



BIODIVERSIDAD EN ESPAÑA

Base de la sostenibilidad
ante el cambio global



Observatorio de la Sostenibilidad en España



Autores

Dirección

Jiménez Herrero, Luis M.

Coordinación

Álvarez-Uría Tejero, Pilar
De la Cruz Leiva, José Luis

Asesoramiento

Fernández-Galiano, Eladio
Jiménez Beltrán, Domingo
Lobo, Jorge
Zavala Gironés, Miguel Angel de

Autores-OSE

Álvarez-Uría Tejero, Pilar
Ayuso Álvarez, Ana M^a
De la Cruz Leiva, José Luis
Guaita García, Noelia
Jiménez Herrero, Luis M.
Landa Ortíz de Zárate, Lucía
López Fernández, Isidro
Morán Barroso, Alberto

Cartografía

Basagaña Torrentó, Joan
De Carvalho Cantergiani, Carolina
Del Val Andrés, Víctor
Ruiz Benito, Paloma

Autores-colaboradores

Alía, Ricardo (INIA) - Cap. 4 [4.2]
Alvarez, Georgina (MARM) - Cap. 4 [4.3]
Alvarez-Cobelas, Miguel (Instituto de Recursos Naturales, CSIC) - Cap. 4 [4.5]
Anadón, Ricardo (Universidad de Oviedo) - Cap. 4 [4.6]
Aragón, Pedro (MNCN, CSIC) - Cap. 4 [4.7]
Auñón, Francisco Javier (INIA) - Cap. 4 [4.2]
Barragán, Juan Manuel (Universidad de Cádiz) - Cap. 5 [5.7]
Benayas, Javier (Universidad Autónoma de Madrid) - Cap. 5 [5.10]
Benito, Marta (INIA) - Cap. 4 [4.2]
Calvete, Zaida (Fundación Biodiversidad) - Cap. 4 [4.6]
Capdevila-Argüelles, Laura (Grupo Especialista en Invasiones Biológicas, GEIB) - Cap. 3 [3.4]
Calzada, Javier (Universidad de Huelva) - Cap. 5 [5.2]
Chica, Juan Adolfo (Universidad de Cádiz) - Cap. 5 [5.7]
Esteve, Miguel Ángel (Observatorio de Sostenibilidad en la Región de Murcia) - Cap. 3 [3.2]
Fernández, Consolación (Universidad de Oviedo) - Cap. 4 [4.6]
Fernández, Cristina (Cap. 4, University of California Santa Cruz) - Cap. 4 [4.2]
Fernández-Arroyo, Rosa (Asociación RedMontañas) - Cap. 4 [4.4]

Fitz, H Carl (University of Florida) - Cap. 3 [3.2]
García, Raúl (CSIC - INIA) - Cap. 4 [4.2]
Gómez, Lorena (IRNAS-CSIC) - Cap. 4 [4.2]
Gutiérrez, Víctor (Fundación Biodiversidad) - Cap. 4 [4.6]
Jiménez, Amanda (Universidad Autónoma de Madrid) - Cap. 5 [5.10]
Lobo, Jorge M. (MNCN, CSIC) - Caps. 1 [1.3], 4 [4.7] y 5 [5.1, 5.4, 5.5 y 5.10]
López, Carlos Tomás (Universidad Complutense de Madrid) - Cap. 3 [3.2]
Losada, Iñigo (Universidad de Cantabria) - Cap. 3 [3.3]
Martín de Agar, Pilar (Universidad Complutense de Madrid) - Cap. 3 [3.2]
Martín, Berta (Universidad Autónoma de Madrid) - Caps. 5 [5.10] y 6
Martínez-Fernández Julia (Observatorio de Sostenibilidad en la Región de Murcia) - Cap. 3 [3.2]
Mateo, Rubén G. (Universidad de Castilla-La Mancha) - Cap. 3 [3.5]
Montes, Carlos (Universidad Autónoma de Madrid) - Cap. 6
Moreno, José Manuel (Universidad de Castilla-La Mancha) - Cap. 3 [3.5]
Muñoz, María (Universidad Autónoma de Madrid) - Cap. 5 [5.10]
Ojea, Elena (Basque Centre for Climate Change - BC3) - Cap. 4 [4.2]
Ortiz, Mercedes (Universidad de Alicante) - Cap. 5 [5.6]
Peña, David (Fundación Biodiversidad) - Cap. 4 [4.6]
Pérez, M^a Luisa (Universidad de Cádiz) - Cap. 5 [5.7]
Purves, Drew (Microsoft Research) - Cap. 4 [4.2]
Rodríguez-Urbieto, Itziar (Universidad de Castilla-La Mancha) - Cap. 3 [3.5]
Rojo, Carmen (Universidad de Valencia) - Cap. 4 [4.5]
Roldán, María José (Centro de Investigaciones Ambientales, Comunidad de Madrid) - Cap. 3 [3.2]
Román, Jacinto (Estación Biológica de Doñana, CSIC) - Cap. 5 [5.2]
Ruiz, Paloma (INIA - Universidad de Alcalá; AP2008-01325) - Caps. 4 [4.2] y 5 [5.3]
Sánchez, David (MNCN-CSIC) - Cap. 4 [4.7]
Suárez, Víctor Ángel (Grupo Especialista en Invasiones Biológicas, GEIB) - Cap. 3 [3.4]
Tellería, José Luis (Universidad Complutense de Madrid) - Cap. 3 [3.2]
Torres, Ignacio (Fundación Biodiversidad) - Cap. 4 [4.6]
Yuste, Carmen S. (Universidad de Huelva) - Cap. 5 [5.2]
Zavala, Gonzalo (Universidad de Castilla-La Mancha) - Cap. 3 [3.5]
Zavala, Miguel Ángel de (Universidad de Alcalá - INIA) - Caps. 4 [4.2] y 5 [5.3]
Zilletti, Bernardo (Grupo Especialista en Invasiones Biológicas, GEIB) - Cap. 3 [3.4]



Fotografías

Alvarez-Uría, Pilar
Calvo, José Francisco
Carreño, María Francisca
Cueto, Juan
García, Alberto
García, Mario
González, Carlos
González, Manuel Antonio
Hernández, Juan Manuel
Martínez, Javier
Martínez-Fernández, Julia
Mateo, Rubén G.
Merino, Nilo
Museo Nacional de Ciencias Naturales (CSIC)
OCÉANA
SECAC
Suárez, Carlos

Ilustraciones

Las ilustraciones del presente informe corresponden a grabados de los siglos XVIII y XIX, y han sido cedidas para su reproducción por Manuel Álvarez-Uría.

