



DESCRIPCIÓN DE PROCEDIMIENTOS PARA ESTIMAR LAS PRESIONES Y AMENAZAS QUE AFECTAN AL ESTADO DE CONSERVACIÓN DE LOS TIPOS DE HÁBITAT DE BOSQUE Y MATORRAL

Julia Chacón-Labela, David S. Pescador, Adrián Escudero,
Francisco Lloret, Anna Àvila, Lluís Brotons, José Miguel Castillejo,
Andrea Duane, Belinda Gallardo, Asier Herrero,
José Antonio Hódar, José Miguel Nicolau, Juan Antonio Oliet,
Margarita Roldán





DESCRIPCIÓN DE PROCEDIMIENTOS PARA ESTIMAR LAS PRESIONES Y AMENAZAS QUE AFECTAN AL ESTADO DE CONSERVACIÓN DE LOS TIPOS DE HÁBITAT DE BOSQUE Y MATORRAL





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

El presente documento fue realizado en el marco del proyecto *Establecimiento de un sistema estatal de seguimiento del Estado de Conservación de los Tipos de Hábitat en España*, promovido y financiado por la Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental y Medio Natural del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, desarrollado entre 2015 y 2017.

Dirección técnica del proyecto

Rafael Hidalgo Martín¹

Realización y producción

Tragsatec

Coordinación general

Elena Bermejo Bermejo² y Juan Carlos Simón Zarzoso²

Coordinación científica

Julia Chacón Labella³, David Sánchez Pescador^{2,3}

Autores

Julia Chacón Labella³, David Sánchez Pescador^{2,3}, Adrián Escudero Alcántara^{3,4}, Francisco Lloret Maya^{3,5}, Anna Àvila Castells⁵, Lluís Brotons Alabau^{5,6}, José Miguel Castillejo Moreno⁷, Andrea Duane Bernedo^{5,8}, Belinda Gallardo Armas⁹, Asier Herrero Méndez¹⁰, José Antonio Hódar Correa¹¹, José Miguel Nicolau Ibarra⁷, Juan Antonio Oliet Pala¹², Margarita Roldán Soriano¹²

Coordinación y revisión editorial

Argantonio Rodríguez-Merino²

Jara Andreu Ureta²

Íñigo Vázquez-Dodero Estevan²

¹ Dirección General de Biodiversidad y Calidad Ambiental. Ministerio para la Transición Ecológica

² Tragsatec. Grupo Tragsa

³ Asociación Española de Ecología Terrestre (AEET)

⁴ Universidad Rey Juan Carlos (URJC)

⁵ Centre de Recerca Ecològica i Aplicacions Forestals (CREAF)

⁶ Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)

⁷ Universidad de Zaragoza (UNIZAR)

⁸ Centre Tecnològic Forestal de Catalunya (CTFC)

⁹ Instituto Pirenaico de Ecología (IPE-CSIC)

¹⁰ Universidad de Alcalá (UAH)

¹¹ Universidad de Granada (UGR)

¹² Universidad Politécnica de Madrid (UPM)

A efectos bibliográficos la obra debe citarse como sigue:

Chacón-Labella J, Pescador D S, Escudero A, Lloret F, Àvila A, Brotons L, Castillejo J M, Duane A, Gallardo B, Herrero A, Hódar J A, Nicolau J M, Oliet J A & Roldán M. 2019. Descripción de procedimientos para estimar las presiones y amenazas que afectan al estado de conservación de los tipos de hábitat de bosque y matorral. Serie "Metodologías para el seguimiento del estado de conservación de los tipos de hábitat". Ministerio para la Transición Ecológica. Madrid. 258 pp.

Las opiniones que se expresan en esta obra no representan necesariamente la posición del Ministerio para la Transición Ecológica. La información y documentación aportadas para la elaboración de esta monografía son responsabilidad exclusiva de los autores.



MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA

Edita:

© Ministerio para la Transición Ecológica

Secretaría General Técnica

Centro de Publicaciones

Catálogo de Publicaciones de la Administración General del Estado:

<https://cpage.mpr.gob.es>

NIPO: 638-19-088-X

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	9
2. MATERIAL Y MÉTODOS	10
2.1. Identificación de las principales presiones y amenazas para cada tipo de hábitat	10
2.2. Establecimiento de procedimientos que permitan estimar el grado de intensidad del impacto que ejerce o puede ejercer cada presión/amenaza en el parámetro 'Superficie ocupada' y en el parámetro 'Estructura y función'	11
3. PRINCIPALES PRESIONES Y AMENAZAS PARA LOS TIPOS DE HÁBITAT DE INTERÉS COMUNITARIO	13
4. REFERENCIAS	17
ANEXO I. Adaptación de las principales presiones y amenazas recogidas en la Directiva Hábitats y que pueden afectar a los tipos de hábitat de bosque y matorral	18
ANEXO II. Presiones y amenazas para cada tipo de hábitat de bosque y matorral	21
ANEXO III. Esquema para la elaboración de los procedimientos de estimación del grado de intensidad de las presiones y amenazas	39
ANEXO IV. Ficha-protocolo modelo, para homogeneizar el desarrollo de los procedimientos para determinar el grado de intensidad de las 1) presiones y 2) amenazas detectadas, para los parámetros a) 'Rango/Superficie ocupada' y b) 'Estructura y función'	42
1a) Procedimiento para presiones: parámetro 'Rango/Superficie ocupada'	42
1b) Procedimiento para presiones: parámetro 'Estructura y función'	44
2a) Procedimiento para amenazas: parámetro 'Rango/Superficie ocupada'	46
2b) Procedimiento para amenazas: parámetro 'Estructura y función'	48
ANEXO V. Ejemplos de elaboración de procedimientos para evaluar la sensibilidad de los tipos de hábitat a cada grupo de presiones y amenazas siguiendo la ficha modelo del Anexo IV	50
PA 1. Cambio climático.....	50
PA 1.1. Procedimiento de presiones: parámetro 'Rango/Superficie ocupada'	50
PA 1.2. Procedimiento de presiones: parámetro 'Estructura y función'	61
PA 1.3. Procedimiento de amenazas: parámetro 'Rango/Superficie ocupada'	67
PA 1.4. Procedimiento de amenazas: parámetro 'Estructura y función'	72
PA 2. Incendios	75
PA 2.1. Procedimiento de presiones: parámetro 'Rango/Superficie ocupada'	75
PA 2.2. Procedimiento de presiones: parámetro 'Estructura y función'	84
PA 2.3. Procedimiento de amenazas: parámetro 'Rango/Superficie ocupada'	86
PA 2.4. Procedimiento de amenazas: parámetro 'Estructura y función'	90

PA 3. Cambios de usos irreversibles.....	91
PA 3.1. Procedimiento de presiones y amenazas (Actividades mineras): parámetro 'Rango/Superficie ocupada'	91
PA 3.2. Procedimiento de presiones y amenazas (Actividades mineras): parámetro 'Estructura y función'	106
PA 3.3. Procedimiento de presiones y amenazas (Urbanas): parámetros 'Rango/Superficie ocupada' y 'Estructura y función'	122
PA 4. Cambios de usos reversibles	131
PA 4.1. Procedimiento de presiones: parámetro 'Rango/Superficie ocupada'	131
PA 4.2. Procedimiento de amenazas: parámetro 'Rango/Superficie ocupada'	134
PA 4.3. Procedimiento de presiones y amenazas: parámetro 'Estructura y función'	138
PA 5. Intensificación del uso forestal	140
PA 5.1. Procedimiento de presiones: parámetro 'Rango/Superficie ocupada'	140
PA 5.2. Procedimiento de presiones: parámetro 'Estructura y función'	146
PA 6. Plagas y herbivoría.....	155
PA 6.1. Procedimiento de presiones: parámetro 'Rango/Superficie ocupada'	155
PA 6.2. Procedimiento de presiones: parámetro 'Estructura y función'	161
PA 6.3. Procedimiento de amenazas: parámetro 'Rango/Superficie ocupada'	165
PA 6.4. Procedimiento de amenazas: parámetro 'Estructura y función'	169
PA 7. Erosión.....	173
PA 7.1. Procedimiento de presiones: parámetro 'Rango/Superficie ocupada'	173
PA 7.2. Procedimiento de presiones: parámetro 'Estructura y función'	178
PA 7.3. Procedimiento de amenazas: parámetro 'Rango/Superficie ocupada'	182
PA 7.4. Procedimiento de amenazas: parámetro 'Estructura y función'	185
PA 9. Invasiones biológicas.....	187
PA 9.1. Procedimiento de presiones: parámetro 'Rango/Superficie ocupada'	187
PA 9.2. Procedimiento de presiones: parámetro 'Estructura y función'	198
PA 9.3. Procedimiento de amenazas: parámetro 'Rango/Superficie ocupada'	207
PA 9.4. Procedimiento de amenazas parámetro 'Estructura y función'	218
PA 10. Contaminación atmosférica.....	226
PA 10.1. Procedimiento de presiones (Contaminación por ozono): parámetro 'Rango/Superficie ocupada'	226
PA 10.2. Procedimiento de presiones (Contaminación por ozono): parámetro 'Estructura y función'	231
PA 10.3. Procedimiento de amenazas (Contaminación por ozono): parámetro 'Rango/Superficie ocupada'	234

PA 10.4. Procedimiento de amenazas (Contaminación por ozono): parámetro 'Estructura y función'	236
PA 10.5. Procedimiento de presiones (Deposición ácida): parámetro 'Rango/Superficie ocupada' .	238
PA 10.6. Procedimiento de presiones (Deposición ácida): parámetro 'Estructura y función'	241
PA 10.7. Procedimiento de amenazas (Deposición ácida): parámetro 'Rango/Superficie ocupada' .	244
PA 10.8. Procedimiento de amenazas (Deposición ácida): parámetro 'Estructura y función'	246
PA 10.9. Procedimiento de presiones (Deposición de nitrógeno): parámetro 'Rango/Superficie ocupada'	247
PA 10.10. Procedimiento de presiones (Deposición de nitrógeno): parámetro 'Estructura y función' .	251
PA 10.11. Procedimiento de amenazas (Deposición de nitrógeno): parámetro 'Rango/Superficie ocupada'	254
PA 10.12. Procedimiento de amenazas (Deposición de nitrógeno): parámetro 'Estructura y función'	257



1. INTRODUCCIÓN

El parámetro 'Perspectivas futuras' representa la dirección del cambio esperado del estado de conservación en un futuro próximo, sobre la base de un examen de la situación actual y de las tendencias que ya se observan (presiones) y que se prevén de cara al futuro (amenazas), en conjunción con las medidas de conservación adoptadas para su paliación. Al estar incluido en la Matriz General de Evaluación del estado de conservación de los tipos de hábitat de interés comunitario (THIC) en Europa (DG Environment 2017¹), el parámetro 'Perspectivas futuras' debe de ser caracterizado y estimado obligatoriamente para cada tipo de hábitat. Para ello es necesario considerar tanto las presiones como las amenazas de cada tipo de hábitat, entendiéndose por presiones todos aquellos factores que suponen un impacto en el tiempo presente o durante el periodo a informar, normalmente seis años, y que afecten la viabilidad a largo plazo del tipo de hábitat, y por amenaza todos aquellos factores que muy probablemente supondrán un impacto en un futuro próximo -12 años- sobre el tipo de hábitat.

Es necesario pues establecer una metodología, lo más objetiva posible, con capacidad para evaluar las presiones y amenazas que afectan o van a afectar a la conservación de los tipos de hábitat españoles. Un punto de partida pueden ser los procedimientos plasmados en el documento "Bases ecológicas preliminares para la conservación de los tipos de hábitat de interés comunitario en España" (VV.AA. 2009), así como los descriptores de presión incluidos en el "Sistema de Indicadores del Patrimonio Natural y la Biodiversidad para evaluar los ecosistemas forestales" (MAGRAMA 2014). Seguidamente la caracterización de cada una de las presiones y amenazas, permitirá establecer un procedimiento para evaluar el parámetro 'Perspectivas futuras' para cada tipo de hábitat a escala de región biogeográfica. En este sentido es necesario formalizar procedimientos para estimar la intensidad de cada presión y amenaza en un futuro a corto o medio plazo y para cada uno de los otros tres parámetros que conforman el estado de conservación de un tipo de hábitat:

- Rango (superficie de distribución del tipo de hábitat).
- Superficie ocupada (superficie ocupada por el tipo de hábitat dentro de su área de distribución).
- Estructura y función (además de las especies típicas).

La evaluación del grado de intensidad sobre cada uno de estos parámetros permitirá, mediante su combinación con una matriz de decisión adecuada, caracterizar el parámetro 'Perspectivas futuras' de los tipos de hábitat objeto de estudio en favorable, desfavorable-inadecuado, desfavorable-malo o desconocido. De esta forma, un tipo de hábitat en una región biogeográfica tendrá buenas perspectivas futuras si, en un futuro previsible (12 años) el rango geográfico y la superficie ocupada, por el tipo de hábitat, permanecen estables o se amplían y se mantiene un estado de conservación favorable para el parámetro 'Estructura y función'.

Con el objetivo de dar respuesta a las obligaciones planteadas por la Directiva Hábitats², y en concreto al parámetro 'Perspectivas futuras' en bosques y matorrales, el presente trabajo pretende identificar aquellas presiones y amenazas que pueden provocar un cambio en el estado de conservación del tipo

¹ http://cdr.eionet.europa.eu/help/habitats_art17

² Directiva 92/43/CEE del Consejo, de 21 de mayo de 1992, relativa a la conservación de los hábitats naturales y de la fauna y flora silvestres.



de hábitat a nivel de región biogeográfica y establecer los procedimientos correspondientes para determinar el grado de intensidad en un futuro previsible sobre los parámetros 'Rango', 'Superficie ocupada' y la 'Estructura y función'.

2. MATERIAL Y MÉTODOS

Para la consecución de los objetivos, el primer paso fue establecer un listado de referencia de presiones y amenazas. Así en el Anexo I del presente documento se presenta una adaptación del informe sexenal al que se refiere el artículo 17 de la Directiva Hábitats, donde se especifican las principales presiones y amenazas que pueden afectar a los tipos de hábitat de bosque y matorral. Dicho listado cuenta con 13 categorías principales o de primer nivel y 59 de segundo, tercer y cuarto nivel, destacando entre ellas aquellas que representan los motores del cambio global: cambio climático, cambios en los usos del suelo, alteración de la composición atmosférica, incendios forestales o la introducción de especies invasoras.

2.1. Identificación de las principales presiones y amenazas para cada tipo de hábitat

A partir del listado de referencia elaborado (Anexo I) y para cada tipo de hábitat se identificaron y describieron brevemente aquellas presiones y amenazas relevantes que pueden provocar un cambio en el estado de conservación a nivel de región biogeográfica para cada uno de los tres parámetros ('Rango', 'Superficie ocupada', 'Estructura y función').

Las principales presiones y amenazas, a las que se ve sometido cada tipo de hábitat de bosque o matorral, se sintetizaron en primer lugar del trabajo "Bases ecológicas preliminares para la conservación de los tipos de hábitat de interés comunitario en España" (VV.AA. 2009) para aquellos tipos de hábitat de interés comunitario. Es importante resaltar que las presiones y amenazas identificadas en VV.AA. (2009) para cada tipo de hábitat fueron discutidas, consensuadas y ajustadas según el listado de referencia elaborado (Anexo I). Además, para el resto de tipos de hábitat no contemplados en VV.AA. (2009), las presiones y amenazas fueron identificadas mediante la consulta a un conjunto de expertos. En la mayoría de los casos, estos expertos se correspondieron con los expertos encargados de elaborar los procedimientos de los tipos de hábitat de bosque y matorral (ver Pescador *et al.* 2019a). En este caso, se instó a los expertos encargados de elaborar estos procedimientos a que establecieran un grado de intensidad para las presiones y amenazas identificadas, caracterizando este como alto (H), medio (M) o bajo (L):

- **H:** intensidad elevada. Impacto de gran influencia directa o inmediata y/o que actúa sobre áreas grandes.
- **M:** intensidad media. Impacto de media influencia directa o inmediata, principalmente indirecta y/o que actúa regionalmente o sobre una parte moderada del área.
- **L:** intensidad baja. Impacto de baja influencia directa o inmediata, de influencia indirecta y/o que actúa localmente o sobre una pequeña parte del área.



A la hora de rellenar este campo en el procedimiento de cada tipo de hábitat, se estableció como límite un máximo de diez presiones/amenazas y un mínimo de una. Se recomendó usar el menor número de presiones/amenazas posibles, para describir adecuadamente la situación de impacto asociada al tipo de hábitat y no recurrir a los códigos de primer nivel (códigos con una única letra en el Anexo I) para indicar una presión/amenaza, excepto que se considere que no existe ninguna presión o amenaza sobre el tipo de hábitat.

En una segunda fase se sintetizaron todas las presiones y amenazas identificadas en 11 grandes grupos identificados con el acrónimo PA. Estos grupos son: PA 1. Cambio climático; PA 2. Incendios; PA 3. Cambios de uso irreversibles; PA 4. Cambios de uso reversibles; PA 5. Intensificación del uso forestal; PA 6. Plagas y herbivoría; PA 7. Erosión; PA 8. Contaminación de suelos; PA 9. Invasiones biológicas; PA 10. Contaminación atmosférica y PA 11. Reducción de la fecundidad/disminución de la variabilidad genética. Esta clasificación es una síntesis que condensa todas las presiones y amenazas detectadas y se ha realizado con el fin de facilitar el desarrollo de protocolos por parte de expertos para su evaluación. La relación de todas las presiones y amenazas que fueron identificadas por los expertos para todos los tipos de hábitat de matorral (un total de 54) o de bosques singulares (un total de nueve) que no quedan recogidos en VV.AA. (2009), así como la correspondencia entre las diferentes presiones y amenazas, además de estas 11 variables sintéticas aparecen en el Anexo II.

2.2. Establecimiento de procedimientos que permitan estimar el grado de intensidad del impacto que ejerce o puede ejercer cada presión/amenaza en el parámetro 'Superficie ocupada' y en el parámetro 'Estructura y función'

Para cada una de las presiones y amenazas identificadas y sintetizadas, de acuerdo al apartado anterior, se estableció un procedimiento para determinar el grado o intensidad de la amenaza previsible en un futuro sobre los parámetros que conforman el estado de conservación: 'Rango', 'Superficie ocupada' y 'Estructura y función'. De las 11 presiones y amenazas identificadas se decidió excluir la PA 11 (Reducción de la fecundidad/disminución de la variabilidad genética) por resultar muy poco frecuente, restringida a ciertos taxones y limitada a tipos de hábitat con una extensión reducida y muy localizada. También la PA 8 (Contaminación de suelos) fue englobada parcialmente dentro de la PA 3 (Cambios de usos reversibles), al ser la contaminación de suelos en gran medida el resultado de actividades de minería, urbanización y otras obras civiles. Los procedimientos elaborados contemplan la periodicidad de cálculo del procedimiento para estimar la intensidad de impacto en cada región biogeográfica. Estos procedimientos permiten evaluar el grado de intensidad en las tres categorías enumeradas en el apartado anterior.

Dichos procedimientos fueron elaborados por diferentes expertos tras llevar a cabo un seminario celebrado en febrero de 2017, donde se discutió la asignación de las presiones y amenazas, además de las pautas de trabajo, las cuales se detallan a continuación.



Para cada una de las presiones y amenazas detectadas, deberán (1) describirse (caracterizar) los impactos que producen sobre los diferentes tipos de hábitat y (2) describirse los procedimientos para estimar el grado de intensidad sobre los parámetros (a) 'Rango' o 'Superficie ocupada' y (b) 'Estructura y función' en un futuro a corto y medio plazo. En este sentido, el parámetro 'Rango' o 'Superficie ocupada' hace referencia a la superficie afectada por una Presión-Amenaza, mientras que el parámetro 'Estructura y función' hace referencia al estado ecológico (p. ej. diversidad de especies, especies clave, recubrimiento y protección del suelo, biomasa, productividad, balance de nutrientes). Las **presiones** se corresponden con agentes que ponen en riesgo la integridad de los tipos de hábitat en términos de su 'Rango' o 'Superficie ocupada' y 'Estructura y función'. Tiene una dimensión temporal actual o reciente, a diferencia de las amenazas que implican una proyección temporal a corto-medio plazo. Las **amenazas** se corresponden con las presiones proyectadas al futuro próximo (12 años) y para evaluarlas se utilizará la información de la evolución de las presiones en el pasado reciente; para ello se tienen en cuenta las bases de información que muestran tendencias recientes (p. ej. series temporales de datos), que permite evaluar el régimen de perturbaciones (como en el caso de los incendios), o que describen escenarios equivalentes a los '*business as usual*', los cuales se hacen servir a menudo en simulaciones de escenarios posibles.

