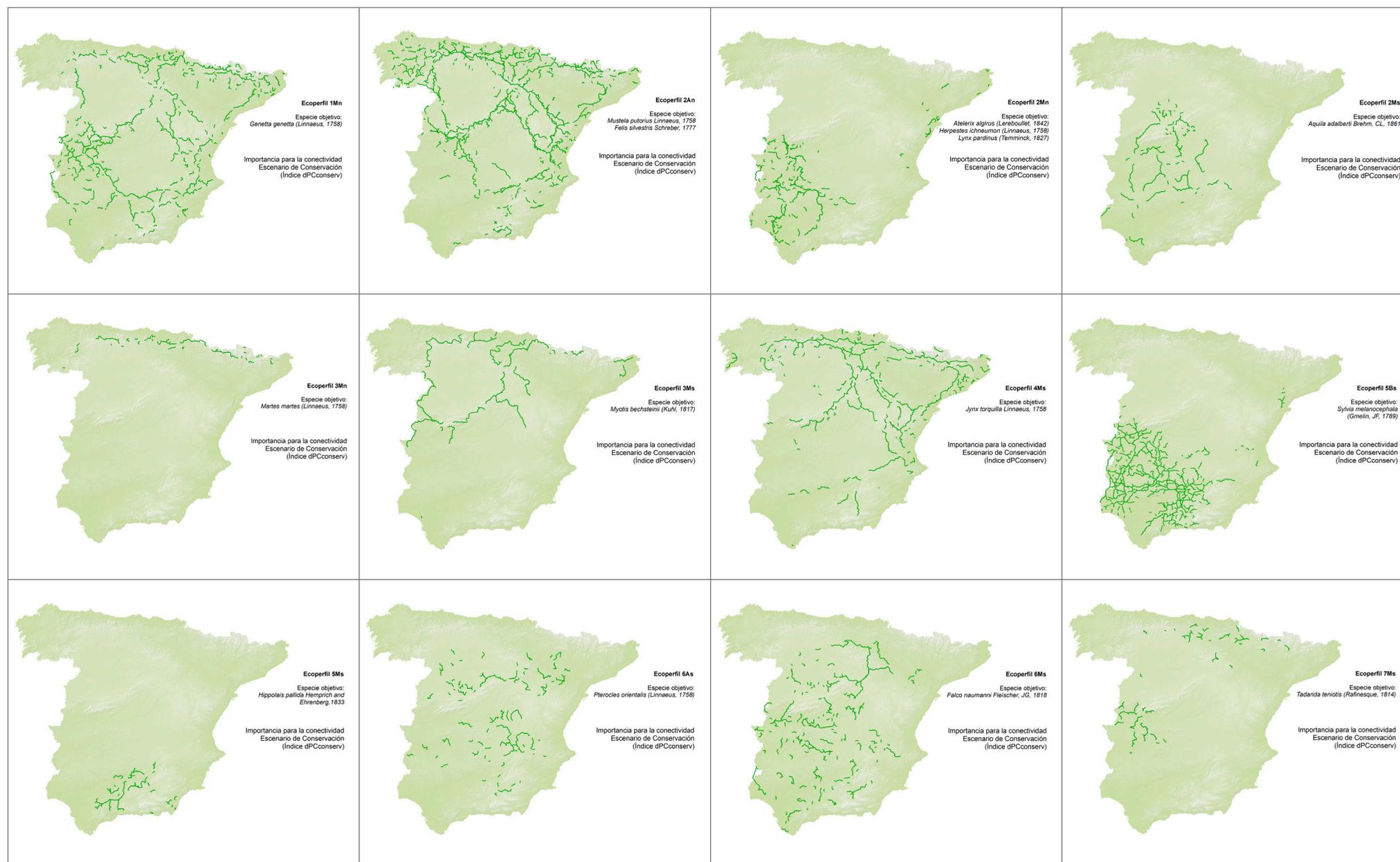


FIGURA 4. CORREDORES (RUTAS POTENCIALES CON MAYOR FACILIDAD DE DESPLAZAMIENTO) PRIORITARIOS IDENTIFICADOS PARA CADA UNO DE LOS ECOPERFILES EN **ESCENARIO DE CONSERVACIÓN**. LA PÉRDIDA DE ESTOS CORREDORES SUPONDRÍA UN IMPACTO NEGATIVO SIGNIFICATIVO SOBRE LA CONECTIVIDAD DE LA RED, POR LO QUE ES IMPORTANTE ASEGURAR, AL MENOS, EL MANTENIMIENTO DE SUS CONDICIONES ACTUALES.

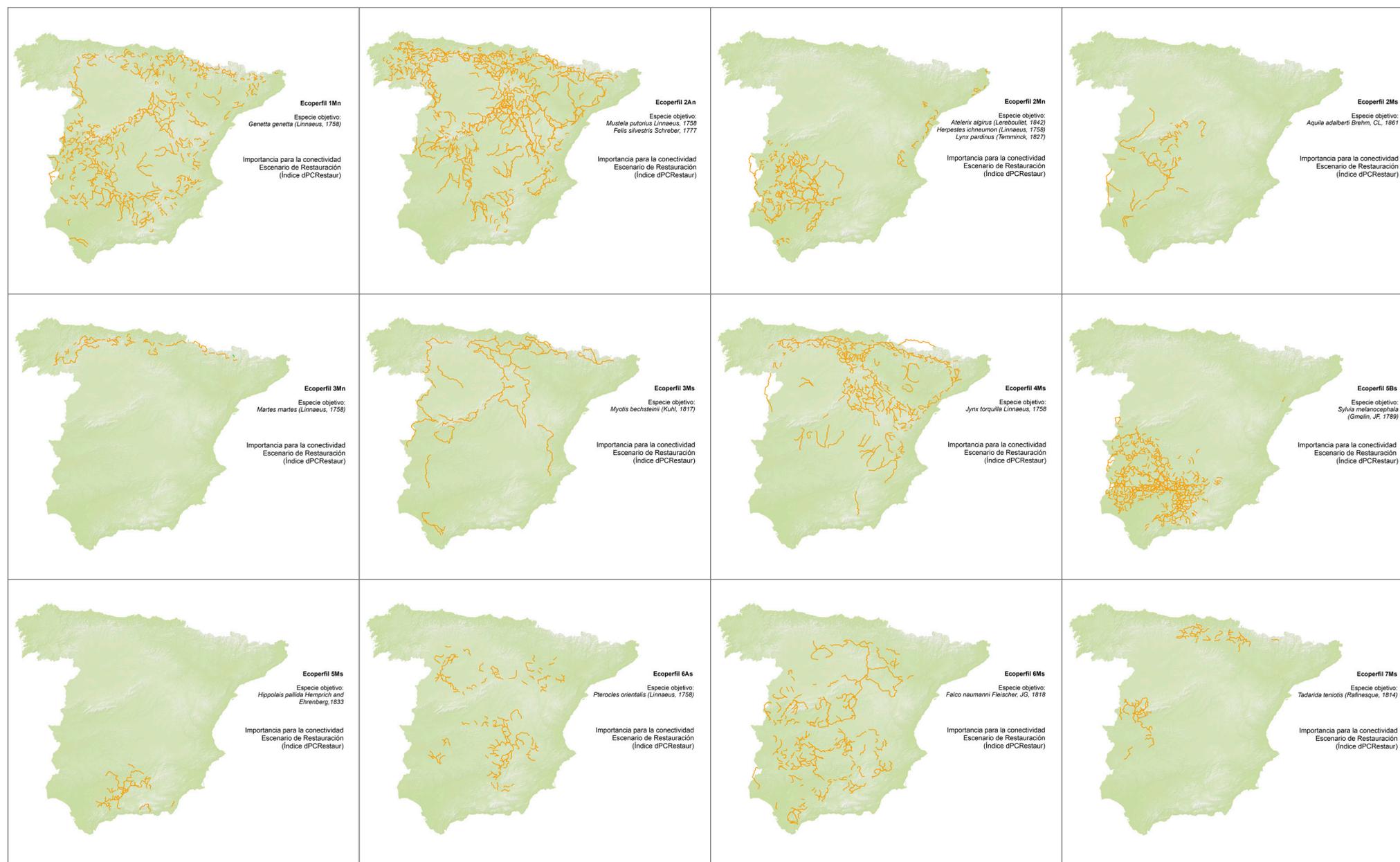


FIGURA 5. CORREDORES (RUTAS POTENCIALES CON MAYOR FACILIDAD DE DESPLAZAMIENTO) PRIORITARIOS IDENTIFICADOS PARA CADA UNO DE LOS ECOPERFILES EN **ESCENARIO DE RESTAURACIÓN**. LA MEJORA DE LAS CONDICIONES DE ESTOS CORREDORES HASTA UNAS CONDICIONES IDEALES IMPLICARÍA UN BENEFICIO MÁXIMO EN TÉRMINOS DE INCREMENTO DE LA CONECTIVIDAD DE LA RED.