Agradecimientos

Aboal, Marina (Universidad de Murcia)
Araujo, Rafael (MNCN-CSIC)
Armengol, Joan (Universidad de Barcelona)
Arroyo, Juan (Universidad de Sevilla)
Brotons, Lluís (Centre Tecnològic Forestal de Catalunya)
Camacho, Antonio (Universidad de Valencia)
Cirujano, Santos (Real Jardín Botánico-CSIC)
De Luis, Estanislao (Universidad de León)
Díaz, Mario (Instituto de Recursos Naturales, CSIC)
Díaz, Tomás E. (Universidad de Oviedo)
Doadrio, Ignacio (MNCN, CSIC)
Durán, Juan José (IGME)
García, Marta (MARM)
Gallardo, Tomás (Universidad Complutense de Madrid)
Global Nature
Gómez, Ricardo (MARM)
Gutiérrez, David (URJC)
Hortal, Joaquín (MNCN, CSIC)
Oromi, Pedro (Universidad de la Laguna)
Prat, Narcís (Universidad de Barcelona)
Red Española del Pacto Mundial de Naciones Unidas
Rodríguez, Miguel Ángel (Universidad de Alcalá)
Ruiz, Blanca (MARM)
SEO/BirdLife
Serrano, Daniel (MARM)
Soriano, Óscar (MNCN-CSIC)
Stefanescu, Constantí (Museu Granollers-Ciències Naturals)
Uribe, Francesc (MNCHB)
Valladares, Fernando (Instituto de Recursos Naturales, CSIC)
Vidal, Charo (Universidad de Murcia)

Comité Científico

Gómez Sal, Antonio (Presidente)
Azqueta Oyarzun, Diego
Bono Martínez, Emerit
Bosque Sendra, Joaquín
Díaz Pineda, Francisco
Fernández-Galiano, Eladio
González Alonso, Santiago
Justel Eusebio, Ana
Naredo Pérez, José Manuel
Pérez Arriaga, Ignacio
Prat i Fornells, Narcís
Riechmann Fernández, Jorge

Responsable de edición

Checa Rodríguez, Almudena



4.7. Las especies

■ 4.7.1 INTRODUCCIÓN

Los diferentes tipos de organismos que habitan nuestro territorio poseen adaptaciones ambientales que difieren en su amplitud y especificidad. Principalmente el clima, pero también las condiciones edáficas o la presencia de otros organismos que proporcionan recursos y cobijo, son factores de gran importancia a la hora de explicar la presencia de las distintas especies. A pesar de estas adaptaciones abióticas, el mapa de distribución que actualmente podemos dibujar de la mayoría de nuestras especies está fuertemente condicionado por las acciones humanas. Desde el Neolítico, la estructura y composición del paisaje mediterráneo no puede entenderse sin las profundas modificaciones que ha realizado el hombre, de tal modo que resulta difícil asegurar el carácter puro y original de cualquier paisaje natural ibérico (1). Como consecuencia, nuestros paisajes y hábitat se encuentran fragmentados y, en ocasiones, severamente alterados, principalmente en las zonas de baja altitud o donde quiera que la rentabilidad del suelo haya permitido un mejor aprovechamiento de los recursos naturales por parte del hombre. En realidad, la vocación eminentemente montañosa de los espacios protegidos españoles y la ubicación de una buena parte de las especies más emblemáticas en zonas de montaña, es la manifestación geográfica de la capacidad de transformación ejercida por el hombre en la Península.

El crecimiento poblacional y los cambios en los usos del suelo experimentados en España desde la década de los 50 han supuesto una transformación profunda del medio natural no suficientemente estudiada. Las iniciativas legislativas surgidas años más tarde (en 1989 se promulga la ley de Conservación de los Espacios Naturales y de la Flora y Fauna Silvestres y se establece el Catálogo Nacional de Especies Amenazadas), han tratado de promover la conservación de aquellas especies, subespecies o poblaciones que, a juicio de los expertos, se encontraban más amenazadas. Una vez definidas las principales estrategias de acción para la protección de la diversidad biológica, la transformación de los paisajes españoles, lejos de disminuir, ha sufrido un nuevo incremento durante los últimos veinte años.

Ante este escenario, cabe preguntarse si la legislación y las medidas adoptadas para la protección de las especies con un mayor grado de amenaza, ha permitido que las áreas de distribución de estas especies no hayan sufrido las repercusiones de los cambios recientes en los usos del suelo. Esta cuestión será analizada en la primera parte de este apartado.

Las modificaciones antrópicas de los hábitat y los paisajes no son la única presión que se cierne sobre la persistencia de las poblaciones de las especies amenazadas de España. El cambio climático también lo es. Durante la última década se han desarrollado metodologías para simular la distribución futura de las especies ante diversos escenarios de cambio climático (2). Se trata, en esencia, de relacionar la información sobre la presencia y ausencia de las especies disponible en la actualidad con diversas variables ambientales (principalmente climáticas), a fin de elaborar una función predictiva con capacidad para estimar la posible ubicación de las localidades que tendrían condiciones climáticas favorables en un futuro. A pesar de la cantidad de estudios que analizan la efectividad comparada de las diversas técnicas y algoritmos utilizados en la creación de estas funciones predictivas, existen todavía aspectos elementales que dificultan la realización de predicciones fiables de distribución en el caso de cambio climático. Probablemente, el inconveniente principal de estas simulaciones radica en la conocida dificultad para derivar procesos causales de correlaciones. La distribución geográfica de los organismos constituye la proyección espacial de la actuación sinérgica de un gran número de factores, entre los que se encuentran los climáticos, pero también otros muchos. Interacciones bióticas negativas y facilitadoras, limitantes de dispersión y efectos históricos contingentes relacionados con la forma y el relieve de las áreas y la historia de los organismos, pueden haber condicionado decisivamente la actual forma, tamaño y ubicación de las áreas de distribución. El reto ante estas circunstancias consiste en discriminar la verdadera influencia que pueden ejercer los factores climáticos del efecto causado por otros factores, a fin de transferir los resultados de los modelos de distribución realizados con los datos actuales a un