Asimismo, a cada experto se les facilitaron las Tablas 1 y 2 (ver apartado 3 para más información) que compilan las presiones y amenazas identificadas, para que pudieran elaborar los correspondientes procedimientos de evaluación teniendo en cuenta el grado de intensidad con el que cada presión o amenaza afecta a cada tipo o grupo de hábitat. Dado que apenas existe cartografía disponible para las presiones y amenazas detectadas para la mayoría de los tipos de hábitat, y considerando además las dificultades para establecer un agrupamiento de tipos de hábitat común y funcional para todas las presiones y amenazas, se instó a los expertos a proponer un sistema de clasificación de los tipos de hábitat implicados que resultara práctico y coherente para la elaboración de los protocolos de cada una de las presiones y amenazas (p. ej. agrupando los tipos de hábitat por biorregión, tipo de formación, propiedades funcionales, etc.). En este caso, tanto las Tablas 1 y 2 como los procedimientos de los tipos de hábitat afectados por cada presión y amenaza, sirven como orientación para elaborar una clasificación propia, o bien, para llegar a un nivel de concreción mayor y profundizar sobre algún tipo de hábitat o grupos de tipos de hábitat, sobre los cuales exista información detallada disponible.

A los expertos también se les facilitaron los Anexos III y IV del presente documento. El Anexo III muestra una síntesis del tipo de información a considerar por los expertos para establecer cada procedimiento tanto para los parámetros 'Rango/Superficie ocupada' y 'Estructura y función', como para presiones y amenazas. Este esquema proporciona una visión global y sintética del trabajo que tenían que desarrollar los expertos para cada una de las presiones y amenazas. En el Anexo IV se muestra una ficha con un protocolo modelo elaborado a partir de las conclusiones y procedimientos adoptados. Este protocolo es auto explicativo y contiene todos los apartados necesarios para realizar un protocolo por presión y amenaza, de manera que permitió orientar a los expertos y homogeneizar



el desarrollo de los procedimientos de cada presión y amenaza. Dicho protocolo incluye los siguientes apartados (cada uno de estos apartados se encuentra descrito y detallado tanto en el esquema aportado en el Anexo III como en el protocolo tipo incluido en el Anexo IV):

1. Descripción de los impactos que produce la presión-amenaza en el tipo de hábitat o grupo de hábitat correspondiente.
2. Recopilación de fuentes de información y bases de datos.
3. Información del apartado anterior que aplica para determinar impactos en el tipo de hábitat. Es decir, qué fuentes de información y bases de datos se cruzarán con las capas de tipos de hábitat para determinar los impactos sobre los mismos.
4. Periodicidad en la aplicación de los protocolos.
5. Cautelas o precauciones a tomar.

Cada una de las fichas, elaboradas por los expertos, donde se describen los procedimientos para determinar el grado o intensidad de cada presión y amenaza de los diferentes tipos de hábitat de bosque y matorral pueden verse en Anexo V.

3. PRINCIPALES PRESIONES Y AMENAZAS PARA LOS TIPOS DE HÁBITAT DE INTERÉS COMUNITARIO

Como primera aproximación, previa a elaborar los procedimientos de cada presión y amenaza, se identificaron y sintetizaron para cada uno de los tipos de hábitat de interés comunitario de bosque (Tabla 1) y de matorral (Tabla 2) las principales presiones y amenazas propuestas en VV.AA. (2009). En el primer caso, del total de presiones y amenazas detectadas, destacan los incendios forestales, el cambio climático y los cambios de uso del suelo. En el caso del matorral destacan el cambio climático y los cambios de uso del suelo irreversibles que implica artificialización del suelo. La relación de todas las presiones y amenazas detectadas para matorrales y sus pasarelas, a cada una de las 11 categorías, se encuentra en el Anexo II.



Tabla 1 Presiones y amenazas homogeneizadas y reformuladas para los tipos de hábitat de bosque. Se muestra también el número total de tipos de hábitat sujetos a cada presión y amenaza. Fuente: elaboración propia a partir de VV.AA. (2009) y consulta a expertos.

Presiones y amenazas	Código tipo de hábitat															Total general				
	11111	11112	11113	11121	11122	11123	11131	11132	11141	11142	11143	11151	11152	11161	11162		11163	11164	11171	
PA 1. Cambio climático	X	X	X			X	X		X	X	X	X	X	X						11
PA 2. Incendios		X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X			14
PA 3. Cambio de usos irreversible (artificialización del suelo)	X			X	X			X			X		X	X		X				8
PA 4. Cambios de usos reversibles		X		X	X	X	X	X			X				X	X	X			10
PA 5. Intensificación del uso forestal			X	X	X	X	X				X	X			X	X	X	X		11
PA 6. Plagas y herbivoría		X	X			X	X			X	X		X	X	X	X	X			11
PA 7. Erosión													X		X	X	X			4
PA 8. Contaminación suelos																				0
PA 9. Invasiones biológicas				X				X												2
PA 10. Contaminación atmosférica	X	X	X			X											X			5
PA 11. Reducción de la variabilidad genética											X									3
Total	4	6	5	5	3	6	5	4	2	3	7	3	5	3	5	6	6	1		



Tabla 2 Presiones y amenazas reformuladas y condensadas en 11 categorías, para cada tipo de hábitat de matorral o bosques singulares no resueltos en Pescador *et al.* (2019b). Fuente: elaboración propia a partir de VV.AA. (2009) y consulta a expertos.

Nota: en blanco se han señalado aquellos tipos de hábitat de matorral cuya información se ha extraído de la consulta de expertos. En amarillo se han marcado los tipos de hábitat de bosque singulares no resueltos en Pescador *et al.* (2019b). Se muestra también el número total de tipos de hábitat sujetos a cada presión y amenaza.

Presiones y amenazas	Código tipo de hábitat																																		
	1234	1235	1236	2112	2113	2116	11222	11341	12331	12332	12333	12371	12372	12374	21221	112211	112212	113111	113121	113123	113125	212131	212132	212133	1131124	2121121	2121126	21211212	21211213	11MX_15a	11MX_15b	11MX_16			
PA 1. Cambio climático	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X					X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X					X	X	X		
PA 2. Incendios	X	X	X		X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X			X														X	
PA 3. Cambio de usos irreversible (artificialización del suelo)	X	X	X		X				X	X	X							X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X			X		
PA 4. Cambios de usos reversibles	X	X	X						X	X	X										X							X							
PA 5. Intensificación del uso forestal				X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X																X	
PA 6. Plagas y herbivoría					X															X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
PA 7. Erosión																											X	X	X	X			X	X	X
PA 8. Contaminación suelos				X		X	X	X				X	X	X	X	X	X					X	X	X								X	X	X	
PA 9. Invasiones biológicas	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X			X	X	X	X			X		X				X	
PA 10. Contaminación atmosférica					X												X	X																	
PA 11. Reducción de la variabilidad genética																				X		X	X	X	X	X	X	X	X						
Total	10	5	5	4	7	4	5	4	6	6	6	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5	6	6	6	4	4	5	5	5	5	4	4	8		



Tabla 2 (continuación) Presiones y amenazas reformuladas y condensadas en 11 categorías, para cada tipo de hábitat de matorral o bosques singulares no resueltos en Pescador *et al.* (2019b). Fuente: elaboración propia a partir de VV.AA. (2009) y consulta a expertos.

Nota: en blanco se han señalado aquellos tipos de hábitat de matorral cuya información se ha extraído de la consulta de expertos. En verde claro se han marcado los tipos de hábitat de bosque singulares no resueltos en Pescador *et al.* (2019b). Se muestra también el número total de tipos de hábitat sujetos a cada presión y amenaza.

Presiones y amenazas	Código tipo de hábitat																							Total general												
	11MX_17	2121125	21211241	21211242	21211243	1131121	2115	113124	2121115	2121112	1131222	1131221	112112	2121127	21212222	11212001	121321	212121	2121111	11212002	21212223	112111	31113		31111	31112	3122	111R42	11165	111251	111252	111253				
PA 1. Cambio climático	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	1
PA 2. Incendios	X					X	X						X	X		X	X			X				X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	1
PA 3. Cambio de usos irreversible (artificialización del suelo)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	1
PA 4. Cambios de usos reversibles													X			X	X			X				X	X	X	X		X	X					1	
PA 5. Intensificación del uso forestal	X		X	X		X	X							X	X		X	X			X											X	X		1	
PA 6. Plagas y herbivoría	X	X	X	X		X	X		X	X	X	X	X	X				X	X			X	X				X		X	X	X				1	
PA 7. Erosión	X	X	X	X	X		X						X	X		X							X					X	X	X					1	
PA 8. Contaminación suelos	X		X										X			X	X				X			X	X	X	X	X	X					1		
PA 9. Invasiones biológicas	X			X																			X	X	X	X	X							1		
PA 10. Contaminación atmosférica																																			1	
PA 11. Reduccion de la variabilidad genética					X								X	X		X																	X		1	
Total	11	3	6	5	4	5	5	2	2	3	3	2	8	7	2	7	6	4	3	5	4	4	4	6	6	6	6	7	6	7	4	4				



4. REFERENCIAS

DG Environment. 2017. Reporting under Article 17 of the Habitats Directive: Explanatory notes and guidelines for the period 2013-2018. Final version, May 2017. Compiled by the European Environment Agency (EEA) and its European Topic Centre on Biological Diversity (ETC/BD). Brussels. 188 pp.

MAGRAMA. 2014. Informe 2013 sobre el estado del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad en España. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Madrid. 300 pp.

Pescador D S, Chacón-Labela J, Vayreda J, Escudero A & Lloret F. 2019a. Identificación de tipos de hábitat de bosque y matorral no representados en las parcelas del Inventario Forestal Nacional y descripción de procedimientos para evaluar su estado de conservación. Serie "Metodologías para el seguimiento del estado de conservación de los tipos de hábitat". Ministerio para la Transición Ecológica. Madrid. 31 pp.

Pescador D S, Velázquez J C, Sánchez de Dios R, Sainz-Ollero H, Vayreda J, Escudero A & Lloret F. 2019. Evaluación de los parámetros 'Superficie ocupada' y 'Estructura y función' de los tipos de hábitat de bosque. Serie "Metodologías para el seguimiento del estado de conservación de los tipos de hábitat". Ministerio para la Transición Ecológica. Madrid. 379 pp.

VV.AA. 2009. Bases ecológicas preliminares para la conservación de los tipos de hábitat de interés comunitario en España. Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino. Madrid. https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/temas/espacios-protegidos/red-natura-2000/rn_tip_hab_esp_bases_eco_preliminares.aspx.



ANEXO I. Adaptación de las principales presiones y amenazas recogidas en la Directiva Hábitats y que pueden afectar a los tipos de hábitat de bosque y matorral

Tabla I.1 Principales presiones y amenazas que pueden afectar a los tipos de hábitat de bosque y matorral organizadas por niveles. Fuente: adaptada del informe sexenal del periodo 2007-2012 al que se refiere el artículo 17 de la Directiva Hábitats³.

Nivel	Código	Descripción	Observaciones
1	A	ACTIVIDAD AGRÍCOLA	
3	A02.01	Intensificación agrícola	
3	A04.01	Pastoreo intensivo	
3	A04.03	Abandono de los sistemas de pastoreo, ausencia de pastoreo	
3	A06.04	Abandono de la producción de cultivos	
2	A07	Uso de biocidas, hormonas y productos químicos	
2	A08	Uso de fertilizantes	
2	A09	Regadío	Incluye transición (temporal) de condiciones áridas a mésicas o húmedas causadas por el regadío
1	B	ACTIVIDAD FORESTAL	
2	B01	Forestación de bosques en campo abierto	Aumento de la superficie forestal, p.ej. plantaciones en pastizales, brezales
3	B02.01	Repoblación	Repoblación en suelo forestal tras tala
3	B02.02	Cortas a hecho	Tala, eliminación de todos los árboles
3	B02.03	Eliminación del sotobosque	
3	B02.04	Eliminación de árboles muertos o deteriorados	
3	B02.06	Clareo de bosques	
2	B04	Uso de biocidas, hormonas y productos químicos (silvicultura)	
2	B05	Uso de fertilizantes (silvicultura)	
2	B06	Pastoreo en bosques	

Continúa en la siguiente página ►

³ European Commission. 2011. Assessment and reporting under Article 17 of the Habitats Directive. Explanatory Notes & Guidelines for the period 2007-2012. Final version, July 2011. Compiled by Evans D & Arvela M. European Topic Centre on Biological Diversity. <https://circabc.europa.eu/sd/a/2c12cea2-f827-4bdb-bb56-3731c9fd8b40/Art17-Guidelines-final.pdf>



Nivel	Código	Descripción	Observaciones
1	C	ACTIVADES DE MINAS Y CANTERAS Y PRODUCCIÓN DE ENERGÍA	
3	C01.01	Extracción de arena y grava	
3	C01.04	Minas	
4	C01.05.01	Abandono de salinas	
3	C03.03	Producción de energía eólica	
1	D	TRANSPORTE Y VÍAS DE COMUNICACIÓN	
2	D01	Carreteras, caminos y vías de tren	
3	D02.01	Tendidos eléctricos y líneas telefónicas	
1	E	URBANIZACIÓN	
2	E01	Zonas urbanas, asentamientos humanos	
2	E03	Residuos	
2	E04	Construcciones y edificios en el paisaje	
1	F	USO DE OTROS RECURSOS BIOLÓGICOS	
2	F03	Caza y captura de animales silvestres (terrestres)	
2	F04	Recolección y recogida de plantas terrestres, general	
1	G	INTRUSIÓN HUMANA	
2	G01	Deportes al aire libre y actividades de ocio, actividades recreativas organizadas	
2	G02	Instalaciones deportivas y de ocio	
3	G05.01	Pisoteo, uso excesivo	
3	G05.04	Vandalismo	
1	H	CONTAMINACIÓN	
2	H01	Contaminación de aguas superficiales (de agua dulce, marina y salobre)	
2	H02	Contaminación de aguas subterráneas (fuentes puntuales y fuentes difusas)	
2	H04	Contaminación atmosférica	
2	H05	Contaminación de suelos y residuos sólidos (excluyendo vertidos)	
1	I	INVASIONES BIOLÓGICAS	
2	I01	Especies invasoras y especies alóctonas	Especies de plantas y animales
1	J	ALTERACIONES DEL SISTEMA NATURAL	
2	J01	Incendios y extinción de incendios	

Continúa en la siguiente página ►



Nivel	Código	Descripción	Observaciones
2	J02	Cambios inducidos en las condiciones hidráulicas	
3	J02.04	Alteraciones provocados por las inundaciones	
3	J02.06	Captaciones de agua proveniente de aguas superficiales	Directiva Marco del Agua: explotación de los recursos hídricos
3	J02.07	Captaciones de agua subterránea	Directiva Marco del Agua: drenaje, bajada del nivel freático
3	J02.09	Intrusiones de agua salada en agua subterránea	
3	J03.02	Disminución de la conectividad de los tipos de hábitat debida a causas antropogénicas	Fragmentación
1	K	PROCESOS BIÓTICOS Y ABIÓTICOS NATURALES	
3	K01.01	Erosión	
3	K01.05	Salinización de suelos	
2	K02	Evolución biocenótica, sucesiones	Incluyendo aumento en la superficie de vegetación arbustiva
3	K04.02	Parasitismo	
3	K04.03	Introducción de enfermedades (patógenos microbianos)	
3	K04.04	Ausencia de agentes polinizadores	
3	K04.05	Daños causados por herbívoros (incluyendo especies de caza)	
2	K05	Reducción de la fecundidad/disminución de variabilidad genética	P. ej. debidas a tasas de población muy bajas
1	L	CATÁSTROFES NATURALES	
2	L01	Actividad volcánica	
2	L08	Inundaciones (procesos naturales)	
1	M	CAMBIO CLIMÁTICO	
3	M01.01	Cambios térmicos (p. ej. subida de la temperatura y temperaturas extremas)	
3	M01.02	Sequía y disminución de la precipitación	
3	M01.03	Inundaciones y aumento de la precipitación	
3	M02.02	Desincronización de procesos	
3	M02.03	Declive o extinción de especies	
3	M02.04	Migración de especies (colonizadores naturales)	



ANEXO II. Presiones y amenazas para cada tipo de hábitat de bosque y matorral

Tabla II.1 Principales presiones y amenazas para cada tipo de hábitat de bosque y matorral y sus pasarelas a los 11 grupos sintéticos de presiones y amenazas. Fuente: elaboración propia a partir de VV.AA. (2009) y consulta a expertos.

Nota: en amarillo se han marcado los tipos de hábitat de bosque singulares no resueltos en Pescador et al. (2019b). Se muestra también el número total de tipos de hábitat sujetos a cada presión y amenaza.

Código tipo de hábitat	Intensidad	Código PA (Anexo I)	Presión/Amenaza	Pasarela a Presión/Amenaza
2113	L	A04.01	Pastoreo intensivo	PA 6. Plagas y herbivoría
2113	M	B02.03	Eliminación de sotobosque	PA 4. Cambios de usos reversibles
2113	H	E01	Zonas urbanas, asentamientos urbanos	PA 3. Cambios de usos irreversibles. Artificialización del suelo
2113	H	E04	Construcciones y edificios en el paisaje	PA 3. Cambios de usos irreversibles. Artificialización del suelo
2113	H	G05.01	Pisoteo, uso excesivo	PA 4. Cambios de usos reversibles
2113	M	J01	Incendios y extinción de incendios	PA 2. Incendios
2113	M	K01.01	Erosión	PA 7. Erosión
2113	H	K05	Reducción de la fecundidad/disminución de la variabilidad genética	PA 11. Reducción de la fecundidad/disminución de la variabilidad genética
2113	H	M01.01	Cambios térmicos (p. ej. subida de la temperatura)	PA 1. Cambio climático
2113	H	M01.02	Sequía y disminución de la precipitación	PA 1. Cambio climático
113111	L	A04.01	Pastoreo intensivo	PA 6. Plagas y herbivoría
113111	L	B06	Pastoreo en bosques	PA 6. Plagas y herbivoría
113111	L	G01	Deportes al aire libre y actividades de ocio, actividades recreativas organizadas	PA 4. Cambios de usos reversibles
113111	L	G05.01	Pisoteo, uso excesivo	PA 4. Cambios de usos reversibles
113111	M	K01.01	Erosión	PA 7. Erosión
113111	H	K02	Evolución biocenótica, sucesiones	PA 6. Plagas y Herbivoría
113111	H	K05	Reducción de la fecundidad/disminución de la variabilidad genética	PA 11. Reducción de la fecundidad/disminución de la variabilidad genética
113111	H	M01.01	Cambios térmicos (p. ej. subida de la temperatura)	PA 1. Cambio climático
113111	H	M01.02	Sequía y disminución de la precipitación	PA 1. Cambio climático
113111	H	M02.04	Migración de especies (colonizadores naturales)	PA 1. Cambio climático