B.3.2 CORREDORES PRIORITARIOS, USOS DEL SUELO Y ESTADO DE PROTECCIÓN

ELEMENTOS CONECTORES Y USOS DE SUELO

Con el fin de caracterizar territorialmente los diferentes elementos conectores, se analizaron los usos del del suelo , estableciendo los ámbitos geográficos por los que discurren . La distribución de los tipos de cubierta correspondiente al área de influencia de los corredores identificados se resume en las Tablas 4 y 5. Se comprueba el carácter heterogéneo de dichos elementos, que implica características más o menos favorables para el cumplimiento de su funcionalidad y papel conector.

Globalmente, los tipos de cubierta “matorral”, “pastizal” y “bosque” fueron los más representados en los corredores prioritarios tanto en los escenarios de conservación como de restauración. Esto pone de manifiesto el papel predominante de estos tipos de uso del suelo para la conectividad a escala nacional. Por su parte, el “cultivo de secano” mostró un papel significativo en los ecoperfiles esteparios (6As y 6Ms) y el “cultivo leñoso” en el ecoperfil ligado al matorral (5Ms).

22 Como información se ha empleado la cartografía correspondiente al proyecto Corine Land Cover, 2018.

23 Para la caracterización de las zonas recorridas por los corredores prioritarios se ha establecido un área de influencia -buffer- de 500 m a ambos lados.



ESCENARIO DE CONSERVACIÓN											
											Datos expresados en %
Ecoperfil	Bosque	Cultivo intensivo	Cultivo leñoso	Cultivo con zonas naturales	Cultivo (secano anual)	Dehesa	Matorral	Matorral de transición	Otros	Pastizal	Urbano
 1Mn	45,69	0,23	2,67	0,44	3,29	12,45	16,12	1,46	0,71	16,91	0,03
 2An	45,66	0,14	1,14	1,85	6,72	0,75	27,48	2,04	0,55	13,64	0,03
2Mn	8,45	0,39	15,24	0,43	12,31	28,90	14,54	8,12	3,52	8,06	0,04
2Ms	6,92	0,21	1,62	0,11	44,91	18,73	1,07	6,63	3,43	16,30	0,06
 3Mn	53,44	0,06	0,00	2,00	0,42	0,00	27,56	0,42	1,11	14,97	0,01
3Ms	54,46	0,06	0,86	0,36	1,54	0,32	23,21	5,46	0,52	13,17	0,04
 4Ms	63,12	0,14	1,65	1,31	4,16	0,02	25,47	0,45	0,22	3,41	0,06
 5Ms	0,37	0,14	63,95	0,26	3,03	0,51	20,38	2,36	3,85	5,13	0,03
5Bs	4,12	0,08	28,76	1,88	2,17	34,62	11,93	11,09	3,33	2,01	0,02
 6As	0,35	0,27	6,06	4,53	72,96	1,56	1,94	1,86	0,74	9,71	0,02
6Ms	0,89	0,55	13,95	0,41	48,93	14,27	1,27	5,04	1,87	12,79	0,03
 7Ms	35,92	0,09	0,26	0,11	1,93	16,59	22,92	0,76	3,11	18,29	0,01

TABLA 4. PROPORCIÓN DE TIPOS DE CUBIERTAS PREDOMINANTES EN LAS ZONAS POR DONDE TRANSCURREN LOS CORREDORES PRIORITARIOS PARA LA CONSERVACIÓN. EN NEGRITA SE SEÑALAN LOS TRES VALORES MÁS ALTOS DE CADA ECOPERFIL, Y EN CURSIVA LOS TIPOS DE CUBIERTA COINCIDENTES CON LA PREFERENCIA DEL ECOPERFIL.

ESCENARIO DE RESTAURACIÓN											
											Datos expresados en %
Ecoperfil	Bosque	Cultivo intensivo	Cultivo leñoso	Cultivo con zonas naturales	Cultivo (secano anual)	Dehesa	Matorral	Matorral de transición	Otros	Pastizal	Urbano
 1Mn	36,13	0,48	6,93	0,64	8,26	12,33	15,45	1,87	1,13	16,72	0,06
 2An	40,73	0,48	4,71	1,86	13,04	1,78	21,19	2,31	0,92	12,93	0,05
2Mn	7,58	0,38	15,09	0,29	12,91	32,31	12,92	8,18	1,70	8,58	0,05
2Ms	15,78	0,04	1,61	0,10	21,96	27,93	3,05	11,09	1,74	16,71	0,01
 3Mn	47,02	0,03	0,02	2,62	1,05	0,00	31,89	0,56	2,13	14,59	0,08
3Ms	53,19	0,43	2,76	0,36	4,96	0,80	18,06	5,15	1,52	12,75	0,04
 4Ms	49,66	0,23	2,87	2,56	16,16	0,02	22,69	0,38	0,23	5,19	0,02
 5Ms	0,47	0,48	70,77	0,28	2,83	0,44	15,95	1,85	1,99	4,86	0,08
5Bs	6,45	0,12	28,42	1,36	3,61	31,93	11,68	11,18	2,10	3,14	0,02
 6As	0,37	0,77	13,15	3,60	65,05	2,11	3,70	2,63	0,94	7,66	0,03
6Ms	2,20	0,89	13,97	0,43	45,16	13,38	2,23	4,88	1,62	15,20	0,04
 7Ms	34,36	0,41	1,91	0,29	8,57	10,83	23,72	1,13	3,92	14,77	0,08

TABLA 5. PROPORCIÓN DE TIPOS DE CUBIERTA PREDOMINANTES EN LAS ZONAS POR DONDE TRANSCURREN LOS CORREDORES PRIORITARIOS PARA LA RESTAURACIÓN. EN NEGRITA SE SEÑALAN LOS TRES VALORES MÁS ALTOS DE CADA ECOPERFIL, Y EN CURSIVA LOS TIPOS DE CUBIERTA COINCIDENTES CON LA PREFERENCIA DEL ECOPERFIL.

ELEMENTOS CONECTORES Y ESTADO DE PROTECCIÓN

Se analizó la superficie de espacios protegidos²⁴ coincidente con los elementos conectores identificados (corredores y teselas de hábitat) prioritarios para la conservación y restauración. Los resultados se muestran en las tablas 6 y 7.

Tabla 6. Longitud total y estado de protección de los corredores ecológicos prioritarios para la conservación y restauración según ecoperfil.



24 Cartografía de "Espacios Naturales Protegidos" del Banco de [Datos de la Naturaleza](#). Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico.