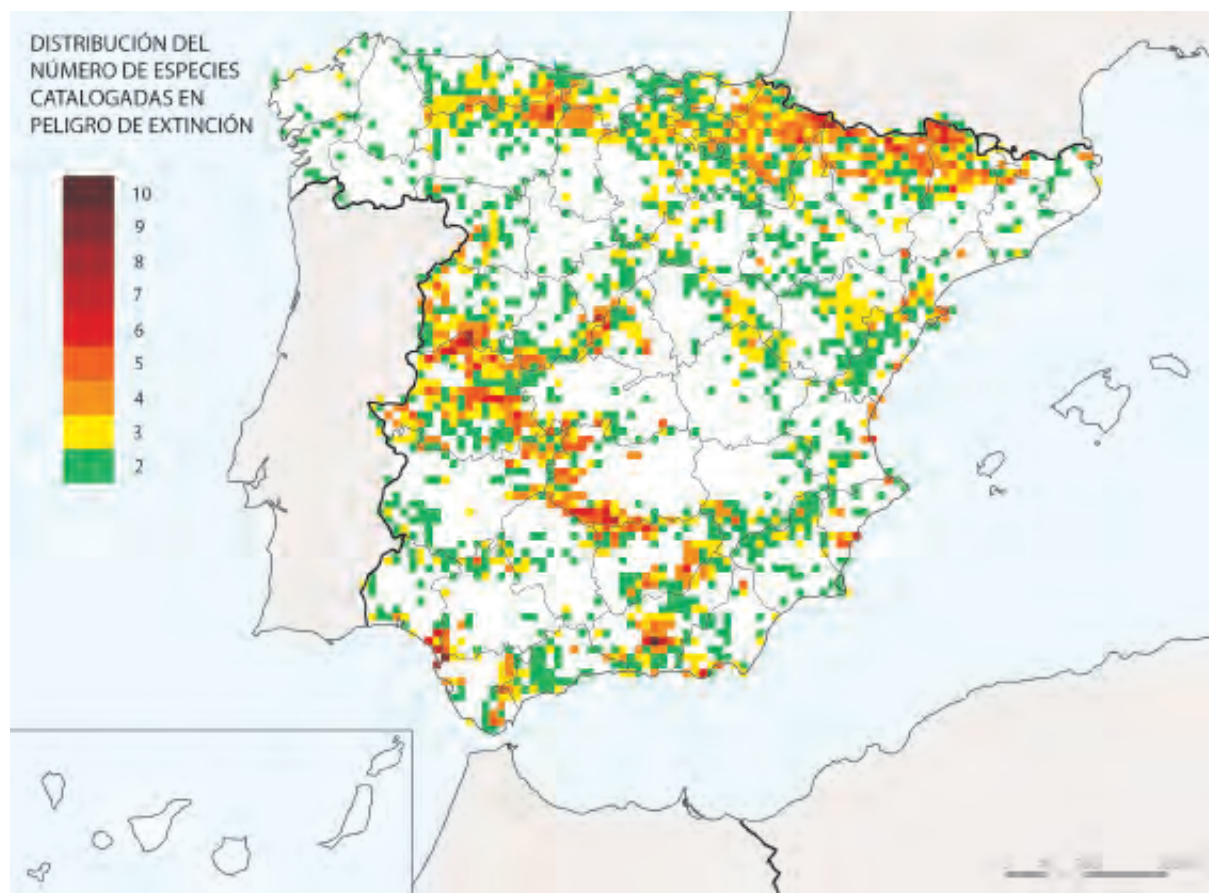
escenario climático futuro. En la segunda parte de esta sección se abordará esta cuestión para, posteriormente, estimar la posible localización futura de las áreas climáticamente favorables de un conjunto de especies amenazadas e inferir acerca de los posibles cambios geográficos que podrían ocurrir en la distribución de estas especies.

■ 4.7.2. CAMBIOS DE LA CALIDAD DEL HÁBITAT EN LAS ÁREAS DE DISTRIBUCIÓN DE ESPECIES EN PELIGRO

Aproximadamente, un 2,5% del territorio de España peninsular y Baleares ha cambiado de uso durante el periodo 1987-2006. Dentro de estas regiones de cambio, alrededor del 65% de la superficie ha experimentado una dirección de cambio “negativa”, o sea, un cambio que implica la alteración del hábitat natural hacia usos de suelo relacionados con la actividad agrícola intensiva y la actividad urbanística, principalmente. El 35% restante del territorio que ha cambiado de uso habría sufrido un proceso de “naturalización”, recuperándose superficies calificadas como antropizadas y semiantropizadas en 1987.

La superficie con usos de suelo naturales es significativamente mayor y la superficie con suelos antropizados menor en las celdas en donde se ha observado la presencia de especies en peligro de extinción (Mapa 4.7.1, Tabla 4.7.1). Sin embargo, las tasas de cambio y antropización durante el periodo 1987-2006 en estas celdas con presencia de especies en peligro, no difieren de las existentes en el resto del territorio. Es decir, aunque las localidades en donde se encuentran las especies en peligro posean usos del suelo eminentemente “naturales”, el impacto de las actividades humanas durante los últimos años ha sido en ellas tan importante como en el resto del territorio. Aunque la precisión de las localidades con presencia observada de especies en peligro pueda influir en los resultados, éstos muestran que, las regiones habitadas por las especies que requieren una mayor protección han experimentado modificaciones en sus hábitat de una magnitud similar a la que ha experimentado el resto del territorio de España peninsular.

□ **Mapa 4.7.1.** Distribución geográfica en el número de especies de vertebrados, invertebrados y plantas catalogadas como en peligro de extinción. Se representan todas las celdas UTM de 100 km² en las que se ha observado más de una especie en peligro.



Fuente: Elaboración Lobo JM, Sánchez D y Laboratorio Biogeografía Informática del MNCN.



□ **Tabla 4.7.1.** Porcentajes de antropización y naturalización de las celdas UTM de 100 km² con presencia de especies en peligro de extinción (\pm intervalo de confianza al 95%), de las celdas del resto del territorio de España peninsular, así como porcentajes de superficie de suelo natural, semi-antropizado y antropizado de acuerdo a los datos de CLC 2006.

	Con especies en peligro	Resto territorio
Natural CLC2006	52,1 \pm 1,4	28,4 \pm 1,8
Semi-antropizado CLC2006	19,1 \pm 1,0	22,1 \pm 1,6
Antropizado CLC2006	28,7 \pm 1,3	47,3 \pm 2,1
% cambio	2,49 \pm 0,15	2,52 \pm 0,25
% antropización	1,65 \pm 0,11	1,60 \pm 0,16
% naturalización	0,84 \pm 0,08	0,92 \pm 0,14

Fuente: Elaboración Lobo JM, Sánchez D y Laboratorio Biogeografía Informática del MNCN.

METODOLOGÍA DE TRABAJO PARA ESTIMAR LAS ALTERACIONES DE LOS HÁBITAT CON PRESENCIA DE ESPECIES EN PELIGRO

Se han reclasificado las distintas categorías establecidas en los mapas de uso del suelo de CORINE Land Cover (CLC), a fin de obtener tres tipos principales de usos del suelo: antropizados, semi-antropizados y naturales (Tabla 4.7.2). Seguidamente, se han calculado el porcentaje de la superficie de cada una de estas tres categorías sobre el área total de cada celda UTM de 100 km² (la resolución a la que se encuentran los datos de distribución de las especies), estimando para cada una de ellas el promedio de cambio en el uso de suelo experimentado desde 1987 hasta 2006, así como la tasa de naturalización (porcentaje de superficie que ha cambiado de un uso antropizado o semi-antropizado a naturales, o de uso antropizado a semi-antropizado) y tasa de antropización (porcentaje de superficie que ha cambiado de uso natural o semi-antropizado a antropizado o de uso semi-antropizado a antropizado).