Continúa en la siguiente página ►



Código tipo de hábitat	Intensidad	Código PA (Anexo I)	Presión/Amenaza	Pasarela a Presión/Amenaza
113121	L	A04.01	Pastoreo intensivo	PA 6. Plagas y herbivoría
113121	L	B06	Pastoreo en bosques	PA 6. Plagas y herbivoría
113121	L	G01	Deportes al aire libre y actividades de ocio, actividades recreativas organizadas	PA 4. Cambios de usos reversibles
113121	L	G05.01	Pisoteo, uso excesivo	PA 4. Cambios de usos reversibles
113121	M	K01.01	Erosión	PA 7. Erosión
113121	H	K02	Evolución biocenótica, sucesiones	PA 6. Plagas y Herbivoría
113121	H	K05	Reducción de la fecundidad/disminución de la variabilidad genética	PA 11. Reducción de la fecundidad/disminución de la variabilidad genética
113121	H	M01.01	Cambios térmicos (p. ej. subida de la temperatura)	PA 1. Cambio climático
113121	H	M01.02	Sequía y disminución de la precipitación	PA 1. Cambio climático
113121	H	M02.04	Migración de especies (colonizadores naturales)	PA 1. Cambio climático
2112	M	A04.02	Pastoreo no intensivo, básicamente en zonas recién quemadas	PA 6. Plagas y herbivoría
2112	L	I01	Especies invasoras y alóctonas	PA 9. Invasiones biológicas
2112	M	K01.01	Erosión	PA 7. Erosión
2112	M	M01	Cambios en las condiciones abióticas	PA 1. Cambio climático
2112	L	M02	Cambios en las condiciones bióticas	PA 1. Cambio climático
113123	M	A04.03	Abandono de los sistemas de pastoreo, ausencia de pastoreo	PA 4. Cambios de usos reversibles
113123	M	B01.01	Forestación (especies alóctonas)	PA 4. Cambios de usos reversibles
113123	M	E01.03	Zonas urbanas, asentamientos humanos con población dispersa	PA 3. Cambios de usos irreversibles. Artificialización del suelo.
113123	M	G01.06	Esquí, esquí fuera de pistas	PA 4. Cambios de usos reversibles
113123	M	G02.02	Pistas y estaciones de esquí	PA 3. Cambios de usos irreversibles. Artificialización del suelo.
113123	H	H04.02	Enriquecimiento de nitrógeno	PA 10. Contaminación atmosférica
113123	L	J01.01	Quemas intencionadas	PA 2. Incendios
113123	L	J01.03	Ausencia de incendios	PA 2. Incendios
113123	H	M01.01	Cambios térmicos (p. ej.) subida de temperatura y temperaturas extremas	PA 1. Cambio climático
113123	H	M02.01	Cambios y alteraciones de hábitat	PA 1. Cambio climático
113125	H	A04.01	Pastoreo intensivo	PA 6. Plagas y herbivoría
113125	H	A04.02	Pastoreo no intensivo	PA 6. Plagas y herbivoría
113125	L	B01.01	Forestación	PA 4. Cambios de usos reversibles



Código tipo de hábitat	Intensidad	Código PA (Anexo I)	Presión/Amenaza	Pasarela a Presión/Amenaza
113125	M	C01.07	Minería (pizarra)	PA 8. Contaminación de suelos y aguas subterráneas
113125	L	G01.02	Excursionismo	PA 4. Cambios de usos reversibles
113125	M	G01.06	Esquí, esquí fuera de pistas	PA 4. Cambios de usos reversibles
113125	M	G02.02	Pistas y estaciones de esquí	PA 3. Cambios de usos irreversibles. Artificialización del suelo.
113125	H	J01	Cambio en el régimen de incendios	PA 2. Incendios
113125	M	M02.01	Cambios y alteraciones de hábitat	PA 1. Cambio climático
212131	H	A02.03	Eliminación para uso agrícola	PA 4. Cambios de usos reversibles
212131	M	A04.01	Pastoreo intensivo	PA 6. Plagas y herbivoría
212131	H	A04.03	Abandono de los sistemas de pastoreo, ausencia de pastoreo	PA 4. Cambios de usos reversibles
212131	H	B01	Forestación	PA 4. Cambios de usos reversibles
212131	L	G05	Otras molestias e intrusiones humanas	PA 4. Cambios de usos reversibles
212131	H	H04.02	Enriquecimiento de nitrógeno	PA 10. Contaminación atmosférica
212131	H	I01	Especies invasoras y especies alóctonas	PA 9. Invasiones biológicas
212131	L	J01.01	Quemas intencionadas	PA 2. Incendios
212131	L	J01.03	Ausencia de incendios	PA 2. Incendios
212131	H	K01.03	Deseccación	PA 1. Cambio climático
212131	L	M01.01	Cambios térmicos (p. ej.) subida de temperatura y temperaturas extremas	PA 1. Cambio climático
212131	H	M02.01	Cambios y alteraciones de hábitat	PA 1. Cambio climático
212132	H	A02.03	Eliminación para uso agrícola	PA 4. Cambios de usos reversibles
212132	M	A04.01	Pastoreo intensivo	PA 6. Plagas y herbivoría
212132	H	A04.03	Abandono de los sistemas de pastoreo, ausencia de pastoreo	PA 4. Cambios de usos reversibles
212132	H	B01	Forestación	PA 4. Cambios de usos reversibles
212132	L	G05	Otras molestias e intrusiones humanas	PA 4. Cambios de usos reversibles
212132	H	H04.02	Enriquecimiento de nitrógeno	PA 10. Contaminación atmosférica
212132	H	I101	Especies invasoras y especies alóctonas	PA 9. Invasiones biológicas
212132	L	J01.01	Quemas intencionadas	PA 2. Incendios
212132	L	J01.03	Ausencia de incendios	PA 2. Incendios
212132	H	K01.03	Deseccación	PA 1. Cambio climático

Continúa en la siguiente página ►



Código tipo de hábitat	Intensidad	Código PA (Anexo I)	Presión/Amenaza	Pasarela a Presión/Amenaza
212132	L	M01.01	Cambios térmicos (p. ej.) subida de temperatura y temperaturas extremas	PA 1. Cambio climático
212132	H	M02.01	Cambios y alteraciones de hábitat	PA 1. Cambio climático
212133	H	A02.03	Eliminación para uso agrícola	PA 4. Cambios de usos reversibles
212133	M	A04.01	Pastoreo intensivo	PA 6. Plagas y herbivoría
212133	H	A04.03	Abandono de los sistemas de pastoreo, ausencia de pastoreo	PA 4. Cambios de usos reversibles
212133	H	B01	Forestación	PA 4. Cambios de usos reversibles
212133	L	G05	Otras molestias e intrusiones humanas	PA 4. Cambios de usos reversibles
212133	H	H04.02	Enriquecimiento de nitrógeno	PA 10. Contaminación atmosférica
212133	H	I101	Especies invasoras y especies alóctonas	PA 9. Invasiones biológicas
212133	L	J01.01	Quemas intencionadas	PA 2. Incendios
212133	L	J01.03	Ausencia de incendios	PA 2. Incendios
212133	H	K01.03	Dsecación	PA 1. Cambio climático
212133	L	M01.01	Cambios térmicos (p. ej.) subida de temperatura y temperaturas extremas	PA 1. Cambio climático
212133	H	M02.01	Cambios y alteraciones de hábitat	PA 1. Cambio climático
1131124	H	A04.03	Abandono de los sistemas de pastoreo, ausencia de pastoreo	PA 4. Cambios de usos reversibles
1131124	M	B01	Forestación	PA 4. Cambios de usos reversibles
1131124	H	H04.02	Enriquecimiento de nitrógeno	PA 10. Contaminación atmosférica
1131124	L	J01.01	Quemas intencionadas	PA 2. Incendios
1131124	L	J01.03	Ausencia de incendios	PA 2. Incendios
1131124	L	M01.01	Cambios térmicos (p. ej.) subida de temperatura y temperaturas extremas	PA 1. Cambio climático
1131124	H	M02.01	Cambios y alteraciones de hábitat	PA 1. Cambio climático
1234	H	A02.01	Intensificación agrícola	PA 4. Cambios de usos reversibles
1234	M	A04.01	Pastoreo intensivo	PA 6. Plagas y herbivoría
1234	M	A04.03	Abandono de los sistemas de pastoreo, ausencia de pastoreo	PA 4. Cambios de usos reversibles
1234	M	A07	Uso de biocidas, hormonas y productos químicos	PA 8. Contaminación de suelos y aguas subterráneas
1234	H	C01.04	Minas	PA 8. Contaminación de suelos y aguas subterráneas
1234	L	E03	Urbanización. Residuos	PA 8. Contaminación de suelos y aguas subterráneas

Continúa en la siguiente página ►



Código tipo de hábitat	Intensidad	Código PA (Anexo I)	Presión/Amenaza	Pasarela a Presión/Amenaza
1234	H	J03.02	Alteraciones del sistema natural. Disminución de la conectividad de los hábitats debida a causas antropogénicas	PA 3. Cambios de usos irreversibles. Artificialización del suelo
1234	M	K01.05	Procesos bióticos y abióticos naturales. Salinización de suelos	PA 8. Contaminación de suelos y aguas subterráneas
1234	H	M01.01	Cambio climático. Cambios térmicos	PA 1. Cambio climático
1234	H	M01.02	Cambio climático. Sequía y disminución de la precipitación	PA 1. Cambio climático
1235	H	A02.01	Actividad agrícola. Intensificación agrícola	PA 4. Cambios de usos reversibles
1235	M	A04.01	Actividad agrícola. Pastoreo intensivo	PA 6. Plagas y herbivoría
1235	M	A04.03	Actividad agrícola. Abandono de los sistemas de pastoreo, ausencia de pastoreo	PA 4. Cambios de usos reversibles
1235	M	A07	Actividad agrícola. Uso de biocidas, hormonas y productos químicos	PA 8. Contaminación de suelos y aguas subterráneas
1235	H	C01.04	Minas	PA 8. Contaminación de suelos y aguas subterráneas
1235	L	E03	Urbanización. Residuos	PA 8. Contaminación de suelos y aguas subterráneas
1235	H	J03.02	Alteraciones del sistema natural. Disminución de la conectividad de los hábitats debida a causas antropogénicas	PA 3. Cambios de usos irreversibles. Artificialización del suelo
1235	M	K01.05	Procesos bióticos y abióticos naturales. Salinización de suelos	PA 8. Contaminación de suelos y aguas subterráneas
1235	H	M01.01	Cambio climático. Cambios térmicos	PA 1. Cambio climático
1235	H	M01.02	Cambio climático. Sequía y disminución de la precipitación	PA 1. Cambio climático
1236	H	A02.01	Actividad agrícola. Intensificación agrícola	PA 4. Cambios de usos reversibles
1236	M	A04.01	Actividad agrícola. Pastoreo intensivo	PA 6. Plagas y herbivoría
1236	M	A04.03	Actividad agrícola. Abandono de los sistemas de pastoreo, ausencia de pastoreo	PA 4. Cambios de usos reversibles
1236	M	A07	Actividad agrícola. Uso de biocidas, hormonas y productos químicos	PA 8. Contaminación de suelos y aguas subterráneas
1236	H	C01.04	Minas	PA 8. Contaminación de suelos y aguas subterráneas
1236	L	E03	Urbanización. Residuos	PA 8. Contaminación de suelos y aguas subterráneas
1236	H	M01.01	Alteraciones del sistema natural. Disminución de la conectividad de los hábitats debida a causas antropogénicas	PA 3. Cambios de usos irreversibles. Artificialización del suelo
1236	M	K01.05	Procesos bióticos y abióticos naturales. Salinización de suelos	PA 8. Contaminación de suelos y aguas subterráneas
1236	H	M01.01	Cambio climático. Cambios térmicos	PA 1. Cambio climático
1236	H	M01.02	Cambio climático. Sequía y disminución de la precipitación	PA 1. Cambio climático

Continúa en la siguiente página ►



Código tipo de hábitat	Intensidad	Código PA (Anexo I)	Presión/Amenaza	Pasarela a Presión/Amenaza
12331	H	A02.01	Actividad agrícola	PA 4. Cambios de usos reversibles
12331	M	A04.01	Actividad agrícola. Pastoreo intensivo	PA 6. Plagas y herbivoría
12331	M	A04.03	Actividad agrícola. Abandono de los sistemas de pastoreo, ausencia de pastoreo	PA 4. Cambios de usos reversibles
12331	M	A07	Actividad agrícola. Uso de biocidas, hormonas y productos químicos	PA 8. Contaminación de suelos y aguas subterráneas
12331	L	E03	Urbanización. Residuos	PA 8. Contaminación de suelos y aguas subterráneas
12331	H	J03.02	Disminución de la conectividad de los hábitats debida a causas antropogénicas	PA 3. Cambios de usos irreversibles. Artificialización del suelo
12331	M	K01.01	Procesos bióticos y abióticos naturales. Erosión	PA 7. Erosión
12331	M	K01.05	Procesos bióticos y abióticos naturales. Salinización de suelos	PA 8. Contaminación de suelos y aguas subterráneas
12331	H	M01.01	Cambio climático. Cambios térmicos	PA 1. Cambio climático
12331	H	M01.02	Cambio climático. Sequía y disminución de la precipitación	PA 1. Cambio climático
12332	H	A02.01	Actividad agrícola. Intensificación agrícola	PA 4. Cambios de usos reversibles
12332	M	A04.01	Actividad agrícola. Pastoreo intensivo	PA 6. Plagas y herbivoría
12332	M	A04.03	Actividad agrícola. Abandono de los sistemas de pastoreo, ausencia de pastoreo	PA 4. Cambios de usos reversibles
12332	M	A07	Actividad agrícola. Uso de biocidas, hormonas y productos químicos	PA 8. Contaminación de suelos y aguas subterráneas
12332	L	E03	Urbanización. Residuos	PA 8. Contaminación de suelos y aguas subterráneas
12332	H	J03.02	Alteraciones del sistema natural. Disminución de la conectividad de los hábitats debida a causas antropogénicas	PA 3. Cambios de usos irreversibles. Artificialización del suelo
12332	M	K01.01	Procesos bióticos y abióticos naturales. Erosión	PA 7. Erosión
12332	M	K01.05	Procesos bióticos y abióticos naturales. Salinización de suelos	PA 8. Contaminación de suelos y aguas subterráneas
12332	H	M01.01	Cambio climático. Cambios térmicos	PA 1. Cambio climático
12332	H	M01.02	Cambio climático. Sequía y disminución de la precipitación	PA 1. Cambio climático
12333	H	A02.01	Actividad agrícola. Intensificación agrícola	PA 4. Cambios de usos reversibles
12333	M	A04.01	Actividad agrícola. Pastoreo intensivo	PA 6. Plagas y herbivoría
12333	M	A04.03	Actividad agrícola. Abandono de los sistemas de pastoreo, ausencia de pastoreo	PA 4. Cambios de usos reversibles

Continúa en la siguiente página ►



Código tipo de hábitat	Intensidad	Código PA (Anexo I)	Presión/Amenaza	Pasarela a Presión/Amenaza
12333	M	A07.	Actividad agrícola. Uso de biocidas, hormonas y productos químicos	PA 8. Contaminación de suelos y aguas subterráneas
12333	L	E03.	Urbanización. Residuos	PA 8. Contaminación de suelos y aguas subterráneas
12333	H	J03.02	Alteraciones del sistema natural. Disminución de la conectividad de los hábitats debida a causas antropogénicas	PA 3. Cambios de usos irreversibles. Artificialización del suelo
12333	M	K01.01	Procesos bióticos y abióticos naturales. Erosión	PA 7. Erosión
12333	M	K01.05	Procesos bióticos y abióticos naturales. Salinización de suelos	PA 8. Contaminación de suelos y aguas subterráneas
12333	H	M01.01	Cambio climático. Cambios térmicos	PA 1. Cambio climático
12333	H	M01.02	Cambio climático. Sequía y disminución de la precipitación	PA 1. Cambio climático
31113	H	A04.01	Pastoreo intensivo. Sobrepastoreo, ausencia de ciclos de abandono	PA 6. Plagas y herbivoría
31113	M	A04.03	Abandono de los sistemas de pastoreo, ausencia de pastoreo. No reapertura tras matorralización	PA 4. Cambios de usos reversibles
31113	L	E01	Urbanización. Zonas urbanas, asentamientos humanos	PA 3. Cambios de usos irreversibles. Artificialización del suelo
31113	L	E04	Construcciones y edificios en el paisaje	PA 3. Cambios de usos irreversibles. Artificialización del suelo
31113	H	I01	Especies invasoras y especies alóctonas. Oomicetos invasores	PA 9. Invasiones biológicas
31113	L	J02	Alteraciones del sistema natural. Cambios inducidos en las condiciones hidráulicas	PA 4. Cambios de usos reversibles
31113	M	K04.05	Procesos bióticos y abióticos naturales. Daños causados por herbívoros (incluyendo especies de caza)	PA 6. Plagas y herbivoría
31113	H	M01.02	Cambio climático. Sequía y disminución de la precipitación. Fecundidad y reclutamiento dependientes de sequía	PA 1. Cambio climático
31113	H	M02.03	Cambio climático. Declive o extinción de especies. Dependencia de dispersores y nodrizas	PA 1. Cambio climático
31111	H	A04.01	Actividad agrícola. Pastoreo intensivo	PA 6. Plagas y herbivoría
31111	M	A04.03	Actividad agrícola. Abandono de los sistemas de pastoreo, ausencia de pastoreo	PA 4. Cambios de usos reversibles
31111	L	E01	Urbanización. Zonas urbanas, asentamientos humanos	PA 3. Cambios de usos irreversibles. Artificialización del suelo
31111	L	E04	Urbanización. Construcciones y edificios en el paisaje	PA 3. Cambios de usos irreversibles. Artificialización del suelo
31111	H	I01	Invasiones biológicas. Especies invasoras y especies alóctonas	PA 9. Invasiones biológicas
31111	L	J02	Alteraciones del sistema natural. Cambios inducidos en las condiciones hidráulicas	PA 4. Cambios de usos reversibles

Continúa en la siguiente página ►



Código tipo de hábitat	Intensidad	Código PA (Anexo I)	Presión/Amenaza	Pasarela a Presión/Amenaza
31111	M	K04.05	Procesos bióticos y abióticos naturales. Daños causados por herbívoros (incluyendo especies de caza)	PA 6. Plagas y herbivoría
31111	H	M01.02	Cambio climático. Sequía y disminución de la precipitación	PA 1. Cambio climático
31111	H	M02.03	Cambio climático. Declive o extinción de especies	PA 1. Cambio climático
31112	H	A04.01	Actividad agrícola. Pastoreo intensivo	PA 6. Plagas y herbivoría
31112	M	A04.03	Actividad agrícola. Abandono de los sistemas de pastoreo, ausencia de pastoreo	PA 4. Cambios de usos reversibles
31112	L	E01	Urbanización. Zonas urbanas, asentamientos humanos	PA 3. Cambios de usos irreversibles. Artificialización del suelo
31112	L	E04	Urbanización. Construcciones y edificios en el paisaje	PA 3. Cambios de usos irreversibles. Artificialización del suelo
31112	H	I01	Invasiones biológicas. Especies invasoras y especies alóctonas	PA 9. Invasiones biológicas
31112	L	J02	Alteraciones del sistema natural. Cambios inducidos en las condiciones hidráulicas	PA 4. Cambios de usos reversibles
31112	M	K04.05	Procesos bióticos y abióticos naturales. Daños causados por herbívoros (incluyendo especies de caza)	PA 6. Plagas y herbivoría
31112	H	M01.02	Cambio climático. Sequía y disminución de la precipitación	PA 1. Cambio climático
31112	H	M02.03	Cambio climático. Declive o extinción de especies	PA 1. Cambio climático
3122	H	A04.01	Actividad agrícola. Pastoreo intensivo	PA 6. Plagas y herbivoría
3122	M	A04.03	Actividad agrícola. Abandono de los sistemas de pastoreo, ausencia de pastoreo	PA 4. Cambios de usos reversibles
3122	L	E01	Urbanización. Zonas urbanas, asentamientos humanos	PA 3. Cambios de usos irreversibles. Artificialización del suelo
3122	L	E04	Urbanización. Construcciones y edificios en el paisaje	PA 3. Cambios de usos irreversibles. Artificialización del suelo
3122	H	I01	Invasiones biológicas. Especies invasoras y especies alóctonas	PA 9. Invasiones biológicas
3122	L	J02	Alteraciones del sistema natural. Cambios inducidos en las condiciones hidráulicas	PA 4. Cambios de usos reversibles
3122	M	K04.05	Procesos bióticos y abióticos naturales. Daños causados por herbívoros (incluyendo especies de caza)	PA 6. Plagas y herbivoría
3122	H	M01.02	Cambio climático. Sequía y disminución de la precipitación	PA 1. Cambio climático
3122	H	M02.03	Cambio climático. Declive o extinción de especies	PA 1. Cambio climático
12374	H	D01	Carreteras, caminos, y vías de tren	PA 3. Cambios de usos irreversibles. Artificialización del suelo
12374	H	E01	Zonas urbanas, asentamientos urbanos	PA 3. Cambios de usos irreversibles. Artificialización del suelo
12374	H	E04	Construcciones y edificios en el paisaje	PA 3. Cambios de usos irreversibles. Artificialización del suelo