CORREDORES PRIORITARIOS						
Ecoperfil	Escenario de conservación			Escenario de restauración		
	Longitud Total (km)	Longitud Protegida (km)	Proporción Protegida	Longitud Total (km)	Longitud Protegida (km)	Proporción Protegida
 1Mn	8.939,33	2.253,03	25,20	13.699,68	2.300,46	16,79
 2An	12.326,48	3.109,77	25,23	19.829,25	3.226,30	16,27
2Mn	3.320,34	582,33	17,54	5.810,70	1.058,10	18,21
2Ms	2.414,56	160,01	6,63	2.543,47	332,79	13,08
 3Mn	933,38	272,25	29,17	1.583,27	495,47	31,29
3Ms	3.085,65	999,04	32,38	5.192,26	1.300,51	25,05
 4Ms	6.372,29	1.841,93	28,91	9.440,72	1.430,70	15,15
 5Ms	1.018,02	149,00	14,64	1.346,89	217,71	16,16
5Bs	8.033,25	1.438,44	17,91	9.717,10	2.206,06	22,70
 6As	2.820,61	48,02	1,70	3.839,98	153,42	4,00
6Ms	4.893,10	201,31	4,11	7.982,17	634,47	7,95
 7Ms	1.456,97	303,19	20,81	2.191,45	290,38	13,25

TABLA 6. LONGITUD TOTAL Y ESTADO DE PROTECCIÓN DE LOS CORREDORES ECOLÓGICOS PRIORITARIOS PARA LA CONSERVACIÓN Y RESTAURACIÓN SEGÚN ECOPERFIL.

TESELAS DE HÁBITAT PRIORITARIAS PARA LA CONSERVACIÓN			
Ecoperfil	Superficie Total (ha)	Superficie protegida (ha)	Proporción de superficie protegida
 1Mn	2.314.137,66	549.606,57	23,75
 2An	2.972.116,23	1.020.876,19	34,35
2Mn	954.842,61	217.208,87	22,75
2Ms	437.435,20	60.104,67	13,74
 3Mn	282.628,52	90.692,24	32,09
3Ms	301.517,00	130.441,45	43,26
 4Ms	1.508.372,45	473.649,25	31,40
 5Ms	325.588,00	35.625,85	10,94
5Bs	10.915.913,09	1.899.671,17	17,40
 6As	767.139,00	11.112,48	1,45
6Ms	1.100.989,73	57.689,27	5,24
 7Ms	1.155.885,68	225.139,42	19,48

TABLA 7. SUPERFICIE TOTAL Y ESTADO DE PROTECCIÓN DE LAS TESELAS DE HÁBITAT PRIORITARIAS PARA CONSERVACIÓN SEGÚN ECOPERFIL.

B.3.3 CORREDORES PRIORITARIOS E INFRAESTRUCTURAS DE TRANSPORTE

Las infraestructuras lineales de transporte están asociadas a un proceso de fragmentación de hábitats cuyo efecto sobre la conservación de la biodiversidad puede ser muy relevante. Este tipo de infraestructuras constituyen una de las principales presiones sobre el medio natural en Europa, donde la red de carreteras ha experimentado un notable desarrollo en las últimas décadas. Estas infraestructuras pueden constituir barreras impermeables al paso de especies y causar aislamiento entre poblaciones e incrementar su tasa de mortalidad por atropellos. Asimismo, la iluminación artificial y el ruido del tráfico pueden tener un efecto negativo adicional sobre los animales, bien atrayendo especies que pueden sufrir mortalidad o ahuyentándolas, incrementando el efecto barrera. La identificación de áreas a desfragmentar para reducir los impactos de las infraestructuras lineales de transporte en la biodiversidad ha sido un tema prioritario del [Grupo de Trabajo de Fragmentación de Hábitats causada por infraestructuras de transporte](#) de la Administración General del Estado.

Particularmente en el año 2013 se desarrolló un estudio detallado sobre esta temática a escala nacional ([MAGRAMA](#), 2013).

25 La red de infraestructuras de transporte se ha obtenido a partir de la Base Cartográfica Nacional a escala de 1:200.000 (BCN200). Se han considerado las siguientes categorías: a) Autopistas y autopistas, b) Carreteras Nacionales y autonómicas (de primer, segundo y tercer orden) y líneas de ferrocarril convencionales y de alta velocidad. Para todas ellas se han tenido en cuenta los tramos elevados y superficiales, descartando aquellos tramos que discurren bajo tierra (túneles), asumiendo que no afectan de manera directa al hábitat que atraviesan.

Como complemento a lo anterior, en el presente trabajo, se llevó a cabo un análisis de intersecciones entre las vías de transporte²⁵ y los corredores prioritarios para conservación y restauración establecidos para los ecoperfiles objeto de estudio (Figuras 7 y 8, respectivamente). Estos resultados permiten avanzar en la mitigación de las afecciones en zonas en las que la red de vías en funcionamiento pueda

estar causando efectos negativos significativos sobre la conservación de la biodiversidad y mejorar la conectividad ecológica del territorio. Ello contribuirá a reforzar la infraestructura verde y a restaurar ecosistemas y paisajes degradados en mayor o menor medida, reduciendo riesgos para la seguridad vial.

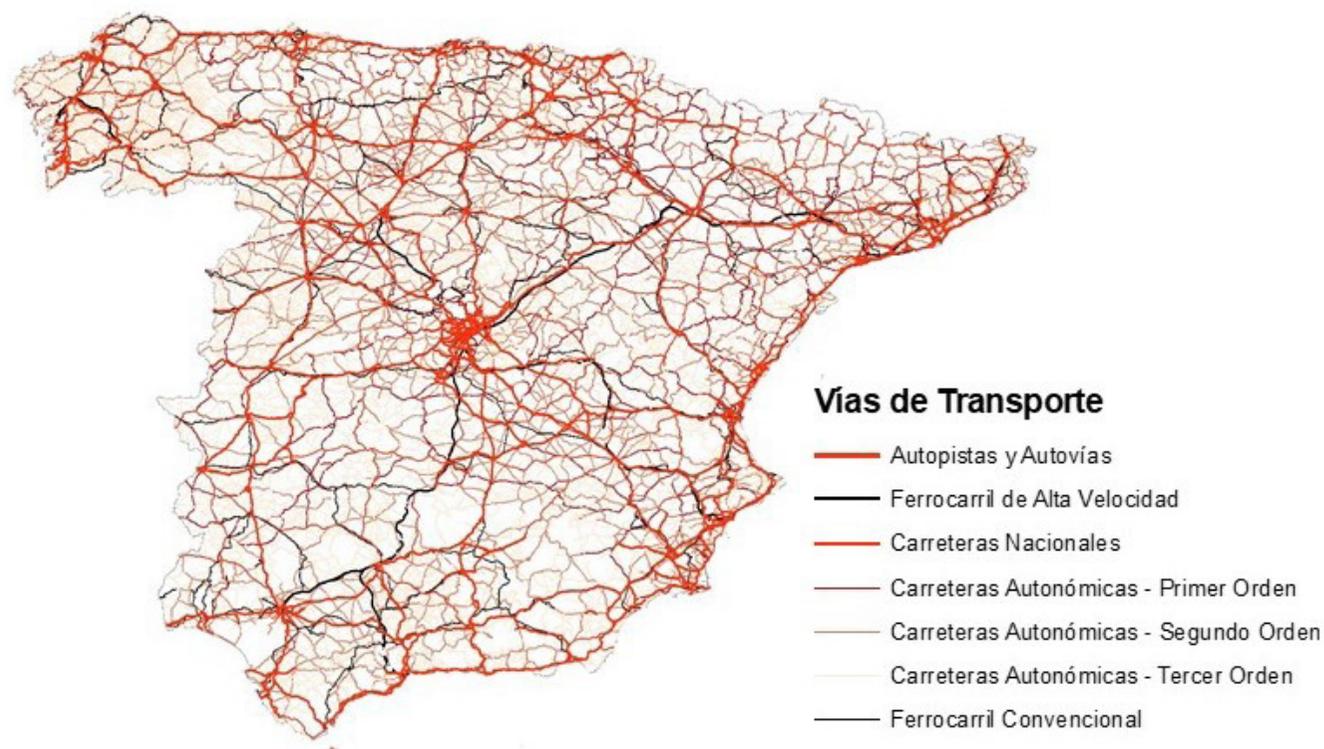


FIGURA 6. VÍAS DE TRANSPORTE POSIBLE ORIGEN DE FRAGMENTACIÓN DE CONECTORES.