Los datos de distribución utilizados (a una resolución de celdas UTM de 100 km²), son los de de 18 especies de vertebrados, 33 especies de plantas y 63 de invertebrados considerados en peligro de extinción según el *Catálogo Nacional de Especies Amenazadas* (www.mma.es/portal/secciones/biodiversidad/especies_amenazadas), las bases de datos del Inventario Nacional de Biodiversidad de España y los datos de los recientemente publicados *Libro Rojo de los Invertebrados de España* (3) y el *Atlas de los Invertebrados Amenazados de España* (4).

□ **Tabla 4.7.2.** Reclasificación de las categorías CORINE Land Cover 2006 (nivel 3).

Tipo de uso del suelo en España	Reclasificación
Tejido urbano continuo	Antropizado
Tejido urbano discontinuo	Antropizado
Zonas industriales y comerciales	Antropizado
Redes viarias, ferroviarias y terrenos asociados	Antropizado
Zonas portuarias	Antropizado
Aeropuertos	Antropizado
Zonas de extracción minera	Antropizado
Escombreras y vertederos	Antropizado
Zonas en construcción	Antropizado
Zonas verdes urbanas	Antropizado
Instalaciones deportivas y recreativas	Antropizado
Tierras de labor en secano	Antropizado
Terrenos regados permanentemente	Antropizado
Arrozales	Antropizado
Viñedos	Antropizado
Frutales y plantaciones de bayas	Antropizado
Olivares	Antropizado
Prados y praderas	Antropizado
Cultivos anuales asociados con cultivos permanentes	Antropizado
Mosaicos de cultivos	Semi-antropizado
Terrenos principalmente agrícolas con importantes espacios de vegetación natural	Semi-antropizado
Sistemas agro-forestales	Semi-antropizado
Bosques de frondosas	Naturales
Bosques de coníferas	Naturales

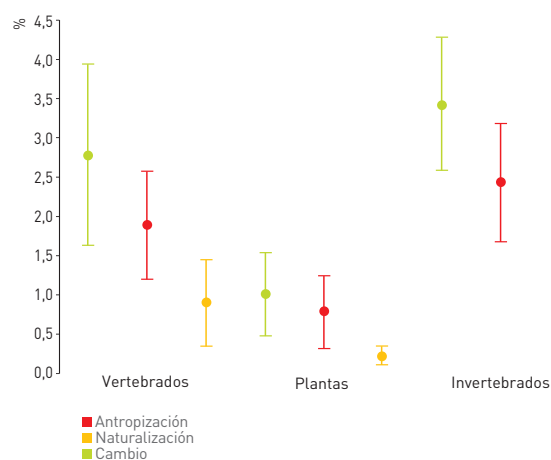


Tipo de uso del suelo en España	Reclasificación
Bosque mixto	Naturales
Pastizales naturales	Naturales
Landas y matorrales mesófilos	Naturales
Vegetación esclerófila	Naturales
Matorral boscoso de transición	Naturales
Playas, dunas y arenales	Naturales
Roquedo	Naturales
Espacios con vegetación escasa	Naturales
Zonas quemadas	Semi-antropizado
Glaciares y nieves permanentes	Semi-antropizado
Humedales y zonas pantanosas	Naturales
Turberas y prados turbosos	Naturales
Marismas	Naturales
Salinas	Antropizado
Zonas llanas intermareales	Naturales
Cursos de agua	Naturales
Láminas de agua	Antropizado
Lagunas costeras	Naturales
Estuarios	Naturales

Fuente: Elaboración Lobo JM, Sánchez D y Laboratorio Biogeografía Informática del MNCN.

La oscilación de los porcentajes de antropización en las áreas de distribución de cada una de las especies consideradas es muy variable (entre el 0 y el 14%). Como norma general, las superficies que han sufrido un cambio hacia la antropización son siempre mayores que las que han experimentado naturalización (Figura 4.7.1), aunque las diferencias sólo son estadísticamente significativas en el caso de las especies de invertebrados. También es de destacar que las áreas de distribución de las especies vegetales son las que poseen menores tasas de cambio en sus usos del suelo (un 6,4% de la superficie como máximo y un 1,0% en promedio).

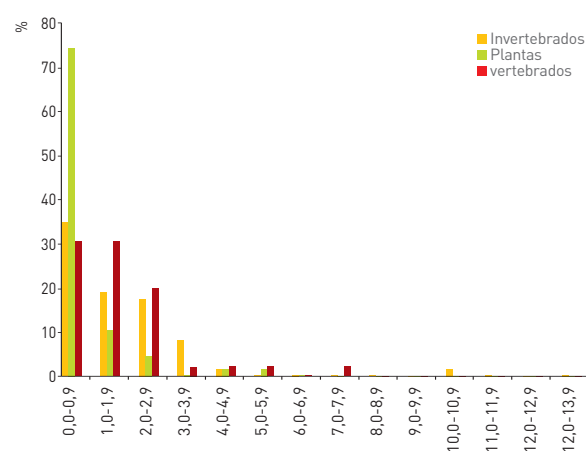
□ **Figura 4.7.1.** Variación de los porcentajes de antropización, naturalización y cambio en los usos del suelo en las celdas UTM de 100 km² en las que se han observado especies en peligro para vertebrados, plantas e invertebrados. Los diferentes símbolos representan los valores medios, mientras que las líneas verticales representan el rango de oscilación del 95% de los valores.



Fuente: Elaboración Lobo JM, Sánchez D y Laboratorio Biogeografía Informática del MNCN.

La gran mayoría de las especies de plantas consideradas (76%) ha sufrido un cambio hacia la antropización en su área de distribución menor al 1% de la superficie, mientras que en el caso de las especies animales, tanto vertebrados como invertebrados, son muchas más las especies que han experimentado cambios hacia la antropización en sus áreas de distribución de más amplio alcance: el área de distribución del 24% de las especies de invertebrados ha sufrido antropizaciones que abarcan al 3% o más de su superficie, mientras que en el caso de los vertebrados un 14% de las especies habrían experimentado cambios de ese calibre (Figura 4.7.2).

□ **Figura 4.7.2.** Variación en los porcentajes de especies en peligro sobre el total de cada grupo (vertebrados, plantas e invertebrados) según el grado de antropización media que ha sufrido su área de distribución. Nótese que la mayoría de las especies han sufrido tasas de antropización en sus áreas de distribución menores del 1% de la superficie total.



Fuente: Elaboración Lobo JM, Sánchez D y Laboratorio Biogeografía Informática del MNCN.