Continúa en la siguiente página ►



Código tipo de hábitat	Intensidad	Código PA (Anexo I)	Presión/Amenaza	Pasarela a Presión/Amenaza
12374	L	K04.05	Plagas y herbivoría	PA 6. Plagas y herbivoría
12374	L	K01.01	Erosión	PA 7. Erosión
12374	M	I01	Invasiones biológicas	PA 9. Invasiones biológicas
12371	H	D01	Carreteras, caminos, y vías de tren.	PA 3. Cambios de usos irreversibles. Artificialización del suelo
12371	H	E01	Zonas urbanas, asentamientos urbanos	PA 3. Cambios de usos irreversibles. Artificialización del suelo
12371	H	E04	Construcciones y edificios en el paisaje	PA 3. Cambios de usos irreversibles. Artificialización del suelo
12371	L	K04.05	Plagas y herbivoría	PA 6. Plagas y herbivoría
12371	L	K01.01	Erosión	PA 7. Erosión
12371	M	I01	Especies invasoras y especies alóctonas	PA 9. Invasiones biológicas
112211	L	M01.01	Cambios térmicos (p. ej. subida de temperaturas y temperaturas extremas)	PA 1. Cambio climático
112211	L	M01.02	Sequía y disminución de la precipitación	PA 1. Cambio climático
112211	L	M02.04	Desincronización de procesos	PA 1. Cambio climático
112211	H	D01	Carreteras, caminos, y vías de tren.	PA 3. Cambios de usos irreversibles. Artificialización del suelo
112211	H	E01	Zonas urbanas, asentamientos urbanos	PA 3. Cambios de usos irreversibles. Artificialización del suelo
112211	H	E04	Construcciones y edificios en el paisaje	PA 3. Cambios de usos irreversibles. Artificialización del suelo
112211	L	K04.05	Plagas y herbivoría	PA 6. Plagas y herbivoría
112211	L	K01.01	Erosión	PA 7. Erosión
112211	M	I01	Especies invasoras y especies alóctonas	PA 9. Invasiones biológicas
21221	H	D01	Carreteras, caminos, y vías de tren	PA 3. Cambios de usos irreversibles. Artificialización del suelo
21221	H	E01	Zonas urbanas, asentamientos urbanos	PA 3. Cambios de usos irreversibles. Artificialización del suelo
21221	H	E04	Construcciones y edificios en el paisaje	PA 3. Cambios de usos irreversibles. Artificialización del suelo
21221	L	K04.05	Plagas y herbivoría	PA 6. Plagas y herbivoría
21221	L	K01.01	Erosión	PA 7. Erosión
21221	M	I01	Especies invasoras y especies alóctonas	PA 9. Invasiones biológicas
112212	L	M01.01	Cambios térmicos (p. ej. subida de temperaturas y temperaturas extremas)	PA 1. Cambio climático
112212	L	M01.02	Sequía y disminución de la precipitación	PA 1. Cambio climático
112212	L	M02.04	Desincronización de procesos	PA 1. Cambio climático
112212	H	D01	Carreteras, caminos, y vías de tren	PA 3. Cambios de usos irreversibles. Artificialización del suelo
112212	H	E01	Zonas urbanas, asentamientos urbanos	PA 3. Cambios de usos irreversibles. Artificialización del suelo

Continúa en la siguiente página ►



Código tipo de hábitat	Intensidad	Código PA (Anexo I)	Presión/Amenaza	Pasarela a Presión/Amenaza
112212	H	E04	Construcciones y edificios en el paisaje	PA 3. Cambios de usos irreversibles. Artificialización del suelo
112212	L	K04.05	Plagas y herbivoría	PA 6. Plagas y herbivoría
112212	L	K01.01	Erosión	PA 7. Erosión
112212	M	I01	Especies invasoras y especies alóctonas	PA 9. Invasiones biológicas
12372	H	D01	Carreteras, caminos, y vías de tren.	PA 3. Cambios de usos irreversibles. Artificialización del suelo
12372	H	E01	Zonas urbanas, asentamientos urbanos	PA 3. Cambios de usos irreversibles. Artificialización del suelo
12372	H	E04	Construcciones y edificios en el paisaje	PA 3. Cambios de usos irreversibles. Artificialización del suelo
12372	L	K04.05	Plagas y herbivoría	PA 6. Plagas y herbivoría
12372	L	K01.01	Erosión	PA 7. Erosión
12372	M	I01	Especies invasoras y especies alóctonas	PA 9. Invasiones biológicas
11222	L	M01.01	Cambios térmicos (p. ej. subida de temperaturas y temperaturas extremas)	PA 1. Cambio climático
11222	L	M01.02	Sequía y disminución de la precipitación	PA 1. Cambio climático
11222	L	M02.04	Desincronización de procesos	PA 1. Cambio climático
11222	H	D01	Carreteras, caminos, y vías de tren.	PA 3. Cambios de usos irreversibles. Artificialización del suelo
11222	H	E01	Zonas urbanas, asentamientos urbanos	PA 3. Cambios de usos irreversibles. Artificialización del suelo
11222	H	E04	Construcciones y edificios en el paisaje	PA 3. Cambios de usos irreversibles. Artificialización del suelo
11222	L	K04.05	Plagas y herbivoría	PA 6. Plagas y herbivoría
11222	L	K01.01	Erosión	PA 7. Erosión
11222	M	I01	Especies invasoras y especies alóctonas	PA 9. Invasiones biológicas
11MX_16	L	M01.01	Cambios térmicos (p. ej. subida de temperaturas y temperaturas extremas)	PA 1. Cambio climático
11MX_16	L	M01.02	Sequía y disminución de la precipitación	PA 1. Cambio climático
11MX_16	L	M02.02	Desincronización de procesos	PA 1. Cambio climático
11MX_16	L	J01	Incendios	PA 2. Incendios
11MX_16	M	A06.04	Abandono de producción de cultivos	PA 4. Cambios de usos reversibles
11MX_16	H	D01	Carreteras, caminos, y vías de tren	PA 3. Cambios de usos irreversibles. Artificialización del suelo
11MX_16	H	E01	Zonas urbanas, asentamientos urbanos	PA 3. Cambios de usos irreversibles. Artificialización del suelo
11MX_16	H	E04	Construcciones y edificios en el paisaje	PA 3. Cambios de usos irreversibles. Artificialización del suelo
11MX_16	M	B02.01	Repoblación	PA 5. Intensificación del uso forestal
11MX_16	L	K04.05	Plagas y herbivoría	PA 6. Plagas y herbivoría

Continúa en la siguiente página ►



Código tipo de hábitat	Intensidad	Código PA (Anexo I)	Presión/Amenaza	Pasarela a Presión/Amenaza
11MX_16	L	K01.01	Erosión	PA 7. Erosión
11MX_16	L	I01	Especies invasoras y especies alóctonas	PA 9. Invasiones biológicas
11MX_17	L	M01.01	Cambios térmicos (p. ej. subida de temperaturas y temperaturas extremas)	PA 1. Cambio climático
11MX_17	L	M01.02	Sequía y disminución de la precipitación	PA 1. Cambio climático
11MX_17	L	M02.02	Desincronización de procesos	PA 1. Cambio climático
11MX_17	L	J01	Incendios	PA 2. Incendios
11MX_17	M	A06.04	Abandono de producción de cultivos	PA 4. Cambios de usos reversibles
11MX_17	M	D01	Carreteras, caminos, y vías de tren	PA 3. Cambios de usos irreversibles. Artificialización del suelo
11MX_17	M	E01	Zonas urbanas, asentamientos urbanos	PA 3. Cambios de usos irreversibles. Artificialización del suelo
11MX_17	M	E04	Construcciones y edificios en el paisaje	PA 3. Cambios de usos irreversibles. Artificialización del suelo
11MX_17	L	B02.01	Repoblación	PA 5. Intensificación del uso forestal
11MX_17	L	K04.05	Plagas y herbivoría	PA 6. Plagas y herbivoría
11MX_17	L	K01.01	Erosión	PA 7. Erosión
11MX_17	L	I01	Especies invasoras y especies alóctonas	PA 9. Invasiones biológicas
111R42	M	M01.01	Cambios térmicos (p. ej. subida de temperaturas y temperaturas extremas)	PA 1. Cambio climático
111R42	M	M01.02	Sequía y disminución de la precipitación	PA 1. Cambio climático
111R42	M	M02.02	Desincronización de procesos	PA 1. Cambio climático
111R42	M	J01	Incendios y extinción de incendios	PA 2. Incendios
111R42	M	A06.04	Abandono de producción de cultivos	PA 4. Cambios de usos reversibles
111R42	M	D01	Carreteras, caminos, y vías de tren	PA 3. Cambios de usos irreversibles. Artificialización del suelo
111R42	M	E01	Zonas urbanas, asentamientos urbanos	PA 3. Cambios de usos irreversibles. Artificialización del suelo
111R42	M	E04	Construcciones y edificios en el paisaje	PA 3. Cambios de usos irreversibles. Artificialización del suelo
111R42	L	B02.01	Repoblación	PA 5. Intensificación del uso forestal
111R42		K04.05	Plagas y herbivoría	PA 6. Plagas y herbivoría
111R42	H	I01	Especies invasoras y especies alóctonas	PA 9. Invasiones biológicas
2116	M	D01	Carreteras, caminos, y vías de tren	PA 3. Cambios de usos irreversibles. Artificialización del suelo
2116	M	E01	Zonas urbanas, asentamientos urbanos	PA 3. Cambios de usos irreversibles. Artificialización del suelo
2116	M	E04	Construcciones y edificios en el paisaje	PA 3. Cambios de usos irreversibles. Artificialización del suelo
2116	L	K04.05	Plagas y herbivoría	PA 6. Plagas y herbivoría

Continúa en la siguiente página ►



Código tipo de hábitat	Intensidad	Código PA (Anexo I)	Presión/Amenaza	Pasarela a Presión/Amenaza
2116	L	K01.01	Erosión	PA 7. Erosión
2116	M	I01	Especies invasoras y especies alóctonas	PA 9. Invasiones biológicas
11MX_15a	H	M01.01	Cambios térmicos (p. ej. subida de temperaturas y temperaturas extremas)	PA 1. Cambio climático
11MX_15a	H	M01.02	Sequía y disminución de la precipitación	PA 1. Cambio climático
11MX_15a	H	M02.02	Desincronización de procesos	PA 1. Cambio climático
11MX_15a	M	J01	Incendios y extinción de incendios	PA 2. Incendios
11MX_15a	L	B02.01	Repoblación	PA 5. Intensificación del uso forestal
11MX_15a	L	I01	Especies invasoras y especies alóctonas	PA 9. Invasiones biológicas
11MX_15b	M	M01.01	Cambios térmicos (p. ej. subida de temperaturas y temperaturas extremas)	PA 1. Cambio climático
11MX_15b	M	M01.02	Sequía y disminución de la precipitación	PA 1. Cambio climático
11MX_15b	M	M02.02	Desincronización de procesos	PA 1. Cambio climático
11MX_15b	H	J01	Incendios y extinción de incendios	PA 2. Incendios
11MX_15b	L	B02.01	Repoblación	PA 5. Intensificación del uso forestal
11MX_15b	L	I01	Especies invasoras y especies alóctonas	PA 9. Invasiones biológicas
11341	H	M01.01	Cambios térmicos (p. ej. subida de temperaturas y temperaturas extremas)	PA 1. Cambio climático
11341	H	M01.02	Sequía y disminución de la precipitación	PA 1. Cambio climático
11341	H	M02.02	Desincronización de procesos	PA 1. Cambio climático
11341	H	K04.05	Plagas y herbivoría	PA 6. Plagas y herbivoría
11341	L	K01.01	Erosión	PA 7. Erosión
11341	H	I01	Especies invasoras y especies alóctonas	PA 9. Invasiones biológicas
2121121	M	B01	Forestación de bosques en campo abierto	PA 4. Cambios de usos reversibles
2121121	H	B03	Aprovechamiento forestal sin repoblación o regeneración natural	PA 5. Intensificación del uso forestal
2121121	L	G05.01	Pisoteo, uso excesivo	PA 4. Cambios de usos reversibles
2121121	L	J01.01	Quemas intencionadas	PA 2. Incendios
2121121	H	M01.04	alteraciones en el pH	PA 10. Contaminación atmosférica

Continúa en la siguiente página ►



Código tipo de hábitat	Intensidad	Código PA (Anexo I)	Presión/Amenaza	Pasarela a Presión/Amenaza
2121126	M	A04.01	Pastoreo Intensivo	PA 6. Plagas y herbivoría
2121126	H	B03	Aprovechamiento forestal sin repoblación o regeneración natural	PA 5. Intensificación del uso forestal
2121126	M	G05.01	Pisoteo, uso excesivo	PA 4. Cambios de usos reversibles
2121126	H	J01.01	Quemas intencionadas	PA 2. Incendios
2121126	H	M01.04	Alteraciones en el pH	PA 10. Contaminación atmosférica
21211212	M	B01	Forestación de bosques en campo abierto	PA 4. Cambios de usos reversibles
21211212	H	B03	Aprovechamiento forestal sin repoblación o regeneración natural	PA 5. Intensificación del uso forestal
21211212	L	G05.01	Pisoteo, uso excesivo	PA 4. Cambios de usos reversibles
21211212	L	J01.01	Quemas intencionadas	PA 2. Incendios
21211212	M	K01.05	Salinización de suelos	PA 8. Contaminación de suelos y aguas subterráneas
21211212	M	K02.02	Acumulación de materia orgánica	PA 4. Cambios de usos reversibles
21211212	H	M01.04	Alteraciones en el pH	PA 10. Contaminación atmosférica
21211213	M	A04.01	Pastoreo Intensivo	PA 6. Plagas y herbivoría
21211213	H	B03	Aprovechamiento forestal sin repoblación o regeneración natural	PA 5. Intensificación del uso forestal
21211213	M	G05.01	Pisoteo, uso excesivo	PA 4. Cambios de usos reversibles
21211213	M	J01.01	Quemas intencionadas	PA 2. Incendios
21211213	H	M01.04	Alteraciones en el pH	PA 10. Contaminación atmosférica
2121125	M	A04.01	Pastoreo intensivo	PA 4. Cambios de usos reversibles
2121125	H	B01	Forestación	PA 5. Intensificación del uso forestal
2121125	H	B07	Otras actividades forestales: extracción de biomasa como biocombustible	PA 5. Intensificación del uso forestal
2121125	L	C03.03	Producción de energía eólica	PA 4. Cambios de usos reversibles
2121125	H	J01	Ausencia de incendios o excesiva frecuencia de incendios	PA 2. Incendios
21211241	M	A04.02	Pastoreo no intensivo, básicamente en zonas recién quemadas	PA 4. Cambios de usos reversibles
21211241	H	B01	Forestación	PA 5. Intensificación del uso forestal
21211241	M	C03.03	Producción de energía eólica	PA 4. Cambios de usos reversibles
21211241	L	I01	Especies invasoras y alóctonas	PA 9. Invasiones biológicas
21211241	H	J01.03	Ausencia de incendios	PA 2. Incendios
21211241	M	K01.01	Erosión	PA 7. Erosión
21211241	M	M01	Cambios en las condiciones abióticas	PA 1. Cambio climático
21211241	L	M02	Cambios en las condiciones bióticas	PA 1. Cambio climático

Continúa en la siguiente página ►



Código tipo de hábitat	Intensidad	Código PA (Anexo I)	Presión/Amenaza	Pasarela a Presión/Amenaza
21211242	M	A04.01	Pastoreo intensivo	PA 4. Cambios de usos reversibles
21211242	H	B01	Forestación	PA 5. Intensificación del uso forestal
21211242	M	K01.01	Erosión	PA 7. Erosión
21211242	L	K02.01	Cambios en la composición de especies (sucesiones)	PA 6. Plagas y herbivoría
21211242	H	J01	Ausencia de incendios y/o desbroce	PA 2. Incendios
21211243	L	B01	Forestación	PA 5. Intensificación del uso forestal
21211243	M	H04.02	Enriquecimiento de nitrógeno solo en las formaciones de <i>Erica erigena</i>	PA 10. Contaminación atmosférica
21211243	H	J02.06	Captaciones de agua proveniente de aguas superficiales, solo en las formaciones de <i>Erica erigena</i>	PA 4. Cambios de usos reversibles
21211243	H	J02.07	Captaciones de agua subterránea, solo en las formaciones de <i>Erica erigena</i>	PA 4. Cambios de usos reversibles
21211243	H	K01.03	Desecación, solo en las formaciones de <i>Erica erigena</i>	PA 1. Cambio climático
21211243	M	M01.02	Sequía y disminución de la precipitación	PA 1. Cambio climático
1131121	L	B02.03	Eliminación del sotobosque	PA 5. Intensificación del uso forestal
1131121	L	E04	Construcciones y edificios en el paisaje	PA 3. Cambios de usos irreversibles. Artificialización del suelo
1131121	H	J01	Incendios y extinción de incendios	PA 2. Incendios
1131121	M	K01.01	Erosión	PA 7. Erosión
1131121	H	M02.04	Migración de especies (colonizadores naturales)	PA 1. Cambio climático
1131121	L	A	Actividad agrícola	PA 4. Cambios de usos reversibles
2115	L	B02.01	Repoblación	PA 5. Intensificación del uso forestal
2115	L	D01	Carreteras, caminos y vías de tren	PA 3. Cambios de usos irreversibles. Artificialización del suelo.
2115	L	D02.01	Tendidos eléctricos y líneas telefónicas	PA 4. Cambios de usos reversibles
2115	H	J01	Incendios y extinción de incendios	PA 2. Incendios
2115	M	K01.01	Erosión	PA 7. Erosión
113124	L	G02	Instalaciones deportivas y de ocio	PA 4. Cambios de usos reversibles
113124	L	M01.01	Cambios térmicos (p. ej. subida de la temperatura y temperaturas extremas)	PA 1. Cambio climático
113124	L	M01.02	Sequía y disminución de la precipitación	PA 1. Cambio climático
111252	M	D01	Carreteras, caminos y vías de tren	PA 3. Cambios de usos irreversibles. Artificialización del suelo
111252	M	J01	Incendios y extinción de incendios	PA 2. Incendios

Continúa en la siguiente página ►



Código tipo de hábitat	Intensidad	Código PA (Anexo I)	Presión/Amenaza	Pasarela a Presión/Amenaza
111252	M	L08	Inundaciones (procesos naturales)	PA 1. Cambio climático
111252	L	M01.02	Sequía y disminución de la precipitación	PA 1. Cambio climático
1131221	L	A04.01	Pastoreo intensivo	PA 4. Cambios de usos reversibles
1131221	L	J01	Incendios y extinción de incendios	PA 2. Incendios
1131222	M	A04.01	Pastoreo intensivo	PA 4. Cambios de usos reversibles
1131222	M	J01	Incendios y extinción de incendios	PA 2. Incendios
1131222	M	M01.01	Cambios térmicos (p. ej. subida de la temperatura y temperaturas extremas)	PA 1. Cambio climático
1131222	M	M01.02	Sequía y disminución de la precipitación	PA 1. Cambio climático
2121112	H	A04.01	Pastoreo intensivo	PA 4. Cambios de usos reversibles
2121112	H	J01	Incendios y extinción de incendios	PA 2. Incendios
2121112	H	M01.01	Cambios térmicos (p. ej. subida de la temperatura y temperaturas extremas)	PA 1. Cambio climático
2121112	H	M01.02	Sequía y disminución de la precipitación	PA 1. Cambio climático
2121115	L	A04.01	Pastoreo intensivo	PA 4. Cambios de usos reversibles
2121115	L	J01	Incendios y extinción de incendios	PA 2. Incendios
2121127	H	M01.01	Cambios térmicos (p. ej. subida de la temperatura y temperaturas extremas)	PA 1. Cambio climático
2121127	H	M01.02	Sequía y disminución de la precipitación	PA 1. Cambio climático
2121127	H	B02.01	Repoblación	PA 5. Intensificación del uso forestal
2121127	H	K01.01	Erosión	PA 7. Erosión
2121127	H	J01	Incendios y extinción de incendios	PA 2. Incendios
2121127	L	F03	Caza	PA 4. Cambios de usos reversibles
2121127	M	H04	Contaminación atmosférica	PA 10. Contaminación atmosférica
2121127	M	E01	Zonas urbanas/asentamientos humanos	PA 3. Cambios de usos irreversibles. Artificialización del suelo
112112	H	A02.01	Intensificación agrícola	PA 4. Cambios de usos reversibles
112112	H	A04.01	Pastoreo intensivo	PA 4. Cambios de usos reversibles
112112	H	J01	Incendios y extinción de incendios	PA 2. Incendios