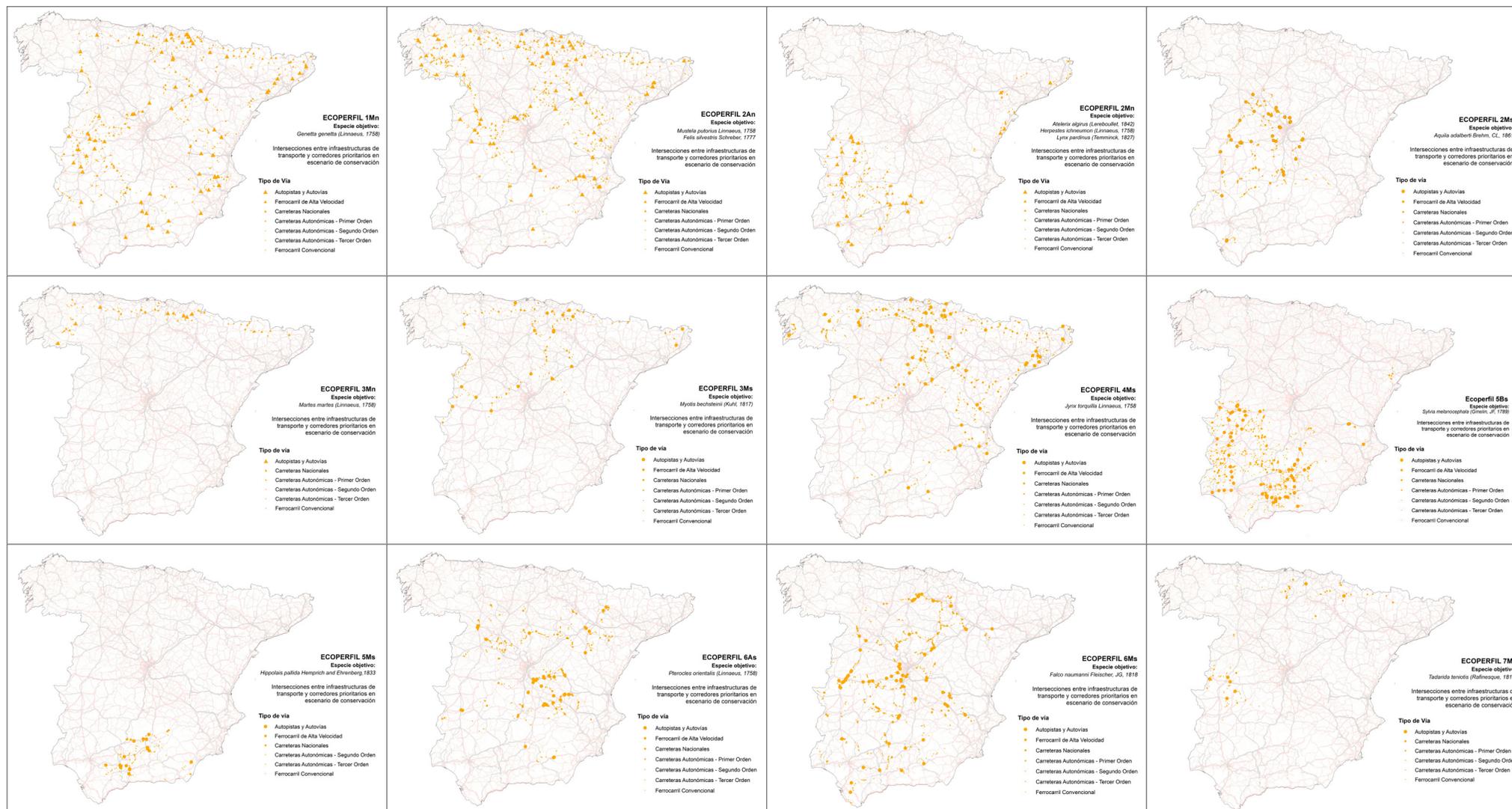


FIGURA 7. INTERSECCIONES ENTRE CORREDORES ECOLÓGICOS PRIORITARIOS PARA LA CONSERVACIÓN Y VÍAS DE TRANSPORTE. LA LEYENDA CATEGORIZA LAS INTERSECCIONES ATENDIENDO A LA ENTIDAD DE LA VÍA DE TRANSPORTE MEDIANTE EL TAMAÑO DEL SÍMBOLO, Y LA SENSIBILIDAD DE LOS ECOPERFILES A BARRERAS LINEALES MEDIANTE EL TIPO DE SÍMBOLO: ESPECIES TERRESTRES (Δ) Y ESPECIES VOLADORAS (•).