■ 4.7.3. EFECTO DEL CLIMA SOBRE LAS ESPECIES DE VERTEBRADOS

Se han realizado modelos para un amplio conjunto de especies de vertebrados terrestres ibéricos tratando de discriminar el peso comparado de las variables climáticas y no climáticas a la hora de explicar su distribución actual. Si la distribución de una especie está condicionada por una gran cantidad de factores, se debe intentar delimitar el efecto puro e individual del clima antes de transferir las funciones predictivas que se realicen a otros escenarios climáticos. Esta tarea es difícil de realizar con fiabilidad ya que muchas de las variables que se utilizan como explicativas covarían entre sí (el clima está correlacionado con la altitud y determinados tipos de suelo pueden darse bajo condiciones climáticas

determinadas), pero existen técnicas estadísticas que permiten acercarse a calcular el efecto individual e inequívoco de las variables que se desean cuantificar (ver metodología). Los modelos realizados muestran que los efectos puros del clima difieren significativamente según la fisiología térmica de las especies (Figura 4.7.3). El peso de las variables climáticas depende del grupo de vertebrados que se considere. En los anfibios y reptiles las variables climáticas permiten explicar hasta un 30 % de la variabilidad en los datos de distribución. La contribución de las variables de precipitación es mayor en el caso de los anfibios, mientras que las variables de temperatura son más influyentes para los reptiles. En el caso de las aves la capacidad explicativa pura de las variables climáticas es baja (hasta un 15%) y en los mamíferos intermedia (hasta un 22%).

METODOLOGÍA DE TRABAJO PARA CUANTIFICAR EL EFECTO DEL CLIMA SOBRE LAS ESPECIES DE VERTEBRADOS

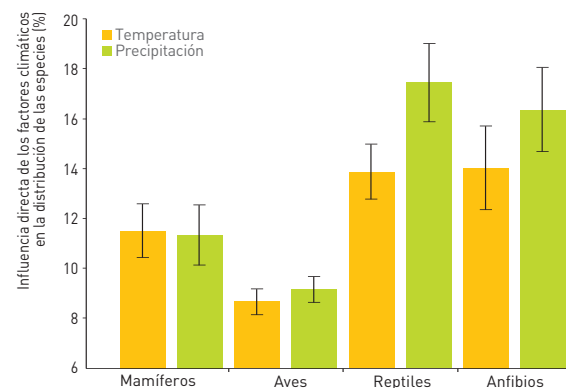
Se han utilizado los datos de distribución (a una resolución de celdas UTM de 100 km²) de 384 especies de vertebrados terrestres en España peninsular (84 mamíferos, 233 aves nidificantes, 41 reptiles y 26 anfibios), procedentes de las bases de datos del *Inventario Nacional de Biodiversidad de España*. Los datos climáticos (temperatura media anual, media de las temperaturas mínimas invernales, media de las máximas estivales, precipitación anual, precipitación mensual mínima y precipitación mensual máxima) han sido proporcionados por la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET), siendo interpolaciones efectuadas a partir de la información de más de 1.500 estaciones meteorológicas durante el periodo 1971-2000. Como datos no climáticos se utilizó un índice de vegetación global, que mide el verdor y la cobertura actual de la vegetación, así como la altitud media y el rango de altitudes de cada celda.

Los datos de presencia-ausencia para cada una de las especies han sido relacionados con las variables explicativas mediante Modelos Generalizados Aditivos. El peso independiente de cada tipo de variables fue estimado mediante análisis de regresión parciales, los cuales permiten fraccionar el total de variabilidad que puede explicarse según el tipo de variables utilizadas (5,6).

De este modo, se esperaría que una modificación futura del clima afectase de una forma más directa a aquellos grupos que, como los anfibios y reptiles, dependen de la temperatura ambiental para su fisiología. Como otros estudios sugieren (7), los efectos de los cambios en el paisaje y la cobertura vegetal serían más decisivos a la hora de explicar la distribución de las aves.

Los resultados aquí obtenidos no significan obligatoriamente que el cambio climático afectará en menor medida a los animales endotermos, sino que los mecanismos subyacentes varían en su relevancia para diferentes grupos de animales. El cambio climático podría afectar también a las especies que controlan su temperatura corporal indirectamente como consecuencia de alteraciones de hábitat o de la dinámica en las presas de los animales sin control de temperatura que consumen.

□ **Figura 4.7.3.** Variabilidad pura explicada (\pm error estándar) por las tres variables de temperatura seleccionadas y las tres de precipitación, según el grupo de vertebrados. Esta variabilidad mide la capacidad explicativa de los modelos tras eliminar el porcentaje de variación que puede explicarse por las variables topográficas y de hábitat cuyos efectos son compartidos, en mayor o menor magnitud, con los de las variables climáticas.



Fuente: Elaboración Aragón P y Lobo JM.



■ 4.7.4. CAMBIOS GEOGRÁFICOS EN LA LOCALIZACIÓN DE LAS ÁREAS CLIMÁTICAMENTE FAVORABLES

Los modelos de distribución actual de especies en función de los diferentes factores ambientales actuales son algoritmos matemáticos que confieren diferentes pesos relativos a las distintas variables ambientales que se utilizan como predictores. Con precaución, es posible utilizar estos modelos para proyectar las distribuciones geográficas de las especies según las condiciones climáticas simuladas para el futuro. Este procedimiento permite obtener mapas que pronostiquen los futuros cambios potenciales de la estructura espacial de las condiciones climáticas propias de las especies.

Los modelos obtenidos para 96 especies de vertebrados terrestres con algún grado de amenaza permitieron obtener mapas representativos de las tendencias generales en cuanto a zonas de pérdida, estabilidad o ganancia de las condiciones climáticas favorables. No solo es importante detectar las zonas donde estas especies estarían potencialmente amenazadas, sino también qué zonas podrían representar un refugio. Los resultados de los modelos estiman que, en promedio,

las especies consideradas perderán condiciones climáticas favorables en un 13% de la superficie que ocupan actualmente. Las celdas en las que se producirían estas pérdidas de condiciones favorables se caracterizan por poseer altitudes significativamente menos elevadas y mayores proporciones de usos del suelo naturales que el resto. La tónica general es que, para las especies consideradas, la mayor pérdida de las condiciones climáticas favorables ocurriría en las zonas de menor altitud y los valles cercanos al sistema Central, Sierra Morena y Picos de Europa, pero destacando también en el sur las serranías de Cádiz, y en el norte las áreas comprendidas entre los límites de las provincias del País Vasco y Navarra, sur de Galicia y norte de Zamora (Mapa 4.7.2.a). Cabe destacar que el sistema Central no solo representa una zona de extinciones locales potenciales para algunas de las especies consideradas, sino que a su vez también representa un refugio estable para otras especies cuyos requerimientos climáticos no cambiarán en esa zona (Mapa 4.7.2.b). Estas áreas de estabilidad se caracterizan por poseer amplios rangos altitudinales y porcentajes de usos del suelo naturales mayores, que las celdas donde tendría lugar una pérdida de condiciones climáticas favorables para el conjunto de vertebrados considerado,