Continúa en la siguiente página ►



Código tipo de hábitat	Intensidad	Código PA (Anexo I)	Presión/Amenaza	Pasarela a Presión/Amenaza
112112	L	E01	Urbanización	PA 3. Cambios de usos irreversibles. Artificialización del suelo
112112	L	B02.01	Actividad forestal	PA 5. Intensificación del uso forestal
112112	L	M01.01	Cambio climático	PA 1. Cambio climático
112112	L	H05	Contaminación	PA 8. Contaminación de suelos y aguas subterráneas
112112	L	H04	Contaminación	PA 10. Contaminación atmosférica
112112	L	G05	Intrusión humana	PA 4. Cambios de usos reversibles
112112	L	I01	Invasiones biológicas	PA 9. Invasiones biológicas
112112	M	C01.04	Minas y canteras	PA 3. Cambios de usos irreversibles. Artificialización del suelo
112112	M	D01	Transporte	PA 3. Cambios de usos irreversibles. Artificialización del suelo
112111	H	M01.01	Cambios térmicos (p. ej. subida de la temperatura y temperaturas extremas)	PA 1. Cambio climático
112111	H	M01.02	Sequía y disminución de la precipitación	PA 1. Cambio climático
112111	H	J01	Incendios	PA 2. Incendios
112111	M	B02.01	Repoblación	PA 5. Intensificación del uso forestal
112111	L	F03	Caza	PA 4. Cambios de usos reversibles
121321	H	A02.01	Intensificación agrícola	PA 4. Cambios de usos reversibles
121321	H	E02	Residuos urbanos, de construcción y voluminosos	PA 3. Cambios de usos irreversibles. Artificialización del suelo
121321	H	E03	Otras construcciones	PA 3. Cambios de usos irreversibles. Artificialización del suelo
121321	H	H01	Contaminación aguas superficiales	PA 8. Contaminación de suelos y aguas subterráneas
121321	H	H02	Contaminación aguas subterráneas	PA 8. Contaminación de suelos y aguas subterráneas
121321	H	J02	Alteraciones en las condiciones hidrológicas	PA 7. Erosión
121321	L	A04.01	Pastoreo intensivo	PA 4. Cambios de usos reversibles
121321	L	C01.05.01	Abandono de salinas	PA 4. Cambios de usos reversibles
121321	L	D01	Carreteras, caminos y vías de tren	PA 3. Cambios de usos irreversibles. Artificialización del suelo
121321	L	F04	Recolección de plantas	PA 4. Cambios de usos reversibles
121321	L	G05.01	Pisoteo	PA 4. Cambios de usos reversibles
121321	L	H05	Contaminación de suelos	PA 8. Contaminación de suelos y aguas subterráneas

Continúa en la siguiente página ►



Código tipo de hábitat	Intensidad	Código PA (Anexo I)	Presión/Amenaza	Pasarela a Presión/Amenaza
121321	L	I01	Especies invasoras	PA 9. Invasiones biológicas
121321	L	M	Cambio climático	PA 1. Cambio climático
121321	M	E01	Asentamientos urbanos	PA 3. Cambios de usos irreversibles. Artificialización del suelo
11212001	H	A02.01	Intensificación agrícola	PA 4. Cambios de usos reversibles
11212001	H	E01	Urbanización	PA 3. Cambios de usos irreversibles. Artificialización del suelo
11212001	H	M01.01	Cambio climático	PA 1. Cambio climático
11212001	L	J01	Alteraciones del sistema natural	PA 4. Cambios de usos reversibles
11212001	L	B02.01	Actividad forestal	PA 5. Intensificación del uso forestal
11212001	L	H04	Contaminación	PA 10. Contaminación atmosférica
11212001	L	G05	Intrusión humana	PA 4. Cambios de usos reversibles
11212001	L	I01	Invasiones biológicas	PA 9. Invasiones biológicas
11212001	L	C01.04	Minas y canteras	PA 3. Cambios de usos irreversibles. Artificialización del suelo
11212001	L	D01	Transporte	PA 3. Cambios de usos irreversibles. Artificialización del suelo
11212001	M	A04.01	Pastoreo intensivo	PA 4. Cambios de usos reversibles
11212001	M	H05	Contaminación	PA 8. Contaminación de suelos y aguas subterráneas
21212222	L	A04.01	Pastoreo intensivo	PA 4. Cambios de usos reversibles
21212222	L	G01	Deportes al aire libre y actividades de ocio, actividades recreativas organizadas	PA 4. Cambios de usos reversibles
21212222	L	K04.05	Daños causados por herbívoros	PA 4. Cambios de usos reversibles
21212222	M	A02.01	Intensificación agrícola	PA 4. Cambios de usos reversibles
21212222	M	K01.01	Erosión	PA 7. Erosión
11165	H	A04.01	Pastoreo intensivo	PA 4. Cambios de usos reversibles
11165	H	J01	Alteraciones del sistema natural	PA 4. Cambios de usos reversibles
11165	L	B02.01	Actividad forestal	PA 5. Intensificación del uso forestal
11165	L	M01.01	Cambio climático	PA 1. Cambio climático
11165	L	I01	Invasiones biológicas	PA 9. Invasiones biológicas
11165	L	D01	Transporte	PA 3. Cambios de usos irreversibles. Artificialización del suelo
11165	M	E01	Urbanización	PA 3. Cambios de usos irreversibles. Artificialización del suelo

Continúa en la siguiente página ►



Código tipo de hábitat	Intensidad	Código PA (Anexo I)	Presión/Amenaza	Pasarela a Presión/Amenaza
11165	M	H05	Contaminación	PA 8. Contaminación de suelos y aguas subterráneas
11165	M	G05	Intrusión humana	PA 4. Cambios de usos reversibles
11165	M	C01.04	Minas y canteras	PA 3. Cambios de usos irreversibles. Artificialización del suelo
212121	L	J01	Incendios y extinción de incendios	PA 2. Incendios
212121	M	A02.01	Intensificación agrícola	PA 4. Cambios de usos reversibles
212121	M	A04	Pastoreo	PA 4. Cambios de usos reversibles
212121	M	K01.01	Erosión	PA 7. Erosión
212121	M	M	Cambio climático	PA 1. Cambio climático
2121111	L	J01	Incendios y extinción de incendios	PA 2. Incendios
2121111	M	A02	Modificación de prácticas agrícolas	PA 4. Cambios de usos reversibles
2121111	M	M	Cambio climático	PA 1. Cambio climático
11212002	H	A02.01	Intensificación agrícola	PA 4. Cambios de usos reversibles
11212002	H	J02	Cambios inducidos en las condiciones hidráulicas	PA 8. Contaminación de suelos y aguas subterráneas
11212002	H	M	Cambio climático	PA 1. Cambio climático
11212002	M	D01.03	Transportes y redes de comunicación	PA 3. Cambios de usos irreversibles. Artificialización del suelo
11212002	M	E01.01	Zonas de crecimiento urbano continuo	PA 3. Cambios de usos irreversibles. Artificialización del suelo
11212002	M	I01	Especies invasoras y especies alóctonas	PA 9. Invasiones biológicas
21212223	L	J01	Incendios y extinción de incendios	PA 2. Incendios
21212223	M	A02.01	Intensificación agrícola	PA 4. Cambios de usos reversibles
21212223	M	A04	Pastoreo	PA 4. Cambios de usos reversibles
21212223	M	K01.01	Erosión	PA 7. Erosión
21212223	M	M	Cambio climático	PA 1. Cambio climático



ANEXO III. Esquema para la elaboración de los procedimientos de estimación del grado de intensidad de las presiones y amenazas

Líneas generales y breve descripción del trabajo a realizar.

- Este anexo es un esquema explicativo para completar las fichas con los protocolos sobre presiones y amenazas. Las fichas 'modelo' replican la estructura de este esquema.
- PA es la abreviatura que se ha decidido utilizar para hacer referencia a las presiones y amenazas.
- El trabajo está desglosado en dos partes: (1) presiones y (2) amenazas. Cada una de ellas a su vez se divide en dos ítems (parámetros): (1) 'Rango/Superficie ocupada' y (2) 'Estructura y función'.
- Los expertos han de entregar el protocolo o procedimiento para estimar el grado o intensidad de impacto sobre los parámetros 'Rango/Superficie ocupada' y 'Estructura y función'.
- El 'rango/superficie' ocupada hace referencia a la superficie afectada por una presión y amenaza, mientras que la estructura y función hace referencia al estado ecológico.
- Cada ficha se tendrá que realizar para cada PA y grupo de tipos de hábitat según se hayan agrupado a partir de la información proporcionada por los expertos de los procedimientos.
- Las presiones y amenazas se han agrupado en 10 categorías: PA 1. Cambio climático, PA 2. Incendios forestales, PA 3. Cambio de usos del suelo 'reversibles' (abandono, intensificación agrícola como regadíos, etc.), PA 4. Cambio de usos del suelo 'artificialización del suelo' (implica cambios irreversibles como construcciones, infraestructuras viarias, urbanizaciones, ocupación de suelos, etc.), PA 5. Intensificación del uso forestal, PA 6. Plagas y herbivoría, PA 7. Erosión, PA 8. Contaminación de suelos, PA 9. Invasiones biológicas, PA 10 Contaminación atmosférica.
- Las presiones se corresponden con agentes que ponen en riesgo la integridad de los tipos de hábitat en términos de su 'Rango/Superficie ocupada' y 'Estructura y función'. Tiene una dimensión temporal actual o reciente, a diferencia de las amenazas que implican una proyección temporal a corto-medio plazo.
- Las amenazas se corresponden con las presiones proyectadas al futuro próximo (12 años) y para evaluarlas se utiliza la información de la evolución de las presiones en el pasado reciente; para ello se tienen en cuenta las bases de información que muestran tendencias recientes (p. ej. series temporales de datos), que permite evaluar el régimen de perturbaciones (como en el caso de los incendios), o que describen escenarios equivalentes a los '*business as usual*', los cuales se hacen servir a menudo en simulaciones de escenarios posibles.

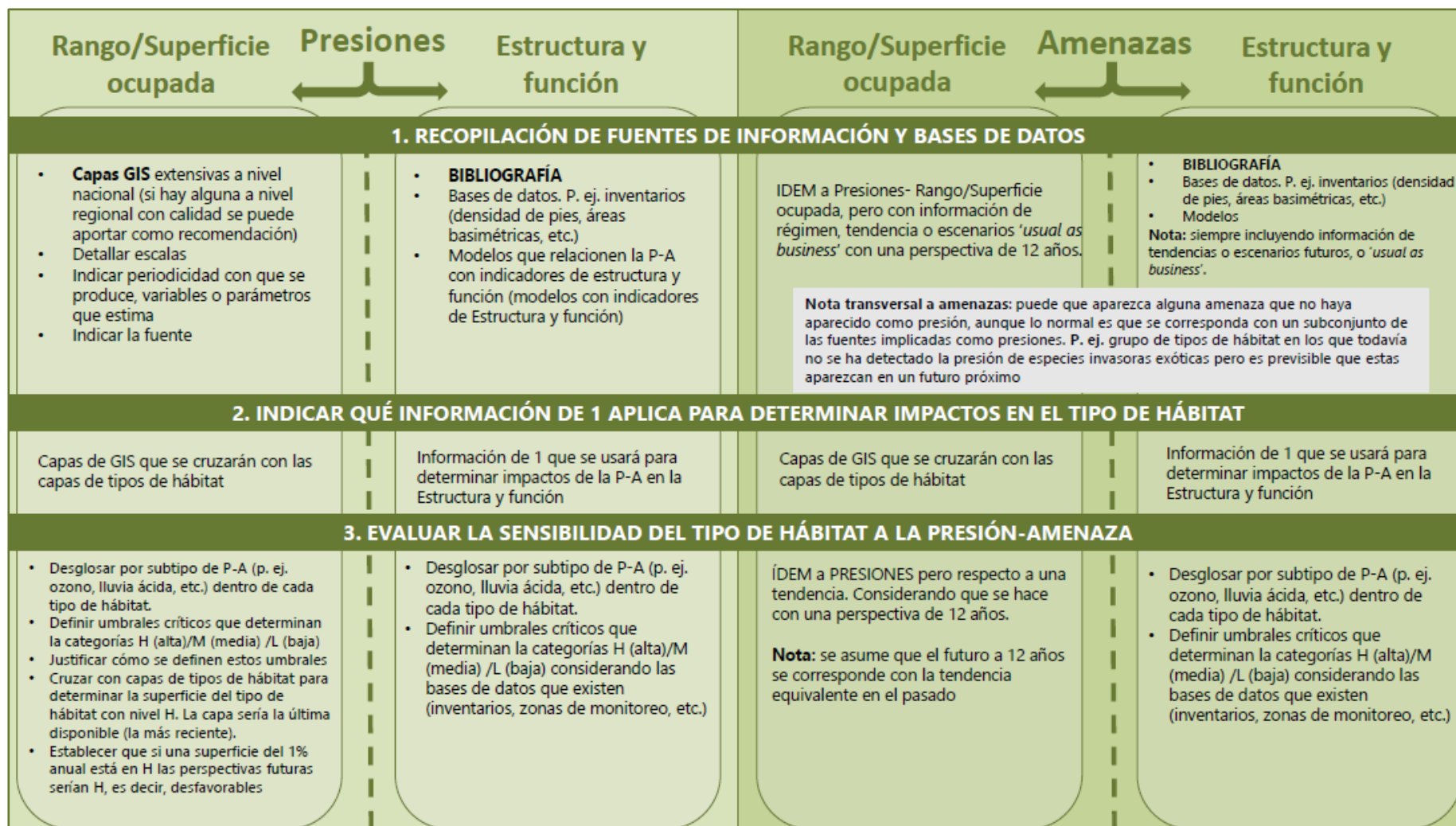


Figura III.1 Esquema sintético facilitado a los expertos para la elaboración de los procedimientos que permitirán estimar el grado de intensidad de las presiones y amenazas sobre los tipos de hábitat de bosque y matorral para los parámetros 'Rango/Superficie ocupada' y 'Estructura y función'. Fuente: elaboración propia.



Rango/Superficie ocupada	Presiones	Estructura y función	Rango/Superficie ocupada	Amenazas	Estructura y función
4. PERIODICIDAD EN LA APLICACIÓN DE PROTOCOLOS					
<ul style="list-style-type: none"> Indicar la periodicidad recomendable para las capas (en el caso de Rango/Superficie ocupada) y/o bases de datos (en el caso de Estructura y función) 		<ul style="list-style-type: none"> Indicar la periodicidad recomendable para las capas (en el caso de Rango/Superficie ocupada) y/o bases de datos (en el caso de Estructura y función) 		<ul style="list-style-type: none"> Indicar la periodicidad recomendable para las capas (en el caso de Rango/Superficie ocupada) y/o bases de datos (en el caso de Estructura y función) 	<ul style="list-style-type: none"> Indicar la periodicidad recomendable para las capas (en el caso de Rango/Superficie ocupada) y/o bases de datos (en el caso de Estructura y función)
5. CAUTELAS					
<p>Este apartado es un breve análisis crítico de los índices y procedimientos propuestos. En este sentido, la lista proporcionada en la tabla ni es exhaustiva ni es necesario que se consideren todos los ítems de forma específica.</p>					
<ul style="list-style-type: none"> Implica escalas (<i>downscaling</i>) 		<ul style="list-style-type: none"> Validaciones de cara a determinación de umbrales Mejoras de la periodicidad Mejora de las bases de datos. (p. ej. Matorrales) Uso de <i>proxies</i>, etc. 		<ul style="list-style-type: none"> Implica escalas (<i>downscaling</i>) Asunción de tendencias, regímenes y escenarios u.a.b. 	<ul style="list-style-type: none"> Implica escalas (<i>downscaling</i>) Asunción de tendencias, regímenes y escenarios u.a.b.

Figura III.1 (continuación) Esquema sintético facilitado a los expertos para la elaboración de los procedimientos que permitirán estimar el grado de intensidad de las presiones y amenazas sobre los tipos de hábitat de bosque y matorral para los parámetros 'Rango/Superficie ocupada' y 'Estructura y función'. Fuente: elaboración propia.



ANEXO IV. Ficha-protocolo modelo, para homogeneizar el desarrollo de los procedimientos para determinar el grado de intensidad de las 1) presiones y 2) amenazas detectadas, para los parámetros a) 'Rango/Superficie ocupada' y b) 'Estructura y función'

1a) Procedimiento para presiones: parámetro 'Rango/Superficie ocupada'

Nombre de la presión y código del tipo de hábitat o grupo de tipos de hábitat
RANGO/SUPERFICIE OCUPADA
Descripción de los impactos que produce la presión en el tipo de hábitat o grupo de tipos de hábitat correspondiente.
1. Recopilación de fuentes de información y bases de datos
Recopilación de fuentes de información y bases de datos: <ul style="list-style-type: none">■ Capas para los Sistemas de Información Geográfica (en adelante GIS del inglés <i>Geographic Information System</i>) extensivas a nivel nacional (si existe alguna capa de GIS a nivel regional con calidad se puede aportar como recomendación).■ Detallar las escalas.■ Indicar la periodicidad con que se produce, la extensión, y las variables o parámetros que estima.■ Indicar fuente.
2. Indicar qué información de 1 se aplica para determinar impactos en el tipo de hábitat
En este apartado hay que indicar qué información del apartado 1, es decir qué capas de GIS, se cruzará con las capas de los tipos de hábitat.
3. Evaluar la sensibilidad del tipo de hábitat a la presión
Para evaluar la sensibilidad del tipo de hábitat a las presiones se tienen que determinar los umbrales críticos que determinarán las categorías H (alta), M (media) y L (baja). Los pasos a seguir serían: <ul style="list-style-type: none">■ Desglosar por subtipo de presión (p. ej. ozono, lluvia ácida, etc.) dentro de cada tipo de hábitat.■ Definir umbrales críticos que determinan las categorías H (alta), M (media) y L (baja).■ Justificar cómo se definen estos umbrales (p. ej. normativa, bibliografía).■ Cruzar las capas de GIS con las capas de los tipos de hábitat para determinar la superficie del tipo de hábitat con nivel H. La capa a emplear sería la última disponible (es decir, la más reciente).
Establecer o tener en cuenta, que si una superficie del 1% anual está en categoría H las perspectivas futuras serían desfavorables.



4. Periodicidad en la aplicación de protocolos

Indicar la periodicidad recomendable con la que debe estimarse el impacto de cada presión, en cada tipo o grupo de tipos de hábitat. Es decir, indicar la periodicidad recomendable para la aplicación de los protocolos.

Indicar la periodicidad para la generación de las capas (en el caso de rango/superficie ocupada) y/o bases de datos (en el caso de estructura y función).

Se tendrá en cuenta que los Estados de la Unión Europea deben reportar cada seis años sobre el estado de conservación de los tipos de hábitat, por tanto, una periodicidad superior puede ser insuficientemente informativa, y muy inferior, superflua. No obstante, hay que tener presente la periodicidad en la actualización de las bases de datos.

5. Cautelas

En el caso del parámetro 'Rango/Superficie ocupada' probablemente implica la sensibilidad del procedimiento a las escalas utilizadas y/o disponibles, y en particular a si las fuentes de información no tienen suficiente resolución, requiriendo algún tipo de *downscaling*.

También puede haber cuestiones relacionadas con la adecuación de los *proxies* utilizados para estimar las presiones.



1b) Procedimiento para presiones: parámetro 'Estructura y función'

Nombre de la presión y código del tipo de hábitat o grupo de tipos de hábitat
ESTRUCTURA Y FUNCIÓN
Descripción de los impactos que produce la presión en el tipo de hábitat o grupo de los tipos de hábitat correspondiente en relación a la estructura y función (p. ej. diversidad de especies, especies clave, recubrimiento y protección del suelo, biomasa, productividad, balance de nutrientes).
1. Recopilación de fuentes de información y bases de datos
Recopilación de fuentes de información y bases de datos: <ul style="list-style-type: none">■ En este caso, la información será principalmente bibliográfica.■ Detallar las bases de datos, o bibliografía (inventarios, densidad de pies, áreas basimétricas, etc.).■ También pueden servir modelos estadísticos que relacionen la presión-amenaza con indicadores de estructura y función (p. ej. relación entre carga de herbívoros y diversidad vegetal).
2. Indicar qué información de 1 aplica para determinar impactos en el tipo de hábitat
En este apartado hay que indicar qué información del apartado 1, es decir que bases de datos o inventarios, etc., se emplearán para determinar los impactos de la presión sobre la estructura y función.
3. Evaluar la sensibilidad del tipo de hábitat a la presión
Para evaluar la sensibilidad del tipo de hábitat a las presiones se tienen que determinar los umbrales críticos que determinarán las categorías H (alta), M (media) y L (baja), considerando las bases de datos que existen (inventarios, zonas de monitoreo, etc.) <ul style="list-style-type: none">■ Desglosar por subtipo de presión-amenaza (p. ej. ozono, lluvia ácida, etc.) dentro de cada tipo de hábitat.■ Definir umbrales críticos que determinan las categorías H (alta), M (media) y L (baja).■ Justificar cómo se definen estos umbrales.
4. Periodicidad en la aplicación de protocolos
Indicar la periodicidad recomendable con la que debe estimarse el impacto de cada presión, en cada tipo o grupo de tipos de hábitat. Es decir, indicar la periodicidad recomendable para la aplicación de los protocolos. Indicar la periodicidad para la generación de las capas (en el caso de rango/superficie ocupada) y/o bases de datos (en el caso de estructura y función).