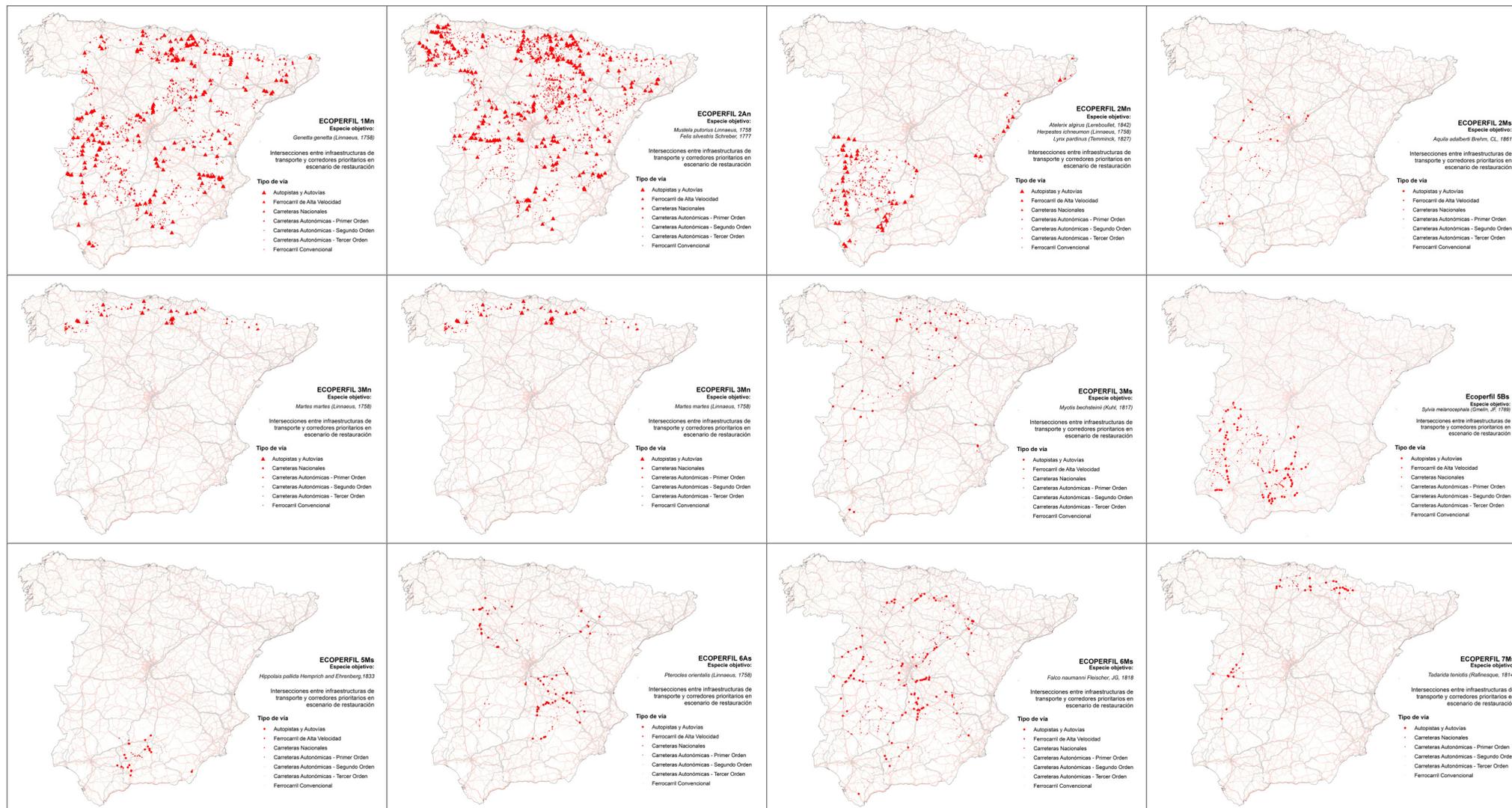


FIGURA 8. INTERSECCIONES ENTRE CORREDORES ECOLÓGICOS PRIORITARIOS PARA RESTAURACIÓN Y VÍAS DE TRANSPORTE. LA LEYENDA CATEGORIZA LAS INTERSECCIONES ATENDIENDO A LA ENTIDAD DE LA VÍA DE TRANSPORTE MEDIANTE EL TAMAÑO DEL SÍMBOLO, Y LA SENSIBILIDAD DE LOS ECOPERFILES A BARRERAS LINEALES MEDIANTE EL TIPO DE SÍMBOLO: ESPECIES TERRESTRES (Δ) Y ESPECIES VOLADORAS (•).

RESUMEN Y CONCLUSIONES

La [Estrategia Nacional de Infraestructura Verde y de la Conectividad y Restauración Ecológica](#) (ENI-VCRE)²⁶ es el documento de planificación estratégica que regula la implantación y el desarrollo de la Infraestructura Verde en España y establece, con este fin, un marco administrativo y técnico armonizado para el conjunto del territorio español, incluyendo las aguas marítimas bajo soberanía o jurisdicción nacional.

El presente ejercicio piloto se ha desarrollado en el marco de la validación de los procedimientos planteados en la [Guía Metodológica para la Identificación de la Infraestructura Verde de España](#) para la valoración de la conectividad ecológica y con el objetivo de identificar, en primera aproximación, una red de corredores que permita vertebrar dicha conectividad a escala estatal. Los análisis se han llevado a cabo mediante dos aproximaciones metodológicas: una primera siguiendo los procedimientos descritos en la referida Guía: **densidad de caminos de coste mínimo** y, complementariamente, una segunda modelización ampliamente utilizada en estudios de conectividad, con gran interés para su aplicación en el establecimiento de prioridades en la gestión del territorio: **modelo de grafos espaciales y disponibilidad de hábitat a escala paisaje**.

En ambos casos, las zonas de origen y destino para las que se han modelizado los elementos conectores son teselas de hábitat integradas en el área de distribución de especies amenazadas (15 especies focales) representativas de 12 ecoperfiles²⁷. Los análisis se han abordado desde una perspectiva funcional, analizando la heterogeneidad del territorio y valorando la resistencia que los diferentes usos del suelo imponen al movimiento de las especies.

Para ello, se han determinado superficies de resistencia que caracterizan el grado de permeabilidad de la matriz territorial y representan la dificultad (coste energético, mortalidad, etc.) que para una especie implica atravesar cada celda del paisaje, atendiendo a los diferentes tipos de cubierta presentes en las mismas.

Esta información ha permitido abordar el cálculo de caminos de coste mínimo, entendidos como aquellos ámbitos cuyo coste acumulado requerido para ser recorrido por una especie (suma de los valores de resistencia de las celdas que atraviesa) es inferior al de cualquier otro camino alternativo que conecte las teselas de su hábitat.

Como resultado de la aplicación de la primera de las metodologías se dispone de un conjunto de va-

lores para cada celda del territorio que caracterizan su contribución a la conectividad ecológica expresada en términos de densidad de caminos de coste mínimo, es decir, número de rutas coincidentes en un territorio dado que presentan carácter preferente para el movimiento de las especies. Los resultados correspondientes a cada uno de los ecoperfiles se agregaron para representar la **importancia global para la conectividad de cada unidad geográfica**²⁸, que permite priorizar las zonas que, potencialmente, facilitan las conexiones de un mayor número de especies.

26 Orden PCM/735/2021, de 9 de julio, por la que se aprueba la Estrategia Nacional de Infraestructura Verde y de la Conectividad y Restauración Ecológicas

27 Los ecoperfiles se han definido en función de la sensibilidad de las especies a la fragmentación, mediante las variables 'tipo de cubierta preferente', 'requerimiento de área', 'capacidad de dispersión', y 'sensibilidad a barreras lineales' (especies voladoras y no voladoras). Ver Anexo II.

28 Los resultados obtenidos proporcionan información cuantitativa y espacialmente explícita sobre la red de corredores ecológicos a escala estatal y permiten su fácil integración cartográfica con los demás aspectos contemplados en la Guía Metodológica para la Identificación de la Infraestructura Verde de España (Biodiversidad amenazada y Servicios de los Ecosistemas).

La segunda aproximación, basada en el cálculo del índice probabilidad de conectividad²⁹, evalúa la probabilidad de que dos puntos seleccionados al azar en el paisaje se sitúen en zonas de hábitat interconectadas entre sí²⁹. Para la determinación de los elementos conectores se tienen en cuenta la resistencia de la matriz territorial, la capacidad de dispersión de las especies, la cantidad de recursos de hábitat que pueden encontrarse dentro de una determinada tesela y los que pueden alcanzarse a través de las conexiones directas o indirectas con otras teselas. La conectividad para una determinada especie y ámbito territorial dependerá del grado de conexión entre teselas y de la superficie de hábitat disponible. Así, la conectividad será inferior cuando las teselas de hábitat se encuentren aisladas, o cuando el hábitat disponible sea escaso, aunque las teselas estén altamente interconectadas. Esta aproximación ha permitido identificar las zonas prioritarias de actuación en escenarios de conservación y de restauración.

Se ha evaluado el grado de protección de los elementos del paisaje -corredores y teselas de hábitat- prioritarios, así como caracterizado los usos correspondientes a los ámbitos geográficos que recorren, lo que permite establecer las características más o menos favorables para el cumplimiento de la función conectora de los corredores.

Finalmente, se han identificado los puntos críticos de fragmentación originados por la coincidencia de corredores prioritarios (en los escenarios de conservación y restauración) con infraestructuras li-

neales de transporte. Estos análisis preliminares han tenido en cuenta las diferentes dimensiones de las vías de transporte, así como la sensibilidad de los ecoperfiles a la presencia de estos elementos, que condiciona el tipo de medida a adoptar para la mejora de la permeabilidad.

El presente estudio proporciona herramientas científico-técnicas potencialmente útiles en la planificación y gestión territorial. Se trata de una primera aproximación que permite, en sucesivos trabajos de mayor detalle y escala, abordar análisis de conectividad de forma coherente y comparable. Las extensas redes de corredores prioritarios aquí obtenidas son susceptibles de vertebrar la conectividad ecológica a escala estatal, proporcionando un amplio abanico de opciones territoriales para seleccionar los mejores lugares sobre los que continuar avanzando en los análisis de conectividad.

29 Este tipo de análisis se realiza sobre un número de caminos de coste mínimo mucho menor que en el caso del análisis con UNICOR, de forma que es factible el cálculo del índice probabilidad de conectividad para la red completa, y para la misma red en el supuesto de perder uno de sus elementos (corredor o nodo), o en el supuesto de disminución de la resistencia de un corredor concreto. De esta forma se calculan los valores del índice en cada escenario (conservación en el primer caso y restauración en el segundo), mediante su variación relativa. El resultado es la priorización sobre corredores concretos no obteniéndose valores para la gran mayoría de píxeles del territorio, a diferencia de la estimación de la densidad de caminos de coste mínimo.