METODOLOGÍA DE TRABAJO PARA ESTIMAR LA LOCALIZACIÓN DE LAS ÁREAS CLIMÁTICAMENTE FAVORABLES

La distribución actual de las distintas poblaciones de una especie es el resultado espacial de la actuación conjunta de un gran número de factores ambientales, bióticos e históricos. Estimar aquellas zonas con mayores posibilidades de albergar una especie ante un cambio de escenario climático requiere cuantificar el efecto que realmente poseen las variaciones climáticas a la hora de explicar su distribución. Sin embargo, cuando se trata de realizar proyecciones para un gran número de especies y se carece de datos fisiológicos fiables, la única información disponible es la que proviene de las características ambientales de las localidades de presencia y ausencia conocidas. Evidentemente, las localidades de presencia proporcionan una valiosa información sobre las condiciones ambientales en las que cada una de estas especies parece ser capaz de tener una tasa de crecimiento demográfico neta positiva. Sin embargo, esta información puede ser parcial, ya que otros lugares con diferentes condiciones ambientales podrían ser también favorables, pero no haber sido muestreados, ser inaccesibles para las especies, estar en proceso de ser colonizados por ellas, carecer de las especies acompañantes necesarias e interacciones bióticas adecuadas o haberse extinguido la especie en ellos. Por ello, los datos de ausencia, aunque sean fiables, deben ser utilizados con precaución cuando la intención es delimitar el conjunto de localidades con condiciones climáticas favorables que podrían ser colonizadas en un futuro.

Las proyecciones que aquí se presentan han sido obtenidas incluyendo un conjunto heterogéneo de variables, tanto climáticas -y por tanto variables temporalmente- como invariables con el tiempo, a fin de obtener estimaciones del peso relativo de predictores climáticos y no climáticos. Además, y al objeto de acercarnos a una cartografía que represente el conjunto de localidades, actualmente habitadas o no, con condiciones climáticas favorables para cada especie, únicamente se han utilizado pseudo-ausencias seleccionadas dentro de aquellas áreas con condiciones climáticas claramente desfavorables [8].



Se han utilizado los datos de distribución (a una resolución de celdas UTM de 100 km²) de 94 especies de vertebrados terrestres amenazadas que habitan la España peninsular (9). Los datos climáticos utilizados fueron temperatura media anual, evapotranspiración potencial anual, evapotranspiración potencial mínima, evapotranspiración actual anual, precipitación anual, y déficit hídrico. Como variables inalterables con el tiempo se utilizaron dos variables topográficas (la altitud media y el rango de altitudes de cada celda) y cuatro variables edáficas que reflejan la variación en los porcentajes de depósitos y rocas ácidas o básicas (9). El escenario climático futuro utilizado fue el CCM3 para 2100 (10). En este escenario, los niveles de las emisiones futuras se duplican y no existen cambios tecnológicos y económicos destacables que modifiquen las actuales tendencias. Se trata de un escenario neutro que representa la continuidad del patrón actual de cambio climático y que, prácticamente, es equivalente al promedio de todos los escenarios disponibles (11).

Tras estandarizar todas las variables explicativas se utilizaron modelos lineales generalizados para obtener la función predictiva. Se consideró como punto de partida todo el conjunto de variables explicativas anteriormente mencionadas para construir modelos finales con las variables más relevantes. Los modelos fueron, en primer lugar, ajustados utilizando los datos actuales, convirtiendo las probabilidades generadas en una variable binaria mediante la aplicación de un umbral adecuado y evaluando las predicciones generadas mediante un procedimiento de remuestreo. Finalmente, las funciones predictivas obtenidas fueron usadas para obtener proyecciones futuras teniendo en cuenta los datos de las simulaciones climáticas.

Por tanto, contrastando ambos mapas de pérdida y estabilidad podemos concluir que una misma zona, sobre todo si es montañosa, puede actuar simultáneamente como área amenazada y refugio estable. Ello representa un reto a la hora de diseñar reservas naturales eficientes en general, y concretamente en el sistema Central, un desafío para el recientemente propuesto espacio protegido de la Sierra de Guadarrama (9).

Por otro lado, las zonas donde aparecerán condiciones climáticas favorables para las especies, antes no experimentadas, se podrían considerar como nuevos refugios colonizables. Las celdas en las que aparecerían nuevas condiciones favorables poseen también altitudes significativamente más elevadas y mayores proporciones de usos del suelo antropizados que el resto. La tendencia general en este caso, es que la menor capacidad receptiva se daría en el tercio Norte de España, y en la cuenca del Guadalquivir (Mapa 4.7.2.c). Sin embargo, esta cuestión es compleja, ya que estos nuevos refugios potenciales actuarían como verdaderos receptores siempre y cuando la capacidad de dispersión y los usos antrópicos del suelo lo permitan. También se debe advertir que la aparición de nuevas especies en zonas actualmente inhabitadas por ellos (nuevos refugios colonizables), puede afectar al funcionamiento de los ecosistemas. Por lo tanto es fundamental diferenciar los mapas de estabilidad (refugios estables) de los de ganancia (nuevos refugios colonizables) de las condiciones climáticas habitables por las especies.

Por tanto, contrastando los mapas de pérdida, estabilidad y aparición, podemos concluir que las zonas montañosas serán altamente dinámicas pudiendo actuar simultáneamente como refugio estable y como áreas de cambio en las que pueden producirse extinciones y colonizaciones

locales y, por tanto, profundas modificaciones en la composición faunística. Ello representa un reto a la hora de diseñar reservas naturales eficientes en general y concretamente en el sistema Central, un desafío para el recientemente propuesto espacio protegido de la Sierra de Guadarrama.