5. Cautelas

Reseñar las limitaciones de los procedimientos propuestos. Por ejemplo:

- Existencia o necesidad de validaciones de los valores propuestos para los umbrales.
- Mejoras de la periodicidad de la obtención de información.
- Mejora de la calidad de bases de datos (p. ej. en relación a los inventarios de matorrales).
- Limitaciones de los *proxies* propuestos.



2a) Procedimiento para amenazas: parámetro 'Rango/Superficie ocupada'

Nombre de la amenaza y código del tipo de hábitat o grupo de tipos de hábitat
RANGO/SUPERFICIE OCUPADA
<p>Descripción de los impactos que produce la amenaza en el tipo de hábitat o grupo de tipos de hábitat correspondientes.</p> <p>Nota transversal a amenazas: puede que aparezca alguna amenaza que no haya aparecido como presión todavía, aunque lo normal es que se corresponda con un subconjunto de las fuentes implicadas como presiones. Por ejemplo, puede haber algún grupo de tipos de hábitat en los que todavía no se ha detectado la presión de especies invasoras exóticas, pero es previsible que estas aparezcan en un futuro próximo.</p>
1. Recopilación de fuentes de información y bases de datos
<p>Recopilación de fuentes de información y bases de datos:</p> <ul style="list-style-type: none">■ Capas GIS extensivas a nivel nacional (si existe alguna capa de GIS a nivel regional con calidad se puede aportar como recomendación).■ Detallar las escalas.■ Indicar la periodicidad con que se produce, la extensión, y las variables o parámetros que estima.■ Indicar la fuente. <p>Se solicita el mismo tipo de información que para el caso del parámetro 'Rango/Superficie ocupada' dentro de los procedimientos de presiones, pero con información de régimen, tendencia o escenarios '<i>business as usual</i>' con una perspectiva de 12 años.</p>
2. Indicar qué información de 1 aplica para determinar impactos en el tipo de hábitat
<p>En este apartado hay que indicar qué información del apartado 1, es decir qué capas de GIS, se cruzarán con las capas de los tipos de hábitat.</p>
3. Evaluar la sensibilidad del tipo de hábitat a la amenaza
<p>Para evaluar la sensibilidad del tipo de hábitat a las amenazas se tienen que determinar los umbrales críticos que determinarán las categorías H (alta), M (media) y L (baja). Los pasos a seguir serían:</p> <ul style="list-style-type: none">■ Desglosar por subtipo de amenaza (p. ej. ozono, lluvia ácida, etc.) dentro de cada tipo de hábitat.■ Definir umbrales críticos que determinan las categorías H (alta), M (media) y L (baja).■ Justificar cómo se definen estos umbrales.



- Cruzar las capas de GIS con las capas de tipos de hábitat para determinar la superficie de tipo de hábitat con nivel H. La capa a emplear sería la última disponible (es decir, la más reciente).
- Establecer o tener en cuenta, que si una superficie del 1% anual está en categoría H las perspectivas futuras serían H, es decir, desfavorables.

Se solicita el mismo tipo de información que para el caso del parámetro 'Rango/Superficie ocupada' dentro de los procedimientos de presiones, pero con información de régimen, tendencia o escenarios '*business as usual*' con una perspectiva de 12 años.

Nota: se asume que el futuro a 12 años se corresponde con la tendencia equivalente en el pasado.

4. Periodicidad en la aplicación de protocolos

Indicar la periodicidad recomendable con la que debe estimarse el impacto de cada amenaza, en cada tipo o grupo de tipos de hábitat. Es decir, indicar la periodicidad recomendable la aplicación de los protocolos.

Indicar la periodicidad para la generación de las capas (en el caso de rango/superficie ocupada) y/o bases de datos (en el caso de estructura y función).

5. Cautelas

- En el caso del parámetro 'Rango/Superficie ocupada': implica escalas (*downscaling*).
- Asunción de tendencias, regímenes y escenarios '*business as usual*'.



2b) Procedimiento para amenazas: parámetro 'Estructura y función'

Nombre de la amenaza y código del tipo de hábitat o grupo de tipos de hábitat
ESTRUCTURA Y FUNCIÓN
<p>Descripción de los impactos que produce la amenaza en el tipo de hábitat o grupo de tipos de hábitat correspondiente.</p> <p>Nota transversal a amenazas: puede que aparezca alguna amenaza que no haya aparecido como presión, aunque lo normal es que se corresponda con un subconjunto de las fuentes implicadas como presiones (ver ejemplo para Rango/Superficie ocupada).</p>
1. Recopilación de fuentes de información y bases de datos
<p>Recopilación de fuentes de información y bases de datos:</p> <ul style="list-style-type: none">■ En este caso, la información será principalmente bibliográfica.■ Detallar las bases de datos, o bibliografía (inventarios, densidad de pies, áreas basimétricas, etc.).■ También sirven modelos que relacionen la amenaza con indicadores de estructura/función (ver ejemplo para presiones). <p>Se solicita el mismo tipo de información que para el caso del parámetro 'Estructura y función' dentro de los procedimientos de presiones, pero con información de régimen, tendencia o escenarios '<i>business as usual</i>' con una perspectiva de 12 años.</p>
2. Indicar qué información de 1 aplica para determinar impactos en el tipo de hábitat
<p>En este apartado hay que indicar qué información del apartado 1, es decir que bases de datos o inventarios, etc., se empleará para determinar los impactos de la amenaza sobre la estructura y función.</p>
3. Evaluar la sensibilidad del tipo de hábitat a la amenaza
<p>Para evaluar la sensibilidad del tipo de hábitat a las amenazas se tienen que determinar los umbrales críticos que determinarán las categorías H (alta), M (media) y L (baja), considerando las bases de datos que existen (inventarios, zonas de monitoreo, etc.).</p> <ul style="list-style-type: none">■ Desglosar por subtipo de presión-amenaza (p. ej. ozono, lluvia ácida, etc.) dentro de cada tipo de hábitat.■ Definir umbrales críticos que determinan las categorías H (alta), M (media) y L (baja).■ Justificar cómo se definen estos umbrales. Establecer o tener en cuenta, que si una superficie del 1% anual está en categoría H, las perspectivas futuras serían desfavorables.



4. Periodicidad en la aplicación de protocolos

Indicar la periodicidad recomendable con la que debe estimarse el impacto de cada amenaza, en cada tipo o grupo de tipos de hábitat. Es decir, indicar la periodicidad recomendable para la aplicación de los protocolos.

Indicar la periodicidad para la generación de las capas (en el caso de rango/superficie ocupada) y/o bases de datos (en el caso de estructura y función).

5. Cautelas

- En el caso del parámetro 'Rango/Superficie ocupada': implica escalas (*downscaling*).
- Asunción de tendencias, regímenes y escenarios '*business as usual*'.



ANEXO V. Ejemplos de elaboración de procedimientos para evaluar la sensibilidad de los tipos de hábitat a cada grupo de presiones y amenazas siguiendo la ficha modelo del Anexo IV

PA 1. Cambio climático

Autor: Asier Herrero Méndez

PA 1.1. Procedimiento de presiones: parámetro 'Rango/Superficie ocupada'

PROCEDIMIENTO DE PRESIONES
PA 1. CAMBIO CLIMÁTICO
RANGO/SUPERFICIE OCUPADA
<p>El cambio climático hace referencia a una modificación en el clima que puede ser identificado por alteraciones en los valores promedios o en la variabilidad de sus propiedades y que persisten durante un periodo determinado, usualmente décadas o periodos superiores. Entre las alteraciones registradas se encuentra un incremento de las temperaturas y un aumento de los eventos climáticos extremos, como las sequías severas y las olas de calor. En las últimas décadas se han observado diversos impactos asociados al cambio climático que afectan a los tipos de hábitat de bosque y matorral en España, los cuales a su vez pueden afectar a la extensión de los mismos y a la superficie que ocupan. Los impactos pueden ser alteraciones fisiológicas y fenológicas de los organismos que influyen en sus principales tasas demográficas, es decir, en la supervivencia, reclutamiento y crecimiento. Sin embargo, cuantificar la contribución del cambio climático en estos impactos resulta complicado, ya que los factores climáticos interactúan comúnmente con otros motores de cambio, que afectan a los organismos de diferentes maneras. Entre estos motores, se encuentran de forma destacada los cambios en el uso del suelo, la pérdida y fragmentación de los tipos de hábitat, el incremento de la concentración de CO₂ y de otros gases con efecto invernadero en la atmósfera, el incremento en la fijación y deposición de nitrógeno, y la expansión de especies invasoras. El cambio climático y el resto de motores de cambio suelen interactuar negativamente agravando sus efectos, como en el caso de las sequías extremas en bosques en los que la falta de actuaciones silvícolas ha conducido a densidades arbóreas elevadas, incrementándose así el impacto negativo de la sequía por la competencia entre individuos por los recursos hídricos.</p> <p>Cambios drásticos en las tasas demográficas de las especies dominantes de los tipos de hábitat de bosque y matorral pueden provocar cambios en la distribución de las especies, contrayendo o expandiendo sus distribuciones, lo que repercute directamente en el rango y superficie ocupada de los tipos de hábitat a los que confieren su estructura característica. Estos cambios son más probables en los límites de distribución de las especies, ya que en estas zonas se encuentran alejadas de sus óptimos climáticos y suelen ser más sensibles a las variaciones climáticas. Por un lado, se define el '<i>rear edge</i>' o frente de retroceso (situado usualmente en los límites meridionales y altitudinales inferiores), donde las especies sufren disminuciones en sus tasas demográficas debido al incremento de las temperaturas y las condiciones de sequía, lo cual puede desembocar en</p>



contracciones del área de distribución. Por otro lado, 'front edge' o frente de avance (situado usualmente en los límites septentrionales y altitudinales superiores), se produce donde el incremento de las temperaturas favorece el reclutamiento, la supervivencia y el crecimiento de las especies fuera de su distribución original al suavizarse el estrés y las limitaciones causadas por las bajas temperaturas. Hay que tener en cuenta que la expansión de especies y/o de tipos de hábitat puede afectar a otras especies y tipos de hábitat a los que 'invaden', como es el caso de las comunidades herbáceas de montaña, que en algunas partes del mundo se ven invadidas por el ascenso altitudinal del límite forestal/arbustivo asociado a un incremento de las temperaturas. Además, estas expansiones pueden suponer el establecimiento de interacciones bióticas entre especies que anteriormente no coexistían, dando lugar a nuevos impactos o alteraciones.

En los últimos años se han registrado en España cambios en la distribución de especies asociados al desplazamiento de las condiciones climáticas favorables para su persistencia. Así, se han detectado ascensiones altitudinales para el haya (*Fagus sylvatica*) en el macizo del Montseny (Cataluña) y para el enebro común (*Juniperus communis*) y el piorno serrano (*Cytisus oromediterraneus*) en la sierra de Guadarrama (sistema Central). El incremento de las temperaturas parece ser uno de los factores causantes de estas migraciones, junto a cambios en el uso del suelo que pueden favorecer o reducir la regeneración y el crecimiento de las especies a determinadas cotas (como la disminución de la carga ganadera o la reducción de la quema controlada del monte para generar pastos). Las especies animales que viven en tipos de hábitat de bosque y matorral también pueden sufrir estos cambios. Así, se ha detectado una ascensión altitudinal y una reducción del área de distribución de varias especies de lepidópteros en la sierra de Guadarrama asociadas al aumento de las temperaturas. Durante las últimas décadas también se han descrito desplazamientos geográficos en varias especies de réptiles, tanto latitudinales (hacia el norte del límite septentrional de su distribución) como altitudinales (hacia cotas más altas).

1. Recopilación de fuentes de información y bases de datos

No existen fuentes de información ni bases de datos específicas sobre los impactos asociados al cambio climático en tipos de hábitat de bosque y matorral para escalas espaciales amplias. Esto se debe a varios factores:

- La problemática del cambio climático ha entrado en las agendas de los gestores de recursos naturales recientemente.
- La elevada complejidad de recabar datos sobre los impactos asociados al cambio climático en grandes extensiones de terreno.
- Las dificultades en la atribución de los impactos observados al cambio climático debido a su interacción con otros motores de cambio.

Sin embargo, existen fuentes de información que pueden ser de utilidad para delimitar las zonas con mayor exposición al cambio climático o para detectar que impactos están asociados al mismo. La exposición se refiere a la severidad del cambio climático que experimenta una población o especie en una determinada localidad o región, y depende del porcentaje y magnitud del cambio en el clima. A continuación, se citan las fuentes de información más relevantes.



Datos climáticos

Los datos climáticos actuales permiten delimitar las zonas más expuestas al cambio climático, como pueden ser aquellas con temperaturas máximas estivales especialmente altas o índices de sequía elevados.

- Agencia Estatal de Meteorología (AEMET): <https://sede.aemet.gob.es>

La AEMET proporciona datos climáticos de su red de estaciones meteorológicas a lo largo de todo el país, sujetos a precios públicos detallados en su sede electrónica, desde donde se pueden solicitar los datos necesarios.

- Unidad de Estudio del Clima (CRU-University of East Anglia): <http://www.cru.uea.ac.uk/data>

Disponen de datos globales de las principales variables climáticas para el periodo 1901-2015 con una resolución de 0,5°x0,5°. Los datos son generados usando los datos instrumentales disponibles junto a técnicas de interpolación estadística.

- Índice de Sequía Estandarizado (SPEI-CSIC): <http://spei.csic.es/index.html>

El índice de sequía estandarizado es un índice de sequía multi-escala construido a partir de datos de temperatura y evapotranspiración potencial. Fue calculado usando datos de la Unidad de Estudio del Clima, por lo que abarca el mismo periodo (1901-2015).

Datos de daños forestales

Aunque los datos no atañen exclusivamente a impactos asociados al cambio climático, muchos de los daños descritos están causados por sequías o por la interacción de las sequías con plagas y patógenos.

- Red Europea de Seguimiento de Daños en los Bosques:
<https://www.mapa.gob.es/es/desarrollo-rural/temas/politica-forestal/inventario-cartografia/redes-europeas-seguimiento-bosques/default.aspx>

Cuenta con dos niveles de resolución, conocidos como Nivel I y Nivel II. La primera es una red de seguimiento a gran escala del estado de salud y vitalidad de los bosques, que cubre toda Europa mediante 7500 puntos de control dispuestos en una cuadrícula de 16x16 km. Se estableció en 1986 de un modo sistemático y en ella se lleva a cabo con periodicidad anual el análisis del estado de salud del arbolado y de los principales factores que actúan negativamente sobre el mismo mediante la evaluación de parámetros rutinarios como la pérdida de follaje del arbolado (defoliación), la determinación de agentes causantes de daños en los árboles, el nivel de fructificación, etc. El número de puntos en España es actualmente de 620. Su diseño permite realizar actividades de seguimiento sobre aspectos de creciente actualidad como son los efectos del cambio climático en los bosques, la gestión sostenible y la preservación de la biodiversidad forestal. Cabe destacar que los factores abióticos suponen la tercera causa de los daños registrados, siendo la sequía el factor abiótico más común. Sin embargo, hay que tener en cuenta que la sequía puede interactuar con plagas y patógenos, las dos principales causas de los daños forestales registrados en esta red. Sobre



esta red (Nivel I) se construyó el Nivel II en 2008, que actualmente cuenta con 14 parcelas de seguimiento intensivo en España. En estos puntos se registran multitud de parámetros con periodicidad desde mensual hasta bianual, además de algunos otros muestreos puntuales. Ninguna de las dos redes cuenta con capas para los GIS.

Datos demográficos

Las principales tasas demográficas son el reclutamiento, la supervivencia y el crecimiento. Una alteración de las mismas para una especie concreta puede conllevar contracciones o expansiones de su área de distribución.

- Inventario Forestal Nacional (IFN):
https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/servicios/banco-datos-naturaleza/informacion-disponible/index_inventario_forestal.aspx

Existen cuatro ediciones: el IFN1 (1965-1974), el IFN2 (1986-1996), el IFN3 (1997-2007) y el IFN4 (2010-actualidad). A partir del IFN2 la información entre ediciones es perfectamente comparable a nivel de parcela e individuo, con una distribución regular de las parcelas muestreadas en una malla de 1×1 km. El IFN proporciona datos relativos a los árboles adultos, a la regeneración, al matorral, y a la parcela muestreada (p. ej. coordenadas, tipo de distribución y manejo). La comparación entre inventarios proporciona datos sobre las principales tasas demográficas cada diez años: crecimiento diamétrico, regeneración y mortalidad.

Datos de estructura forestal y manejo

La estructura y el manejo del bosque pueden modular los impactos del cambio climático. Así, los bosques con altas densidades son especialmente vulnerables a los efectos de las sequías y las olas de calor. Los bosques intensamente manejados también pueden ser más vulnerables a los impactos climáticos debido a alteraciones en su microclima o a la selección de genotipos.

- Inventario Forestal Nacional (IFN)
https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/servicios/banco-datos-naturaleza/informacion-disponible/index_inventario_forestal.aspx

Datos de producción primaria

El Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI del inglés *Normalized Difference Vegetation Index*) puede usarse como un indicador de la producción primaria bruta, procesando sus anomalías como desviaciones de los valores medios anuales.

- Datos de NDVI obtenidos mediante el sensor MODIS (NASA)
<https://glam1.gsfc.nasa.gov>

La base de datos contiene datos bisemanales de NDVI a escala global (a excepción de la Antártida) con una resolución espacial de 8 km desde julio de 1981 hasta diciembre de 2004.



Fuentes de información proveniente de otras presiones

Debido a la interacción del cambio climático con otros motores de cambio, como pueden ser las plagas o las especies invasoras, se propone incluir como fuentes de información aquellas listadas en los procedimientos de 'Plagas y herbivoría' e 'Invasiones biológicas'. Los efectos de los herbívoros y las plagas suelen ser más dañinos en individuos previamente debilitados por sequías y olas de calor. Además, el tamaño poblacional de los organismos que forman plagas depende en gran medida de las fluctuaciones de temperatura en su época de reproducción y crecimiento. Y los herbívoros mamíferos ramonean con más frecuencia en especies de leñosas cuando el pasto escasea, en veranos especialmente secos. Por otra parte, muchas especies invasoras pueden verse beneficiadas del cambio climático directamente (porque las nuevas condiciones climáticas les favorezcan) o indirectamente (al cambiar las relaciones de competencia con especies nativas debido a los impactos asociados al cambio climático).

2. Indicar qué información de 1 aplica para determinados impactos en el tipo de hábitat

Resulta complicado estimar el impacto del cambio climático en el rango y la superficie ocupada de tipos de hábitat de bosque y matorral, debido a la falta de información específica sobre impactos para grandes extensiones. La información sobre los impactos asociados al cambio climático suele hacer referencia a localidades y especies concretas, y suele estar disponible en forma de artículos en revistas científicas internacionales. Sin embargo, con la información disponible se puede delimitar las zonas más expuestas al cambio climático dentro de la distribución de una especie o tipo de hábitat. La exposición se refiere a la severidad del cambio climático que experimenta una población o especie en una determinada localidad o región, y depende del porcentaje y magnitud del cambio en el clima. Además, se puede cuantificar el área afectada por impactos potencialmente asociados al cambio climático. A continuación, se detalla un protocolo para estimar la exposición al cambio climático de una determinada especie/tipo de hábitat, determinar la posible asociación de los impactos observados al cambio climático y cuantificar los cambios en su distribución. Este apartado se centra mayormente en los impactos demográficos (disminuciones en el reclutamiento, supervivencia y crecimiento) que pueden afectar a la distribución de una especie/tipo de hábitat determinada.

1. Definición de los objetivos

Definir la escala (nacional, regional, local) y la especie o tipo de hábitat objeto de estudio.