ANEXO

LISTADO DE ESPECIES Y ASIGNACIÓN DE VALORES A LAS VARIABLES PARA LA DEFINICIÓN DE ECOPERFILES

Listado de especies de aves y mamíferos del listado inicial de especies amenazadas. Se han agrupado en ecoperfiles según combinación de variables indicadoras de la sensibilidad a la fragmentación. CUB: Tipo de cubierta preferida; AREA: Requerimiento de área para mantener población estable; DISP: Capacidad de dispersión; VOLAD: Sensibilidad a barreras terrestres; VFRAG: Vulnerabilidad a la fragmentación.

Variable	Descripción	Código
CUB	Tipo de cubierta preferida	
	Generalistas	1
	Mosaico (requieren de varios tipos de hábitat)	2
	Arbolado denso / (especialistas)	3
	Arbolado claro / (especialistas)	4
	Matorral / (especialistas)	5
	Estepario / (especialistas)	6
	Ripario / (especialistas)	7
	Cursos y masas de agua / (especialistas)	8
ÁREA	Requerimiento de área (Área mínima para mantener población estable)	
	1-10 ha	1
	10-100 ha	2
	100-1.000 ha	3
	1.000-10.000 ha	4
	>10.000 ha	5
DISP	Capacidad de dispersión (según distancia mediana, considerando valores de resistencia medios en España)	
	Alta / >20 km	1
	Media / 5-20 km	2
	Baja / 1-5 km	3
VOLAD	Sensibilidad a barreras terrestres	
	Especies voladoras	1
	Especies no voladoras	2
VFRAG	Vulnerabilidad a la fragmentación (determinada por las variables ÁREA y DISP)	
	Alta	A
	Media	M
	Baja	B

Especie	Clase	Familia	CUB	ÁREA	DISP	VOLAD	VFRAG	ECOPERFIL
<i>Apus caffer</i> (Lichtenstein, MHK, 1823)	Aves	Apodidae	1	1	1	1	B	1Bs
<i>Asio flammeus</i> (Pontoppidan, 1763)	Aves	Strigidae	1	3	1	1	B	1Bs
<i>Carduelis cannabina</i> Linnaeus, 1758	Aves	Fringillidae	1	2	1	1	B	1Bs
<i>Cercotrichas galactotes</i> (Temminck, 1820)	Aves	Muscicapidae	1	2	1	1	B	1Bs
<i>Columba oenas</i> Linnaeus, 1758	Aves	Columbidae	1	2	1	1	B	1Bs
<i>Eptesicus serotinus</i> (Schreber, 1774)	Mammalia	Vespertilionidae	1	2	1	1	B	1Bs
<i>Erithacus rubecula</i> (Linnaeus, 1758)	Aves	Muscicapidae	1	1	1	1	B	1Bs
<i>Hypsugo savii</i> (Bonaparte, 1837)	Mammalia	Vespertilionidae	1	2	1	1	B	1Bs
<i>Myotis emarginatus</i> (E. Geoffroy, 1806)	Mammalia	Vespertilionidae	1	3	1	1	B	1Bs
<i>Phylloscopus canariensis</i> (Hartwig, 1886)	Aves	Phylloscopidae	1	1	3	1	B	1Bs
<i>Plecotus austriacus</i> (J. Fischer, 1829)	Mammalia	Vespertilionidae	1	3	1	1	B	1Bs
<i>Rhinolophus ferrumequinum</i> (Schreber, 1774)	Mammalia	Rhinolophidae	1	3	1	1	B	1Bs
<i>Serinus canaria</i> (Linnaeus, 1758)	Aves	Fringillidae	1	1	3	1	B	1Bs
<i>Alectoris rufa</i> (Linnaeus, 1758)	Aves	Phasianidae	1	2	3	1	M	1Ms
<i>Corvus frugilegus</i> Linnaeus, 1758	Aves	Corvidae	1	3	2	1	M	1Ms
<i>Pipistrellus pipistrellus</i> (Schreber, 1774)	Mammalia	Vespertilionidae	1	4	1	1	M	1Ms
<i>Pipistrellus pygmaeus</i> (Leach, 1825)	Mammalia	Vespertilionidae	1	3	3	1	M	1Ms
<i>Rhinolophus hipposideros</i> (Bechstein, 1800)	Mammalia	Rhinolophidae	1	3	2	1	M	1Ms
<i>Tyto alba</i> (Scopoli, 1769)	Aves	Tytonidae	1	2	3	1	M	1Ms
<i>Canis lupus</i> Linnaeus, 1758	Mammalia	Canidae	1	5	1	2	M	1Mn
<i>Genetta genetta</i> (Linnaeus, 1758)	Mammalia	Viverridae	1	3	2	2	M	1Mn
<i>Barbastella barbastellus</i> (Schreber, 1774)	Mammalia	Vespertilionidae	2	2	1	1	B	2Bs
<i>Ciconia nigra</i> (Linnaeus, 1758)	Aves	Ciconiidae	2	3	1	1	B	2Bs
<i>Coracias garrulus</i> Linnaeus, 1758	Aves	Coraciidae	2	2	1	1	B	2Bs
<i>Gallinago gallinago</i> (Linnaeus, 1758)	Aves	Scolopacidae	2	3	1	1	B	2Bs
<i>Lanius minor</i> Gmelin, JF, 1788	Aves	Laniidae	2	2	1	1	B	2Bs
<i>Miniopterus schreibersii</i> (Kuhl, 1817)	Mammalia	Miniopteridae	2	3	1	1	B	2Bs

Especie	Clase	Familia	CUB	ÁREA	DISP	VOLAD	VFRAG	ECOPERFIL
<i>Oenanthe hispanica</i> (Linnaeus, 1758)	Aves	Muscicapidae	2	2	1	1	B	2Bs
<i>Oenanthe leucura</i> (Gmelin, JF, 1789)	Aves	Muscicapidae	2	1	1	1	B	2Bs
<i>Pernis apivorus</i> (Linnaeus, 1758)	Aves	Accipitridae	2	3	1	1	B	2Bs
<i>Phylloscopus trochilus</i> (Linnaeus, 1758)	Aves	Phylloscopidae	2	1	3	1	B	2Bs
<i>Plecotus macrobullaris</i> Kuzjakin, 1965	Mammalia	Vespertilionidae	2	2	1	1	B	2Bs
<i>Plegadis falcinellus</i> (Linnaeus, 1766)	Aves	Threskiornithidae	2	2	1	1	B	2Bs
<i>Rhinolophus mehelyi</i> Matschie, 1901	Mammalia	Rhinolophidae	2	3	1	1	B	2Bs
<i>Streptopelia turtur</i> (Linnaeus, 1758)	Aves	Columbidae	2	1	1	1	B	2Bs
<i>Sylvia conspicillata</i> Temminck, 1820	Aves	Sylviidae	2	2	1	1	B	2Bs
<i>Vanellus vanellus</i> (Linnaeus, 1758)	Aves	Charadriidae	2	3	1	1	B	2Bs
<i>Aegypius monachus</i> (Linnaeus, 1766)	Aves	Accipitridae	2	5	1	1	M	2Ms
<i>Aquila adalberti</i> Brehm, CL, 1861	Aves	Accipitridae	2	5	1	1	M	2Ms
<i>Aquila chrysaetos</i> (Linnaeus, 1758)	Aves	Accipitridae	2	5	1	1	M	2Ms
<i>Circaetus gallicus</i> (Gmelin, JF, 1788)	Aves	Accipitridae	2	5	1	1	M	2Ms
<i>Elanus caeruleus</i> (Desfontaines, 1789)	Aves	Accipitridae	2	4	1	1	M	2Ms
<i>Falco eleonora</i> G�n�, 1839	Aves	Falconidae	2	5	1	1	M	2Ms
<i>Falco pelegrinoides</i> Temminck, 1829	Aves	Falconidae	2	4	1	1	M	2Ms
<i>Falco peregrinus</i> Tunstall, 1771	Aves	Falconidae	2	4	1	1	M	2Ms
<i>Falco subbuteo</i> Linnaeus, 1758	Aves	Falconidae	2	4	1	1	M	2Ms
<i>Gypaetus barbatus</i> (Linnaeus, 1758)	Aves	Accipitridae	2	5	1	1	M	2Ms
<i>Lanius senator</i> Linnaeus, 1758	Aves	Laniidae	2	2	2	1	M	2Ms
<i>Locustella luscinioides</i> (Savi, 1824)	Aves	Locustellidae	2	3	2	1	M	2Ms
<i>Milvus migrans</i> (Boddaert, 1783)	Aves	Accipitridae	2	4	1	1	M	2Ms
<i>Milvus milvus</i> (Linnaeus, 1758)	Aves	Accipitridae	2	4	1	1	M	2Ms
<i>Myotis blythii</i> (Tomes, 1857)	Mammalia	Vespertilionidae	2	4	1	1	M	2Ms
<i>Myotis capaccinii</i> (Bonaparte, 1837)	Mammalia	Vespertilionidae	2	4	1	1	M	2Ms
<i>Myotis daubentonii</i> (Kuhl, 1817)	Mammalia	Vespertilionidae	2/8	4	1	1	M	2Ms