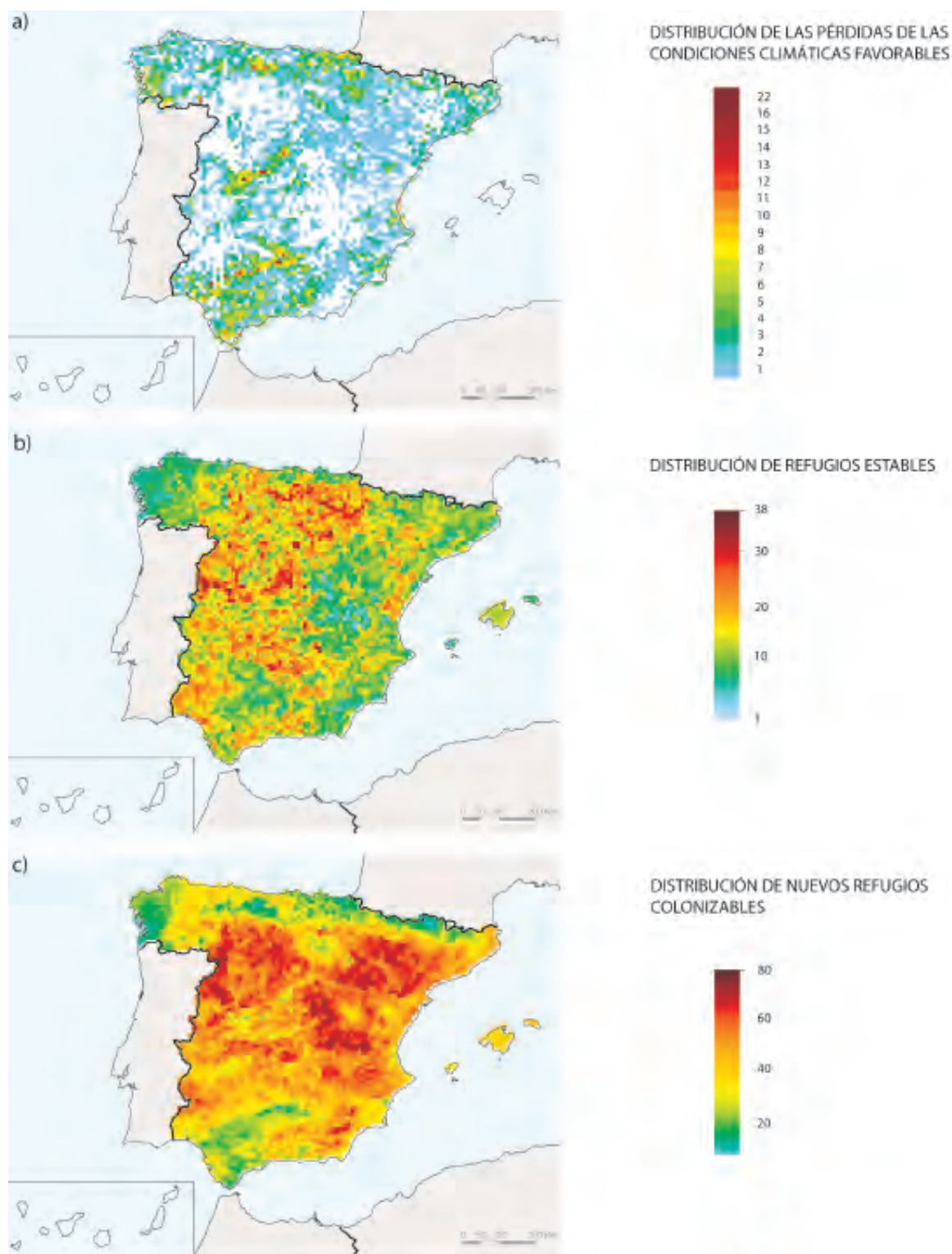




CAPÍTULO 4

ESTADO Y TENDENCIAS DE LOS ECOSISTEMAS Y DE LAS ESPECIES

□ **Mapa 4.7.2.** Distribución geográfica de a) las pérdidas de las condiciones climáticas favorables, b) refugios estables y c) nuevos refugios colonizables para 96 especies de vertebrados amenazados según el escenario CCM3 para 2100. Los colores más cálidos indican un mayor número de especies.



Fuente: Elaboración Aragón P, Lobo JM y Laboratorio Biogeografía Informática del MNCN.



Desde el punto de vista de la conservación, los estudios del impacto climático en la península Ibérica podrían ser especialmente relevantes para especies que a su vez son endémicas y poseen algún grado de amenaza. Los anfibios y los reptiles generalmente cumplen un papel muy importante en las cadenas tróficas y además, los modelos realizados, sugieren que sus distribuciones geográficas se verían afectadas de forma directa, a través de su fisiología, por el cambio climático (Mapa 4.7.3). Por tanto, se seleccionaron especies con éstas características como ejemplos de seguimiento individual. La rana patilarga, el sapo partero ibérico y el lagarto verdinegro son endemismos ibéricos que además están catalogados por la IUCN (www.iucnredlist.org/), como “Near threatened”.

Como ejemplo de cómo podría afectar el cambio climático indirectamente a especies de vertebrados endotermos, también se examina el caso de la culebrera europea. Se trata de una rapaz cuya dieta se basa mayoritariamente en reptiles y, por lo tanto, el modelo de su distribución en función del clima podría reflejar indirectamente la influencia del clima en sus presas. Para examinar las tendencias individuales en estas cuatro especies se han obtenido mapas que expresan simultáneamente las áreas pronosticadas como refugios estables y las áreas donde se estima la pérdida de las condiciones habitables debido al cambio climático.

En el caso de la rana patilarga y el lagarto verdinegro (Mapa 4.7.3), los modelos predicen una pérdida sustancial de las condiciones climáticas dentro de sus rangos de distribución actuales en un 11% y 10 % respectivamente, sobre todo en el sistema Central. Por otro lado, el sapo partero ibérico (Mapa 4.7.3) vería el 8 % del área geográfica afectada, sobre todo en el Sur de España, mientras que zonas más al norte podrían proporcionar importantes refugios para estas especies. Las zonas indicadas como pérdidas del rango climático para estas especies por separado coinciden con la tendencia general de los mapas que engloban las 96 especies consideradas (Mapa 4.7.2). Finalmente el 9 % del rango de distribución de la culebrera europea perdería favorabilidad climática para la especie. Estas pérdidas de su rango

climático se darían principalmente en el Sur (Andalucía y Murcia) y de nuevo en el sistema Central, pero también en parte de Extremadura, Zamora y Pirineos (Mapa 4.7.3). Este último caso sirve de ejemplo sobre cómo el efecto indirecto del clima podría afectar incluso a especies de amplia distribución, que actualmente no están consideradas como amenazadas.