2. Revisión bibliográfica de la especie/tipo de hábitat objeto de estudio

Realizar una revisión bibliográfica de la especie/tipo de hábitat objeto de estudio para determinar que impactos ha sufrido y que vulnerabilidades presenta frente al cambio climático. La vulnerabilidad se puede definir como el grado en el que un organismo o sistema es susceptible, e incapaz de hacer frente, a los efectos adversos del cambio climático. La revisión debe de determinar:



- Si la especie ha registrado impactos asociados al cambio climático y de qué tipo (p. ej. incremento de la tasa de mortalidad).
- A partir de qué valor umbral de una determinada variable climática es probable que se registre un impacto en la especie. El valor umbral se define como el valor más bajo o pequeño de una magnitud que puede generar cierto efecto. Por ejemplo, por encima de un valor de temperatura la fisiología de ciertas especies puede verse afectada mostrando disminuciones en sus tasas demográficas que pueden a su vez afectar a su distribución. También habría que tener en cuenta el periodo durante el cual es necesario que los valores de la variable climática se mantengan por encima del umbral, para producir impactos en la especie en cuestión.

3. Selección de variables climáticas y umbrales

Basado en la revisión bibliográfica, seleccionar las variables climáticas y los valores umbrales asociados que puedan inducir o provocar impactos que puedan afectar a las tasas demográficas de una especie determinada.

4. Creación de mapas/capas GIS: distribución, clima e impactos

Crear todos los mapas/capas GIS que se van a usar homogeneizando sus características: escala, proyección geográfica, etc. Primero, se debe disponer de los mapas/capas de distribución de las especies/tipos de hábitat. Segundo, se deben crear los mapas/capas de estrés climático con las variables climáticas y los valores umbrales asociados a los impactos. Es decir, se crean mapas/capas que muestran dónde se dan los valores umbrales seleccionados de entre todos los valores existentes para una determinada variable y periodo. Tercero, los mapas con información relativa a impactos que podrían estar relacionados con el cambio climático y que puedan afectar a las tasas demográficas de una especie determinada. Entre estos mapas/capas se pueden citar los siguientes:

- Mapas/capas de daños forestales: a partir de la Red Europea de Seguimiento de Daños en los Bosques. Los daños como las defoliaciones pueden afectar a las tasas demográficas.
- Mapas/capas de tasas demográficas: a partir del IFN para mostrar valores de regeneración, mortalidad y crecimiento.
- Mapas/capas de estructura forestal y manejo: a partir del IFN, por ejemplo, para mostrar datos de densidad de pies. Altas densidades pueden favorecer disminuciones del crecimiento e incrementos de la mortalidad inducidos por sequías y olas de calor.
- Mapas/capas de productividad: a partir de bases de datos de NDVI. Las disminuciones en la productividad vegetal pueden indicar disminuciones del crecimiento y un empeoramiento del vigor de los individuos en formaciones monoespecíficas o con una alta dominancia de una determinada especie.
- Mapas/capas de presencia de especies invasoras: a partir de las fuentes de información de del procedimiento de invasiones biológicas. Las especies invasoras pueden producir disminuciones de las tasas demográficas de las especies dominantes nativas debido a un alto grado de competencia.



5. Estimación de la exposición al cambio climático

Para estimar la exposición al cambio climático de una determinada especie/tipo de hábitat se deberá cruzar el mapa/capa de su distribución con el mapa/capa de estrés climático (distribución por estrés climático). Las zonas que coincidan representarán las zonas de la especie/tipo de hábitat más expuestas al cambio climático, donde es probable que se registren impactos que puedan afectar a su distribución.

6. Estimación del área afectada por impactos asociados al cambio climático

Para estimar el área afectada por impactos asociados al cambio climático deben cruzarse los mapas/capas de distribución con los de estrés climático y con los relativos a los impactos. Además, se propone cruzar estos mapas/capas con otro tipo de mapas/capas como el referente a la estructura forestal. A continuación, se detallan las distintas combinaciones:

- Distribución x clima x daños forestales: un solapamiento entre las zonas con estrés climático y con daños forestales sería indicativo de un posible efecto climático en los daños observados.
- Distribución x clima x demografía: un solapamiento entre las zonas con estrés climático y con valores bajos en las tasas demográficas (regeneración, supervivencia y crecimiento) sería indicativo de un posible efecto climático (negativo) en la demografía de la especie. Disminuciones simultáneas en varias tasas demográficas podrían suponer una contracción en la distribución de la especie a corto-medio plazo.
- Distribución x clima x demografía x estructura forestal: un solapamiento entre zonas con estrés climático, zonas con valores bajos en las tasas demográficas y una determinada estructura forestal (p. ej. densidades altas) sería indicativo de un posible efecto climático en la demografía de la especie modulado por la estructura forestal. Se podrían hacer combinaciones similares con mapas/capas de manejo forestal para analizar el efecto del manejo como modulador de los impactos climáticos.
- Distribución x clima x producción: un solapamiento entre zonas con estrés climático y zonas con valores bajos de producción primaria sugeriría un posible efecto climático en la producción vegetal del tipo de hábitat en cuestión.
- Otras combinaciones: se pueden cruzar mapas/capas realizando otras combinaciones, siempre con el objetivo de analizar si las condiciones climáticas adversas, para la especie/tipo de hábitat objeto de estudio, coinciden espacialmente con los distintos impactos observados (daños forestales como defoliaciones, alteraciones de las tasas demográficas, abundancia de especies invasoras, etc.). Se pueden cruzar varios mapas/capas de impactos simultáneamente para ver a qué nivel de presión (es decir, el grado de solapamiento de los distintos impactos) están sometidas las poblaciones de una especie o zonas de la distribución de una especie/tipo de hábitat, y ver cuáles de estos impactos coinciden con las áreas de estrés climático. Hay que tener en cuenta que algunas de las fuentes de información pueden estar estrechamente relacionadas, como puede ser el caso de los daños forestales y las tasas demográficas (resulta lógico pensar que árboles con niveles de defoliación altos vean su crecimiento disminuido).



7. Estimación de cambios en la distribución de especies/tipos de hábitat

Para detectar cambios recientes en la distribución de especies/tipos de hábitat, se deben comparar mapas de distribución de momentos temporales diferentes. Sin embargo, no es común disponer de mapas de distribución de momentos temporales muy cercanos en el tiempo. En el actual contexto de cambio climático en el que se prevén cambios importantes en la distribución de muchas especies, se hace necesario generar mapas de distribución de calidad con cierta periodicidad para ayudar a detectar estos cambios. Si bien es cierto que los cambios distribucionales pueden necesitar de años (e incluso décadas) para llegar a ser patentes como resultado de los cambios en las tasas demográficas de las especies, los eventos climáticos extremos (p. ej. sequías extremas y olas de calor) pueden provocar (asociados a plagas y patógenos o cambios en la gestión) eventos de mortalidad masiva en especies arbóreas y arbustivas que supongan cambios drásticos en la distribución de los tipos de hábitat. Además, el incremento paulatino de las temperaturas puede, en un momento dado, llegar a superar umbrales críticos en la fisiología de las especies que desemboque en cambios drásticos en su demografía (p. ej. imposibilitando la regeneración), acelerando de esta manera los cambios distribucionales.

3. Evaluar la sensibilidad del tipo de hábitat a la presión

Determinar umbrales críticos para evaluar la sensibilidad de la especie/tipo de hábitat al cambio climático resulta complicado a tenor de la escasa información con la que se cuenta. En la mayoría de los casos se desconocen los umbrales de tolerancia al estrés climático de las distintas especies. Así mismo, se desconoce que disminuciones de las tasas demográficas son necesarias para que se produzca un cambio en la distribución de una especie. Es más, en muchas ocasiones apenas se tiene conocimiento de las tasas demográficas de las especies bajo condiciones óptimas o con un estrés climático mínimo. Debido a esta falta de información, se propone una aproximación conservadora a la hora de evaluar los impactos del cambio climático en la superficie y extensión de los tipos de hábitat/especies. Así, se considera que cualquier alteración demográfica asociada al cambio climático conlleva alteraciones adicionales en un futuro próximo debido al incremento del estrés climático y que las alteraciones detectadas tienen la potencialidad de afectar a la distribución de la especie/tipo de hábitat considerado. A continuación, se proponen tres categorías para ayudar a determinar los umbrales críticos en la sensibilidad de las especies/tipos de hábitat al cambio climático, para la exposición, los impactos y los cambios en la distribución.

En el caso de la exposición (paso nº 5 del protocolo):

- Categoría L (baja): la distribución de la especie/tipo de hábitat presenta menos de un 20% de su superficie con estrés climático (con valores umbrales asociados a impactos de al menos una variable climática).
- Categoría M (media): la distribución de la especie/tipo de hábitat presenta entre un 20 y un 40% de su superficie con estrés climático (con valores umbrales asociados a impactos de al menos una variable climática).
- Categoría H (alta): la distribución de la especie/tipo de hábitat presenta más de un 40% de su superficie con estrés climático (con valores umbrales asociados a impactos de al menos una variable climática).



Las perspectivas futuras de las zonas con categoría H seguirán siendo desfavorables, es decir, seguirán estando en la categoría H. Sin embargo, las perspectivas futuras de las zonas con categoría M podrían en un futuro cercano ser desfavorables (pasando a la categoría H), debido a un empeoramiento de las condiciones climáticas.

En el caso de los impactos (paso nº 6 del protocolo):

- Categoría L (baja): el solapamiento entre las zonas de estrés climático y los impactos detectados es menor de un 20% dentro de la distribución de la especie/tipo de hábitat (para al menos una variable climática).
- Categoría M (media): el solapamiento entre las zonas de estrés climático y los impactos detectados se encuentra entre el 20 y el 40% dentro de la distribución de la especie/tipo de hábitat (para al menos una variable climática).
- Categoría H (alta): el solapamiento entre las zonas de estrés climático y los impactos detectados es de más de un 40% dentro de la distribución de la especie/tipo de hábitat (para al menos una variable climática).

Por último, en el caso de los cambios distribucionales (paso nº 7 del protocolo):

- Categoría L (baja): la especie/tipo de hábitat ha visto disminuida su distribución en menos de un 10%.
- Categoría M (media): la especie/tipo de hábitat ha visto disminuida su distribución entre un 10 y un 25%.
- Categoría H (alta): la especie/tipo de hábitat ha visto disminuida su distribución en más de un 25%.

4. Periodicidad en la aplicación de protocolos

La periodicidad recomendable para aplicar el protocolo dependerá en gran medida de la generación y renovación de los mapas/capas implicadas en el mismo. En este contexto, la capa de daños forestales se genera anualmente ya que los daños producidos por herbívoros, plagas y patógenos pueden variar considerablemente de año a año debido a la dinámica poblacional de estos organismos y a su interacción con el clima. Sin embargo, la elaboración de fuentes de información como el IFN se realiza mínimo cada diez años, lo que tiene su sentido si se atiende a procesos clave como el crecimiento radial (que puede usarse como un indicador del vigor individual en especies arbóreas). Por lo tanto, la estimación de los impactos asociados al cambio climático variará dependiendo de la periodicidad con la que se renueven sus fuentes de información, siendo anual en el caso de los daños forestales y cada diez años en el caso de las tasas demográficas obtenidas mediante el IFN. De manera similar, la combinación de capas será solo posible para la frecuencia más baja.

A pesar de lo dicho, existen situaciones en las que puede ser recomendable generar nuevas capas de estrés climático y volver a aplicar el protocolo cruzando las capas climáticas con las de impactos a pesar de que no haya transcurrido mucho tiempo desde la última aplicación del protocolo. Como se ha comentado anteriormente, existe un gran desconocimiento sobre la capacidad de tolerancia



de las especies al estrés climático, y la aparición o creación de nueva información o conocimiento sobre esta capacidad y sobre los valores umbrales (de las distintas variables climáticas) asociados a los impactos puede propiciar la aplicación de protocolos más precisos e informativos. En este sentido, la ocurrencia de eventos climáticos extremos que causen daños severos a las poblaciones de una especie (p. ej. mortalidad, defoliaciones o disminuciones del crecimiento) pueden proporcionar nueva información de relevancia para la aplicación del protocolo, eventos que suelen ser poco predecibles. En conclusión, para la mejora y perfeccionamiento del protocolo es necesario un enfoque flexible tanto para su periodicidad como para el tipo de variables empleadas, siempre acorde con los avances del conocimiento científico sobre la especie/tipo de hábitat.

Por último, hay que tener en cuenta que el cambio climático interacciona comúnmente con otros motores de cambio incluidos en el conjunto de presiones y amenazas, como lo son las plagas y las invasiones biológicas. Debido a estas interacciones sería recomendable tener en cuenta la periodicidad en la aplicación de los protocolos de estos motores de cambio.

5. Cautelas

- Debido a la complejidad inherente al cambio climático, son muchas las cautelas y recomendaciones a considerar a la hora de estimar los impactos en tipos de hábitat de bosque y matorral siguiendo el presente protocolo.
- Interacción con otros motores de cambio: la atribución del cambio climático a los impactos observados se ve dificultada por su interacción con otros motores de cambio.
- Colaboración entre los agentes implicados: a la hora de aplicar el presente protocolo se recomienda hacerlo en colaboración con científicos especializados en el tipo de hábitat/especie en cuestión y con gestores y técnicos con experiencia en la gestión de la especie/tipo de hábitat. Los científicos pueden suponer una ayuda indispensable para realizar una revisión bibliográfica exhaustiva y una selección de variables climáticas adecuada, debido a su conocimiento sobre la capacidad de tolerancia de las especies. Los gestores y técnicos pueden suponer una gran ayuda para detectar síntomas de estrés climático en las especies/tipos de hábitat que proporcionen nueva información sobre los límites de tolerancia de las especies. Así mismo, se recomienda realizar una interpretación de los resultados del protocolo en colaboración con científicos, gestores y técnicos. Los científicos pueden sacar un gran beneficio de los resultados del protocolo ya que les ayudará a diseñar nuevas líneas de investigación sobre la respuesta de las especies/tipos de hábitat al cambio climático y su capacidad de tolerancia al estrés climático. Los gestores y los técnicos recibirán una información de gran valor para diseñar medidas de adaptación al cambio climático para aquellas especies/tipos de hábitat que presenten impactos severos asociados al cambio climático. Por lo tanto, la colaboración entre miembros de la administración pública, científicos, gestores y técnicos redundará no solo en la mejora de la aplicación del protocolo, sino también en otros aspectos relacionados con la problemática del cambio climático, como la investigación y la gestión mediante medidas de adaptación.
- Creación de nuevas fuentes de información y mejora de las existentes: para estimar correctamente los impactos asociados al cambio climático de las especies/tipos de hábitat es necesario crear nuevas fuentes de información y mejorar las existentes a una escala con



suficiente detalle para determinar cambios en la superficie y extensión de los tipos de hábitat. Hacen falta más datos sobre las especies de matorral, mapas de distribución con mayor calidad (con especial atención a las ausencias), datos adicionales sobre las tasas demográficas de las especies y sus dinámicas poblacionales e información con más detalle de la incidencia y daños provocados por herbívoros, plagas y patógenos. Así mismo, es necesario crear una base de datos sobre los límites de tolerancia de las especies al estrés climático. Hay que tener en cuenta que este tipo de información es escasa, y que muchas veces esta solo disponible para especies muy estudiadas o de amplia distribución.

- Escenario de incertidumbre: el cambio climático trae consigo un alto grado de incertidumbre al que es muy difícil adaptarse. Es por ello que hace falta adoptar un enfoque flexible y adaptativo a la hora de aplicar el presente protocolo, incorporando siempre que sea posible la nueva información disponible sobre la distribución de las especies/tipos de hábitat y sus límites de tolerancia (es decir, los valores umbrales de las variables climáticas asociados a los impactos). De la misma manera, es necesario tomar con cautela lo descrito en el presente protocolo y estar abierto a realizar modificaciones en el mismo, destinadas a mejorarlo (para obtener resultados más precisos, facilitar su aplicación, etc.).



PA 1.2. Procedimiento de presiones: parámetro 'Estructura y función'

PROCEDIMIENTO DE PRESIONES

PA 1. CAMBIO CLIMÁTICO

ESTRUCTURA Y FUNCIÓN

En las últimas décadas se han observado diversos impactos asociados al cambio climático que afectan a los tipos de hábitat de bosque y de matorral en España. Estos impactos, ya sean alteraciones fenológicas, fisiológicas o demográficas están modificando tanto la estructura como la función de los tipos de hábitat. Además, los cambios en el clima afectan a las interacciones bióticas, alterándolas o estableciendo interacciones hasta ahora inéditas, que a su vez provocan impactos en las poblaciones y comunidades.

Entre las alteraciones fenológicas caben destacar los cambios en la fecha de la foliación, la caída de la hoja, la floración y fructificación registradas en varias especies arbóreas del norte de la península ibérica asociados a un incremento de las temperaturas. El adelanto de la foliación y el retraso de la caída de la hoja han supuesto un aumento de la duración del periodo vegetativo para estas especies. Las especies animales de diversos tipos de hábitat forestales y de matorral también han registrado cambios asociados a las alteraciones en el clima, como es el caso de las aves migratorias, algunas de las cuales adelantan su llegada a la Península en primavera en los años calurosos. Además, los insectos pueden ver acelerada la duración de sus fases larvarias, como es el caso de la mariposa blanca de la col (*Pieris rapae*), cuyos adultos emergen cada vez más temprano.

Así mismo, se han registrado alteraciones en el crecimiento y en la mortalidad de algunas especies forestales asociadas al cambio climático reciente. En coníferas, se han detectado disminuciones en el crecimiento radial de individuos tanto en repoblaciones como en bosques naturales. Estas reducciones en el crecimiento se deben muchas veces a la interacción entre cambios en la gestión forestal y factores climáticos. El abandono de las prácticas agrícolas y forestales tradicionales y el despoblamiento del medio rural en general han conllevado una reducción de las actividades silvícolas, lo que ha resultado en la proliferación de bosques con altas densidades en muchas zonas de España. En estas masas forestales con densidades elevadas tiene lugar una alta competencia por los recursos, especialmente por el agua. Las condiciones de sequía aumentan el estrés hídrico del arbolado, lo que provoca reducciones del crecimiento. Otros aspectos históricos de la gestión forestal pueden haber influido en las respuestas actuales, como es el caso de las talas intensas realizadas en algunos abetares ibéricos, que pudieron inducir una selección negativa al favorecer genotipos más vulnerables a la sequía o alterar el microclima del bosque. Junto a las reducciones en el crecimiento, se han descrito defoliaciones (que reducen el vigor de los individuos afectados) y episodios de mortalidad asociados al cambio climático (principalmente sequías y olas de calor). Este conjunto de impactos (reducción del crecimiento, defoliación y mortalidad) se ha denominado decaimiento forestal, siendo posiblemente el cambio climático uno de los principales factores que contribuyen al decaimiento. Por último, las plagas y patógenos contribuyen también al decaimiento forestal, al atacar a individuos previamente debilitados por el clima o la competencia exacerbada por los cambios en la gestión forestal.



1. Recopilación de fuentes de información y bases de datos

1.1. Datos fenológicos

- Agencia Estatal de Meteorología (AEMET):
<http://www.aemet.es/es/serviciosclimaticos/datosclimatologicos/fenologia>

La AEMET dispone de datos fenológicos tomados en sus estaciones climato-fenológicas, que se pueden obtener mediante solicitud a la AEMET. Además, la AEMET publica informes anuales con la información recabada, los cuales están disponibles en su web.

1.2. Datos demográficos

- Inventario Forestal Nacional (IFN):
https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/servicios/banco-datos-naturaleza/informacion-disponible/index_inventario_forestal.aspx

1.3. Datos bibliográficos

1.3.1. Artículos científicos indexados en el *Science Citation Index*

El cambio climático y sus efectos sobre la vegetación es uno de los temas más candentes en la literatura científica en el ámbito de la Ecología. Existen numerosas publicaciones sobre los impactos del incremento de las temperaturas y la aridez en los tipos de hábitat de bosque y matorral de la península ibérica. En el apartado de referencias se detallan algunos ejemplos.

1.3.2. Informes específicos

En España se vienen realizando informes periódicos revisando los impactos del cambio climático en los diferentes sectores, recursos y sistemas considerados vitales para la economía y la población española. Estos informes se realizan dentro del contexto del Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático, cuyo objetivo principal es desarrollar estrategias de adaptación nacionales integrando la adaptación al cambio climático en las diferentes normativas sectoriales. El informe más reciente en este contexto es el Informe de Evaluación titulado "Los Bosques y la Biodiversidad frente al cambio climático: Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación en España" publicado en 2015 por el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente y coordinado por la Oficina Española del Cambio Climático. También existen varios informes previos que contienen información relevante sobre los impactos del cambio climático en los tipos de hábitat de bosque y matorral de España. En el apartado de referencias se detallan las publicaciones recientes más relevantes.