Especie	Clase	Familia	CUB	ÁREA	DISP	VOLAD	VFRAG	ECOPERFIL
<i>Myotis myotis</i> (Borkhausen, 1797)	Mammalia	Vespertilionidae	2	4	1	1	M	2Ms
<i>Myotis mystacinus</i> (Kuhl, 1817)	Mammalia	Vespertilionidae	2	2	3	1	M	2Ms
<i>Neophron percnopterus</i> (Linnaeus, 1758)	Aves	Accipitridae	2	4	1	1	M	2Ms
<i>Nyctalus leisleri</i> (Kuhl, 1817)	Mammalia	Vespertilionidae	2	5	1	1	M	2Ms
<i>Pandion haliaetus</i> (Linnaeus, 1758)	Aves	Pandionidae	2	4	1	1	M	2Ms
<i>Pipistrellus kuhlii</i> (Kuhl, 1817)	Mammalia	Vespertilionidae	2	2	3	1	M	2Ms
<i>Pipistrellus nathusii</i> (Keyserling & Blasius, 1839)	Mammalia	Vespertilionidae	2	5	1	1	M	2Ms
<i>Plecotus auritus</i> (Linnaeus, 1758)	Mammalia	Vespertilionidae	2	2	3	1	M	2Ms
<i>Rhinolophus euryale</i> Blasius, 1853	Mammalia	Rhinolophidae	2	4	1	1	M	2Ms
<i>Atelerix algirus</i> (Lereboullet, 1842)	Mammalia	Erinaceidae	2	2	3	2	M	2Mn
<i>Capra pyrenaica</i> Schinz, 1838	Mammalia	Bovidae	2	3	3	2	M	2Mn
<i>Herpestes ichneumon</i> (Linnaeus, 1758)	Mammalia	Herpestidae	2	3	2	2	M	2Mn
<i>Lynx pardinus</i> (Temminck, 1827)	Mammalia	Felidae	2	4	1	2	M	2Mn
<i>Rupicapra pyrenaica</i> Bonaparte, 1845	Mammalia	Bovidae	2	3	2	2	M	2Mn
<i>Ursus arctos</i> Linnaeus, 1758	Mammalia	Ursidae	2	5	1	2	M	2Mn
<i>Felis silvestris</i> Schreber, 1777	Mammalia	Felidae	2	4	2	2	A	2An
<i>Mustela putorius</i> Linnaeus, 1758	Mammalia	Mustelidae	2	4	2	2	A	2An
<i>Aegolius funereus</i> (Linnaeus, 1758)	Aves	Strigidae	3/4	3	1	1	B	3Bs
<i>Columba bollii</i> Godman, 1872	Aves	Columbidae	3	2	2	1	M	3Ms
<i>Dendrocopos leucotos</i> (Bechstein, 1802)	Aves	Picidae	3	3	2	1	M	3Ms
<i>Dendrocopos medius</i> Linnaeus, 1758	Aves	Picidae	3	2	2	1	M	3Ms
<i>Myotis alcathoe</i> Helvesen & Heller, 2001	Mammalia	Vespertilionidae	3/8	2	3	1	M	3Ms
<i>Myotis bechsteinii</i> (Kuhl, 1817)	Mammalia	Vespertilionidae	3	2	2	1	M	3Ms
<i>Nyctalus lasiopterus</i> (Schreber, 1780)	Mammalia	Vespertilionidae	3	5	1	1	M	3Ms
<i>Nyctalus noctula</i> (Schreber, 1774)	Mammalia	Vespertilionidae	3	4	1	1	M	3Ms
<i>Martes martes</i> (Linnaeus, 1758)	Mammalia	Mustelidae	3/4	3	3	2	M	3Mn
<i>Sylvia hortensis</i> (Gmelin, JF, 1789)	Aves	Sylviidae	4	2	1	1	B	4Bs

Especie	Clase	Familia	CUB	ÁREA	DISP	VOLAD	VFRAG	ECOPERFIL
<i>Jynx torquilla</i> Linnaeus, 1758	Aves	Picidae	4	2	2	1	M	4Ms
<i>Tetrao urogallus subsp. aquitanicus</i>	Aves	Phasianidae	4	3	2	1	M	4Ms
<i>Tetrao urogallus subsp. cantabricus</i>	Aves	Phasianidae	4	3	2	1	M	4Ms
<i>Charadrius morinellus</i> Linnaeus, 1758	Aves	Charadriidae	5	2	1	1	B	5Bs
<i>Sylvia melanocephala</i> (Gmelin, JF, 1789)	Aves	Sylviidae	5	1	1	1	B	5Bs
<i>Hippolais pallida</i> Hemprich and Ehrenberg, 1833	Aves	Acrocephalidae	5	3	3	1	M	5Ms
<i>Turnix sylvaticus</i> (Desfontaines, 1789)	Aves	Turnicidae	5	4	3	1	A	5As
<i>Burhinus oedichnemus</i> (Linnaeus, 1758)	Aves	Burhinidae	6	3	1	1	B	6Bs
<i>Calandrella brachydactyla</i> (Leisler, 1814)	Aves	Alaudidae	6	2	1	1	B	6Bs
<i>Coturnix coturnix</i> (Linnaeus, 1758)	Aves	Phasianidae	6	2	1	1	B	6Bs
<i>Cursorius cursor</i> (Latham, 1787)	Aves	Glareolidae	6	3	1	1	B	6Bs
<i>Chersophilus duponti</i> (Vieillot, 1824)	Aves	Alaudidae	6	2	3	1	M	6Ms
<i>Circus pygargus</i> (Linnaeus, 1758)	Aves	Accipitridae	6	4	1	1	M	6Ms
<i>Falco naumanni</i> Fleischer, JG, 1818	Aves	Falconidae	6	4	1	1	M	6Ms
<i>Otis tarda</i> Linnaeus, 1758	Aves	Otididae	6	5	1	1	M	6Ms
<i>Pterocles alchata</i> (Linnaeus, 1766)	Aves	Pteroclididae	6	3	2	1	M	6Ms
<i>Tetrax tetrax</i> (Linnaeus, 1758)	Aves	Otididae	6	4	1	1	M	6Ms
<i>Pterocles orientalis</i> (Linnaeus, 1758)	Aves	Pteroclididae	6	4	2	1	A	6As
<i>Alcedo atthis</i> (Linnaeus, 1758)	Aves	Alcedinidae	7/8	2	1	1	B	7Bs
<i>Ardea purpurea</i> Linnaeus, 1766	Aves	Ardeidae	7/8	3	1	1	B	7Bs
<i>Ardeola ralloides</i> (Scopoli, 1769)	Aves	Ardeidae	7/8	3	1	1	B	7Bs
<i>Panurus biarmicus</i> (Linnaeus, 1758)	Aves	Panuridae	7	1	1	1	B	7Ms
<i>Tadarida teniotis</i> (Rafinesque, 1814)	Mammalia	Molossidae	7	4	1	1	M	7Ms
<i>Galemys pyrenaicus</i> (É. Geoffroy Saint-Hilaire, 1811)	Mammalia	Talpidae	7/8	2	3	2	M	7Mn
<i>Mustela lutreola</i> (Linnaeus, 1761)	Mammalia	Mustelidae	7/8	4	1	2	M	7Mn
<i>Lutra lutra</i> (Linnaeus, 1758)	Mammalia	Mustelidae	7/8	4	2	2	A	7An