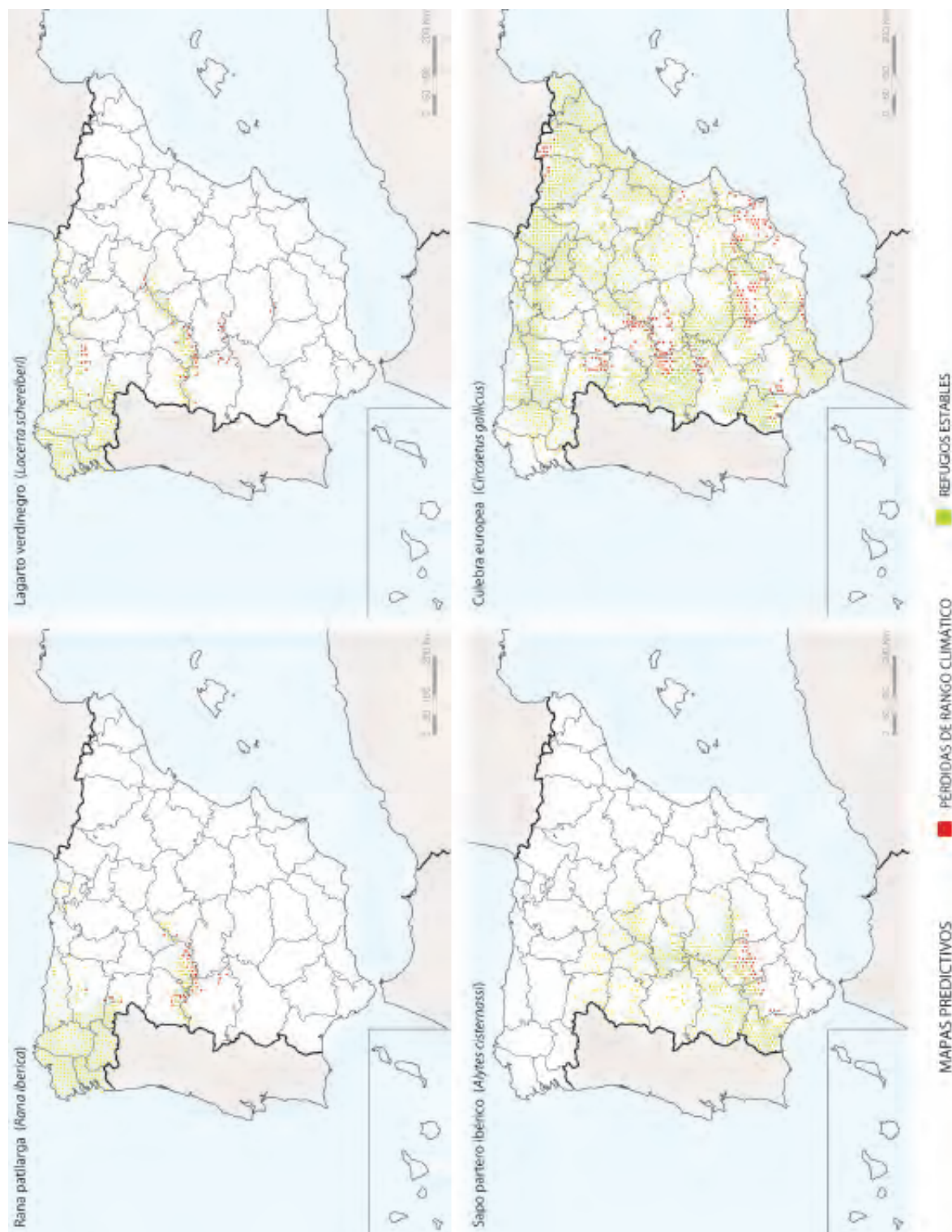
Es importante resaltar que, mientras estas simulaciones ofrecen información sobre la posible ubicación de las condiciones climáticas favorables para cada especie, la complejidad de factores en juego (interacciones con otras especies, alteraciones de hábitat, etc.) hace difícil estimar con fiabilidad la respuesta geográfica de las especies. Ello es debido a que el clima puede afectar a la biología de las especies de muy diversas maneras, las cuales podrían actuar separadamente o de forma combinada. Los casos más extremos serían aquellos en los que tales cambios provocarían la extinción local de especies con una capacidad de adaptación limitada. En tales casos, el impacto de estas extinciones locales dependería del área geográfica afectada con respecto al área total de la especie, o también de la capacidad de cada especie para asentarse en zonas con clima ahora favorable. Esta capacidad de colonización es especialmente limitada en el caso de los anfibios y reptiles. Pero hay otras posibilidades. Por ejemplo, también sería plausible que ciertas especies se adaptasen a estos cambios. Incluso podría ocurrir que estas adaptaciones aparezcan solo en las poblaciones más afectadas por el cambio climático mientras que otras poblaciones de la misma especie no se vieran afectadas. La relevancia comparada de estos y otros procesos podrían tener importantes implicaciones para la conservación. En especies con hábitat fragmentados y, por lo tanto, con un flujo genético limitado, estos procesos podrían llegar a influir incluso en la evolución de algunas especies. Por tanto, los resultados de este tipo de modelos deben considerarse como un punto de partida para determinar qué especies deberían ser objeto de seguimiento y estudio específico, a fin de dilucidar cómo y en qué grado podrían verse afectadas por el cambio climático.



CAPÍTULO 4

ESTADO Y TENDENCIAS DE LOS ECOSISTEMAS Y DE LAS ESPECIES

□ **Mapa 4.7.3.** Mapas predictivos de las pérdidas del rango climático (rojo) y refugios estables (verde) para la rana patilarga (*Rana iberica*), b) el lagarto verdinegro (*Lacerta schreiberi*), c) el sapo partero ibérico (*Alytes cisternasii*) y d) la culebrera europea (*Circaetus gallicus*), en 2100.



Fuente: Elaboración Aragón P y Lobo JM.



■ 4.7.5. CONCLUSIONES

La modificación de los paisajes naturales que se ha producido en los últimos veinte años en nuestro país, parece haber afectado por igual tanto a las localidades con presencia constatada de especies en peligro de extinción como al resto del territorio. En otras palabras, albergar poblaciones de especies amenazadas no parece ser un factor decisivo capaz de detener la presión transformadora de nuestros usos económicos. Parece, también, que esta influencia difiere según se trate de organismos vegetales y animales. Probablemente, la movilidad y mayor rango geográfico general de las especies animales en peligro, facilita la coincidencia de intereses ambientales con el hombre y la competencia por el espacio. Es necesario, por tanto, examinar a fondo esta cuestión. Estudiar en detalle y en áreas específicas la evolución temporal de los parámetros demográficos de algunas de estas especies, para determinar si las transformaciones de hábitat ocurridas están afectando a la persistencia de las poblaciones de estas especies. Si, efectivamente, los actuales mecanismos de protección son insuficientes y ponen en peligro la viabilidad futura de estas poblaciones será necesario diseñar estrategias de conservación alternativas o complementarias.

El cambio climático es otro factor que, a medio plazo y actuando en conjunción con las modificaciones en los hábitat propiciadas por el hombre, puede tener consecuencias nefastas para la pervivencia futura de nuestras especies amenazadas. A la hora de explicar la distribución de las especies es difícil estimar el efecto que, estrictamente, puede atribuirse al clima para, de este modo, transferir con cierta fiabilidad el modelo a otro escenario climático. Este efecto climático independiente es, muy probablemente, mayor en aquellos animales con dificultades para controlar fisiológicamente su temperatura corporal. Sin embargo, los efectos indirectos que el cambio climático puede ejercer sobre la distribución de las aves y los mamíferos no deben despreciarse; el efecto del clima sobre la vegetación o los insectos podría provocar alteraciones notables en el tamaño y fragmentación de las áreas de distribución de estas especies, sobre todo si esos cambios climáticos se asocian con modificaciones de los paisajes como consecuencia de las acciones del hombre. En nuestro país, las zonas montañosas son las que, aparentemente, experimentarían mayores tasas de reemplazo. En ellas se encontrarían buena parte de las zonas estables que no presentarían discrepancias importantes en la favorabilidad climática de las especies (gracias a su heterogeneidad ambiental), y también las áreas de refugio futuras para poblaciones de especies actualmente presentes en altitudes inferiores. La inaccesibilidad de las áreas de montaña y el carácter eminentemente montañoso de nuestra red de espacios protegidos son factores que favorecerán el papel de estas áreas como centros de

refugio ante el cambio global. Será necesario, sin embargo, vigilar y crear las condiciones necesarias para limitar la presión antrópica que el propio cambio climático podría ejercer sobre ellas, al convertirlas en zonas productivas para determinados cultivos y usos.