Especie	Clase	Familia	CUB	ÁREA	DISP	VOLAD	VFRAG	ECOPERFIL
<i>Acrocephalus melanopogon</i> (Temminck, 1823)	Aves	Acrocephalidae	8	2	1	1	B	8Bs
<i>Acrocephalus paludicola</i> (Vieillot, 1817)	Aves	Acrocephalidae	8	2	1	1	B	8Bs
<i>Anas acuta</i> Linnaeus, 1758	Aves	Anatidae	8	3	1	1	B	8Bs
<i>Anas crecca</i> Linnaeus, 1758	Aves	Anatidae	8	3	1	1	B	8Bs
<i>Anas querquedula</i> Linnaeus, 1758	Aves	Anatidae	8	3	1	1	B	8Bs
<i>Anas strepera</i> Linnaeus, 1758	Aves	Anatidae	8	3	1	1	B	8Bs
<i>Aythya nyroca</i> (Güldenstädt, 1770)	Aves	Anatidae	8	3	1	1	B	8Bs
<i>Botaurus stellaris</i> (Linnaeus, 1758)	Aves	Ardeidae	8	2	1	1	B	8Bs
<i>Charadrius alexandrinus</i> Linnaeus, 1758	Aves	Charadriidae	8	2	1	1	B	8Bs
<i>Chlidonias hybrida</i> (Pallas, 1811)	Aves	Laridae	8	2	1	1	B	8Bs
<i>Chlidonias niger</i> (Linnaeus, 1758)	Aves	Laridae	8	2	1	1	B	8Bs
<i>Fulica cristata</i> Gmelin, JF, 1789	Aves	Rallidae	8	3	1	1	B	8Bs
<i>Glareola pratincola</i> (Linnaeus, 1766)	Aves	Glareolidae	8	3	1	1	B	8Bs
<i>Limosa limosa</i> (Linnaeus, 1758)	Aves	Scolopacidae	8	3	1	1	B	8Bs
<i>Marmaronetta angustirostris</i> (Ménétries, 1832)	Aves	Anatidae	8	3	1	1	B	8Bs
<i>Phoenicurus phoenicurus</i> (Linnaeus, 1758)	Aves	Muscicapidae	8	1	1	1	B	8Bs
<i>Platalea leucorodia</i> Linnaeus, 1758	Aves	Threskiornithidae	8	2	1	1	B	8Bs
<i>Sterna hirundo</i> Linnaeus, 1758	Aves	Laridae	8	3	1	1	B	8Bs
<i>Tringa totanus</i> (Linnaeus, 1758)	Aves	Scolopacidae	8	2	1	1	B	8Bs
<i>Haematopus ostralegus</i> Linnaeus, 1758	Aves	Haematopodidae	8	3	2	1	M	8Ms
<i>Larus audouinii</i> Payraudeau, 1826	Aves	Laridae	8	2	2	1	M	8Ms
<i>Netta rufina</i> (Pallas, 1773)	Aves	Anatidae	8	4	1	1	M	8Ms
<i>Numenius arquata</i> (Linnaeus, 1758)	Aves	Scolopacidae	8	4	1	1	M	8Ms
<i>Oxyura leucocephala</i> (Scopoli, 1769)	Aves	Anatidae	8	3	2	1	M	8Ms
<i>Phalacrocorax aristotelis desmarestii</i> (Payraudeau, 1826)	Aves	Phalacrocoracidae	8	2	2	1	M	8Ms

Especie	Clase	Familia	CUB	ÁREA	DISP	VOLAD	VFRAG	ECOPERFIL
<i>Phalacrocorax aristotelis subsp. aristotelis</i>	Aves	Phalacrocoracidae	8	2	2	1	M	8Ms
<i>Porzana porzana (Linnaeus, 1766)</i>	Aves	Rallidae	8	5	1	1	M	8Ms
<i>Porzana pusilla (Pallas, 1776)</i>	Aves	Rallidae	8	4	1	1	M	8Ms
<i>Recurvirostra avosetta Linnaeus, 1758</i>	Aves	Recurvirostridae	8	2	2	1	M	8Ms
<i>Sterna sandvicensis Latham, 1787</i>	Aves	Laridae	8	5	1	1	M	8Ms
<i>Tadorna tadorna (Linnaeus, 1758)</i>	Aves	Anatidae	8	4	1	1	M	8Ms
<i>Larus genei Brème, 1839</i>	Aves	Laridae	8	4	2	1	A	8As

BIBLIOGRAFÍA

Cushman, S.A., McKelvey, K.S. & Schwartz, M.K. 2009. Use of empirically derived source-destination models to map regional conservation corridors. *Conservation Biology* 23:368-376.

Etherington, T.R. 2016. Least-cost modelling and landscape ecology: concepts, applications, and opportunities. *Curr. Landsc. Ecol. Rep.* 1(1):40-53.

Lambeck, R. J. 1997. Focal Species: A Multi-Species Umbrella for Nature Conservation. *Conservation Biology* 11(4): 849-856.

Landguth, E.L., Hand, B.K., Glassy, J., Cushman, S.A., Sawaya, M.A. 2012. UNICOR: a species connectivity and corridor network simulator. *Ecography* 35:9-14.

McRae, B.H., Kavanagh D.M. 2011. Linkage Mapper Connectivity Analysis Software. The Nature Conservancy, Seattle, WA. Disponible en <https://linkage-mapper.org>.

MITECO. 2020. Guía metodológica para la identificación de los elementos de infraestructura verde de España. Estrategia Nacional de Infraestructura Verde y de La Conectividad y Restauración Ecológicas. Disponible en: https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/temas/ecosistemas-y-conectividad/guia_metod_inf_verde_tcm30-531071.pdf

Saura, S., Mateo-Sánchez, M.C., de la Fuente, B., Gastón, A. 2016. Estudio para la identificación de redes de conectividad entre espacios forestales de la Red Natura 2000 en España. Fundación Conde del Valle de Salazar. Escuela Técnica Superior de Inge-

nieros de Montes. Universidad Politécnica de Madrid. P. 54. http://awsassets.wwf.es/downloads/Informe_final_estudio_conectores_UPM.pdf

Saura, S., Pascual-Hortal, L. 2007. A new habitat availability index to integrate connectivity in landscape conservation planning: comparison with existing indices and application to a case study. *Landscape and Urban Planning* 83:91-103.

Saura, S., Torné, J. 2009. Conefor Sensinode 2.2: a software package for quantifying the importance of habitat patches for landscape connectivity. *Environmental Modelling and Software* 24: 135-139.

Taylor, P.D., Fahrig, L., Henein, K., Merriam, G. 1993. Connectivity is a vital element of landscape structure. *Oikos* 68:571.

Tischendorf, L., Fahrig, L. 2000. On the usage and measurement of landscape connectivity. *Oikos* 90:7-19.

Wade, A.A., McKelvey, K.S., Schwartz, M.K. 2015. Resistance-surface-based wildlife conservation connectivity modeling: Summary of efforts in the United States and guide for practitioners. Gen. Tech. Rep. RMRS-GTR-333. Fort Collins, CO: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station. 93 pp.

Zeller, K.A., McGarigal, K., Whiteley, A.R. 2012. Estimating landscape resistance to movement: a review. *Landscape Ecology* 27: 777-797.



GOBIERNO
DE ESPAÑA

VICEPRESIDENCIA
TERCERA DEL GOBIERNO

MINISTERIO
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA
Y EL RETO DEMOGRÁFICO