2. Indicar qué información de 1 aplica para determinar impactos en el tipo de hábitat

Dada la dificultad para estimar el impacto del cambio climático en la estructura y función del tipo de hábitat, se propone estimar los impactos potenciales que pueden producirse en base a la información bibliográfica derivada de estudios experimentales, observacionales y bases de datos como el IFN.



El protocolo cuenta con las siguientes fases:

2.1. Definición de los objetivos

Definir la escala (nacional, regional, local) y la especie/tipo de hábitat objeto de estudio.

2.2. Revisión bibliográfica de los impactos descritos

Realizar una revisión bibliográfica para recabar la siguiente información:

- Tipos de impactos descritos para la especie/tipo de hábitat y cuantificación de los mismos.
- Valor umbral de una determinada variable climática al que se asocia el impacto descrito. Hay que tener en cuenta el periodo durante el cual es necesario que los valores de la variable climática se mantengan por encima del umbral para producir el impacto descrito.

2.3. Selección de variables climáticas y umbrales

Basado en la revisión bibliográfica, seleccionar las variables climáticas y los valores umbrales asociados a los impactos descritos.

2.4. Creación de mapas/capas GIS: distribución y clima

Crear todos los mapas/capas que se van a usar homogeneizando sus características: escala, proyección geográfica, etc. Primero, es esencial disponer de los mapas/capas de distribución de las especies/tipos de hábitat. Segundo, se deben crear los mapas/capas de estrés climático con las variables climáticas y los valores umbrales asociados a los impactos (es decir, se crean mapas/capas que muestran dónde se dan los valores umbrales seleccionados de entre todos los valores existentes).

2.5. Estimación de los impactos potenciales

Cruzando los mapas/capas de distribución con los mapas/capas de estrés climático se extrapolará que zonas de la distribución de una determinada especie/tipo de hábitat pueden mostrar los impactos descritos en la bibliografía, cuantificando de esta manera los impactos potenciales. Los impactos pueden ser diversos, sin tener que afectar a la distribución espacial de la especie/tipo de hábitat:

- Impactos fisiológicos: p. ej. cambios en la regulación hídrica o en la ratio fotosíntesis/respiración.
- Impactos fenológicos: cambios en la fenología de procesos biológicos y ecológicos clave.
- Impactos demográficos: alteraciones de las tasas demográficas que puedan suponer cambios en la composición y estructura de un tipo de hábitat sin cambiar su distribución.



3. Evaluar la sensibilidad del tipo de hábitat a la presión

Teniendo en cuenta que se están estimando los impactos potenciales, se proponen tres categorías de umbrales críticos para evaluar la sensibilidad en la estructura y función de una determinada especie/tipo de hábitat siguiendo un enfoque conservador. Así, se considera que los distintos tipos de impactos pueden estar estrechamente relacionados, con lo que la detección de un tipo de impacto posiblemente acarreará nuevos impactos en un futuro cercano debido al empeoramiento de las condiciones climáticas y al aumento en la frecuencia e intensidad de los eventos climáticos extremos.

- Categoría baja (L): se ha detectado al menos un tipo de impacto para la especie/tipo de hábitat y potencialmente puede ocurrir en menos de un 20% de su distribución (existe menos de un 20% de solapamiento entre la capa de distribución y la de estrés climático).
- Categoría media (M): se ha detectado al menos un tipo de impacto para la especie/tipo de hábitat y potencialmente puede ocurrir en una superficie de entre un 20 y un 40% de su distribución (existe entre un 20 y un 40% de solapamiento entre la capa de distribución y la de estrés climático).
- Categoría alta (H): se ha detectado al menos un tipo de impacto para la especie/tipo de hábitat y potencialmente puede ocurrir en más de un 40% de su distribución (existe más de un 40% de solapamiento entre la capa de distribución y la de estrés climático).

Cabe destacar que las perspectivas futuras de las zonas con categoría H seguirán siendo desfavorables, es decir, seguirán estando en la categoría H. Sin embargo, las perspectivas futuras de las zonas con categoría M podrían en un futuro cercano ser desfavorables (pasando a la categoría H) debido a un empeoramiento de las condiciones climáticas y a un aumento en la intensidad y frecuencia de los impactos.

4. Periodicidad en la aplicación de protocolos

La periodicidad en la aplicación del protocolo dependerá de la disponibilidad de información acerca de los distintos tipos de impactos. Debido al creciente interés por parte de científicos y gestores en los impactos del cambio climático en bosques y zonas de matorral se publica nueva información cada poco tiempo. Así, podría ir aplicándose el protocolo cuando se disponga de nueva información sobre impactos para una determinada especie/tipo de hábitat. Sin embargo, existen varias razones para que esta periodicidad sea baja:

- Los eventos climáticos extremos pueden causar impactos graves en periodos de tiempo relativamente cortos.
- Debido al desconocimiento sobre los umbrales de tolerancia de las especies y ecosistemas podrían darse impactos en grandes extensiones de manera repentina.
- Los daños producidos por herbívoros, plagas y patógenos pueden variar considerablemente de año a año.

Para la mejora y perfeccionamiento del protocolo es necesario un enfoque flexible tanto para su periodicidad como para el tipo de variables empleadas, siempre acorde con los avances del conocimiento científico sobre la especie/tipo de hábitat.



5. Cautelas

La información referente a las cautelas puede verse en el apartado 5 de PA 1.1. Procedimientos de presiones: parámetro 'Rango/Superficie ocupada'.

6. Referencias

Artículos científicos indexados en el *Science Citation Index*

Del Cacho M & Lloret F. 2012. Resilience of Mediterranean shrubland to severe drought episode: the role of seed bank and seedling establishment. *Plant Biology*. 14(3): 458-466.

Galiano L, Martínez-Vilalta J & Lloret F. 2010. Drought-Induced Multifactor Decline of Scots Pine in the Pyrenees and Potential Vegetation Change by the Expansion of Co-occurring Oak Species. *Ecosystems*. 13: 978-991.

Herrero A, Castro J, Zamora R, Delgado-Huertas A & Querejeta J I. 2013. Growth and stable isotope signals associated with drought-related mortality in saplings of two coexisting pine species. *Oecologia*. 173: 1613-1624.

Herrero A & Zamora R. 2014. Plant Responses to Extreme Climatic Events: A Field Test of Resilience Capacity at the Southern Range Edge. *Plos one*. 9(1): e87842.

Hódar J A, Castro J & Zamora R. 2003. Pine processionary caterpillar *Thaumetopoea pityocampa* as a new threat for relict Mediterranean Scots pine forests under climatic warming. *Biological Conservation*. 110(1): 123-129.

Linares J C, Senhadji K, Herrero A & Hódar J A. 2014. Growth patterns at the southern range edge of Scots pine: Disentangling the effects of drought and defoliation by the pine processionary caterpillar. *Forest Ecology and Management*. 315(1): 129-137.

Lloret F, Escudero A, Iriondo J M, Martínez-Vilalta J & Valladares F. 2012. Extreme climatic events and vegetation: the role of stabilizing processes. *Global Change Biology*. 18(3): 797-805.

Martínez-Vilalta J & Piñol J. 2002. Drought-induced mortality and hydraulic architecture in pine populations of the NE Iberian Peninsula. *Forest Ecology and Management*. 161(1-3): 247-256.

Peñuelas J, Filella I & Comas P. 2002. Changed plant and animal life cycles from 1952 to 2000 in the Mediterranean region. *Global Change Biology*. 8(6): 531-544.

Peñuelas J, Ogaya R, Boada M & Jump A S. 2007. Migration, invasion and decline: changes in recruitment and forest structure in a warming-linked shift of European beech forest in Catalonia (NE Spain). *Ecography*. 30(6): 829-837.

Ruiz-Benito P, Lines E R, Gómez-Aparicio L, Zavala M A & Coomes D A. 2013. Patterns and drivers of tree mortality in Iberian forests: climatic effects are modified by competition. *Plos One*. 8:e56843.

Sánchez-Humanes B & Espelta J M. 2011. Increased drought reduces acorn production in *Quercus ilex* coppices: thinning mitigates this effect but only in the short term. *Forestry*. 84(1): 73-82.

Santandreu M & Lloret F. 1999. Effect of flowering phenology and habitat on pollen limitation in *Erica multiflora*. *Canadian Journal of Botany*. 77(5): 734-743.



Sanz-Elorza M, Dana E D, Gonzalez A & Sobrino E. 2003. Changes in the high-mountain vegetation of the central Iberian peninsula as a probable sign of global warming. *Annals of Botany*. 92(2): 273-80.

Sardans J, Peñuelas J, Prieto P & Estiarte M. 2008. Drought and Warming Induced Changes in P and K Concentration and Accumulation in Plant Biomass and Soil in a Mediterranean Shrubland. *Plant and Soil*. 306: 261-271.

Vayreda J, Martínez-Vilalta J, Gracia M & Retana J. 2012. Recent climate changes interact with stand structure and management to determine changes in tree carbon stocks in Spanish forests. *Global Change Biology*. 18(3): 1028-1041.

Vilà-Cabrera A, Martínez-Vilalta J, Vayreda J & Retana J. 2011. Structural and climatic determinants of demographic rates of Scots pine forests across the Iberian Peninsula. *Ecological Applications*. 21(4): 1162-1172.

Informes específicos

Araújo M B, Guilhaumon F, Neto D R, Pozo I & Calmaestra R G. 2011. Impactos, vulnerabilidad y adaptación al cambio climático de la biodiversidad española. 2. Fauna de vertebrados. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Madrid.

Capdevila-Argüelles L, Zilletti B & Suárez-Álvarez V A. 2011. Cambio climático y especies exóticas invasoras en España. Diagnóstico preliminar y bases de conocimiento sobre impacto y vulnerabilidad. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Madrid

Felicísimo A M, Muñoz J, Villalba C J & Mateo R G. 2011. Impactos, vulnerabilidad y adaptación al cambio climático de la biodiversidad española. 1. Flora y Vegetación. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Madrid.

Gutiérrez A & Picatoste J R. 2012. Evidencias del Cambio Climático y sus Efectos en España. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Madrid.

Herrero A & Zavala M A. 2015. Los Bosques y la Biodiversidad frente al cambio climático: Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación en España. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Madrid.



PA 1.3. Procedimiento de amenazas: parámetro 'Rango/Superficie ocupada'

PROCEDIMIENTO DE AMENAZAS

PA 1. CAMBIO CLIMÁTICO

RANGO/SUPERFICIE OCUPADA

La exposición de la península ibérica al cambio climático a medida que avance el siglo XXI será cada vez más elevada, con fuertes incrementos de la temperatura y un aumento de la aridez. El aumento de la aridez se deberá principalmente a que el incremento de las temperaturas no irá acompañado de un incremento de las precipitaciones (y en algunas ocasiones se proyecta una disminución de las precipitaciones, especialmente en el sur peninsular). Además, se espera un incremento en la intensidad y frecuencia de eventos climáticos extremos como las sequías y olas de calor. Así, resulta vital estudiar la vulnerabilidad de especies y ecosistemas para poder prever los efectos futuros del cambio climático. Mientras que la exposición se refiere a la severidad del cambio climático que puede experimentar una población o especie en una determinada localidad o región, y depende del porcentaje y magnitud del cambio en el clima, la vulnerabilidad se define como el grado en el que un organismo o sistema es susceptible, e incapaz de hacer frente, a los efectos adversos del cambio climático.

Los cambios en la distribución y abundancia de las poblaciones asociados al cambio climático han sido constatados en diversas zonas del mundo, incluyendo España, y se prevé que durante las próximas décadas se intensifiquen para determinadas especies y regiones. Estos cambios, asociados al desplazamiento de las condiciones climáticas favorables para la persistencia de las especies, pueden ocurrir mediante la migración de las especies hacia cotas más altas y latitudes más septentrionales, o debido a extinciones locales en el frente de retroceso o '*rear edge*'. En la península ibérica, las cotas altitudinales inferiores y las latitudes meridionales, donde las condiciones de sequía y el incremento de las temperaturas dificultan la persistencia de algunas especies, representan el frente de retroceso. Tanto las migraciones como las extinciones locales ocurren, en el caso de las especies vegetales, mediante cambios en las principales tasas demográficas: reclutamiento, crecimiento y supervivencia. Estudios recientes en la sierra de Guadarrama han constatado que algunas especies herbáceas son capaces de reclutar en ambientes contrastados (en cuanto a humedad y temperatura) a lo largo del gradiente altitudinal, mientras que otras especies se reproducen mejor a mayor altitud (bajo condiciones más frescas y húmedas). Es importante considerar que las migraciones en altitud pueden suponer una disminución del área potencial de distribución de las especies, cuando estas ocurren en áreas de montaña cercanas de las cumbres. Además, las poblaciones situadas en las cotas altitudinales superiores se encuentran entre las más vulnerables, ya que las condiciones climáticas propias de estas zonas dejaran de existir. Por otro lado, algunos estudios sugieren que incluso si el tipo de hábitat potencial no desapareciera, muchos endemismos de montaña podrían desaparecer debido a procesos de hibridación con especies procedentes de altitudes inferiores. Las migraciones están condicionadas por la capacidad de dispersión de las especies, que a menudo es limitada, como ocurre en el caso de especies de herbáceas y de reptiles. A pesar de que muchas especies animales pueden presentar una mayor capacidad de dispersión que las plantas, su migración está limitada por la distribución de tipos de



hábitat favorables y su conectividad. Los cambios en el uso del suelo han fragmentado y reducido la presencia de los diferentes tipos de hábitat, y dificultan de esta manera la migración de las especies.

Nota importante: los llamados Modelos de Distribución de Especies (MDE) analizan los cambios futuros en la distribución potencial de las especies. La distribución potencial de una especie representa la distribución geográfica de las condiciones climáticas que permiten la persistencia de la especie. Los MDE tienen una serie de limitaciones asociadas a las asunciones que hacen, las cuales son necesarias tener en cuenta. Hoy en día se hacen MDE cada vez más complejos y realistas que incluyen información sobre la capacidad de adaptación de las especies al cambio climático o su capacidad de dispersión. Muchos MDE son complejos y existe abundante información sobre ellos en la bibliografía, por lo que no se consideran en el presente protocolo. Por último, remarcar dos publicaciones sobre MDE realizadas por el Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino dentro del contexto del Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC): Araújo *et al.* (2011) y Felicísimo *et al.* (2011).

1. Recopilación de fuentes de información y bases de datos

1.1. Datos climáticos

- Agencia Estatal de Meteorología (AEMET):
http://www.aemet.es/es/serviciosclimaticos/cambio_climat

La AEMET dispone de proyecciones de cambio climático para el siglo XXI regionalizadas sobre España y correspondientes a diferentes escenarios de emisión de gases de efecto invernadero. Esta información ha sido específicamente creada dentro del marco del PNACC con el objetivo de poder utilizarse en trabajos de evaluación de impactos y vulnerabilidad.

- Unidad de Estudio del Clima (*CRU-University of East Anglia*):
<https://crudata.uea.ac.uk/~timo/climgen/#data>

Disponen de proyecciones para las principales variables climáticas para el periodo 2001-2100 con una resolución de 0,5°x0,5° para el continente Europeo usando diferentes modelos de circulación y escenarios de emisiones.

1.2. Datos bibliográficos

Bibliografía que proporcione información sobre los límites de tolerancia fisiológica a las condiciones climáticas de las especies dominantes de los distintos tipos de hábitat de bosque y matorral. Se puede recurrir a las diferentes fuentes bibliográficas existentes que se detallan a continuación.

- Artículos científicos indexados en el *Science Citation Index*.
- Libros y capítulos de libro.
- Informes específicos sobre el cambio climático.
- Informes técnicos.



2. Indicar qué información de 1 aplica para determinar impactos en el tipo de hábitat

Como se ha comentado anteriormente resulta complicado estimar el impacto futuro del cambio climático en el rango/superficie ocupada de tipos de hábitat de bosque y matorral, sin embargo, usando las proyecciones climáticas se pueden delimitar las zonas con mayor exposición en un futuro próximo. Además, mediante la estimación de los límites de tolerancia al estrés climático de las especies se pueden determinar su vulnerabilidad al cambio climático.

2.1. Definición de los objetivos

Definir la escala (nacional, regional, local) y la especie o tipo de hábitat objeto de estudio.

2.2. Revisión bibliográfica de la especie/tipo de hábitat para determinar sus límites de tolerancia

Realizar una revisión bibliográfica de la especie/tipo de hábitat con objeto de determinar sus límites de tolerancia fisiológica al estrés climático. La revisión debe de determinar:

- A partir de qué valor umbral de una determinada variable climática es probable que se registre un impacto en la especie. Habría, también, que tener en cuenta el periodo durante el cual es necesario que la variable climática se mantenga por encima del valor umbral, para producir impactos.
- Los valores de las variables climáticas principales que permiten la persistencia de la especie. De esta manera se pueden definir los umbrales a partir de los cuales la especie se encuentra fuera de su rango de tolerancia.

Usando estas dos aproximaciones se deberán determinar los valores umbrales para las principales variables climáticas que definen los límites de tolerancia de la especie al estrés climático, fuera de los cuales muy probablemente la especie sufrirá fuertes alteraciones de sus tasas demográficas que desemboquen en un cambio en su extensión y distribución y la de su tipo de hábitat asociado.

2.3. Tendencias climáticas

Basado en la revisión bibliográfica, seleccionar variables climáticas para las que se puedan definir valores umbrales asociados a los límites de tolerancia de la especie y a impactos relacionados con la demografía de la especie. Con el objeto de estimar la exposición futura dentro de la distribución de la especie/tipo de hábitat se deberán construir, con las variables climáticas anteriormente seleccionadas, series de datos con las proyecciones para un futuro reciente (12 años). Estas series de datos representarán las tendencias de cambio para las variables climáticas seleccionadas y darán una idea de cómo cambiará el clima, es decir, de hasta qué punto empeorarán las condiciones climáticas dentro de la distribución de la especie/tipo de hábitat. Para facilitar la interpretación de las tendencias se pueden utilizar índices sintéticos, creando valores discretos que describan la presencia/ausencia, signo e intensidad de las tendencias encontradas.



2.4. Creación de mapas/capas GIS: distribución, tendencias climáticas y valores umbrales

Crear todos los mapas/capas que se van a usar homogeneizando sus características: escala, proyección geográfica, etc. Primero se crearán los mapas/capas de distribución de especies/tipos de hábitat. Segundo, se crearán los mapas/capas de tendencias de las variables climáticas seleccionadas usando los índices sintéticos. Por último, se crearán los mapas/capas con los valores umbrales asociados a los límites de tolerancia de las especies dominantes. Para los mapas/capas de tendencias climáticas y valores umbrales se usarán los datos de las proyecciones climáticas para el periodo elegido (12 años). En el caso de los mapas/capas de valores umbrales se usarán las proyecciones climáticas para el final del periodo seleccionado.

2.5. Estimación de la exposición futura de la especie/tipo de hábitat

Para estimar la exposición futura de una determinada especie/tipo de hábitat se deberá cruzar el mapa/capa de distribución con el mapa/capa de tendencias climáticas (para todas aquellas variables de relevancia para la tolerancia de la especie en cuestión). Cuanto más solapamiento exista entre la distribución de la especie y las zonas con fuertes tendencias de cambio para las variables climáticas, más expuesta estará la especie/tipo de hábitat.

2.6. Estimación de la vulnerabilidad de la especie/tipo de hábitat

Se procederá del mismo modo que en el punto anterior, pero en este caso se deberá cruzar el mapa/capa de distribución con el mapa/capa de los valores umbrales asociados al límite de tolerancia de la especie (para todas aquellas variables de relevancia). Existirá una mayor vulnerabilidad de la especie/tipo de hábitat cuanto mayor sea el solapamiento entre la distribución de la especie y los valores umbrales.

3. Evaluar la sensibilidad del tipo de hábitat a la amenaza

Se proponen tres categorías para determinar los umbrales críticos en la sensibilidad de las especies/tipos de hábitat al cambio climático en un futuro próximo.

En el caso de la exposición:

- Categoría L (baja): la distribución de la especie/tipo de hábitat presenta menos de un 20% de solapamiento con tendencias climáticas significativas (desde un punto de vista estadístico) en al menos una variable climática de relevancia para la tolerancia de la especie. El signo de las tendencias debe de ir en detrimento de la tolerancia climática de la especie.
- Categoría M (media): la distribución de la especie/tipo de hábitat presenta entre un 20 y un 40% de solapamiento con tendencias climáticas significativas (desde un punto de vista estadístico) en al menos una variable climática de relevancia para la tolerancia de la especie. El signo de las tendencias debe de ir en detrimento de la tolerancia climática de la especie.
- Categoría H (alta): la distribución de la especie/tipo de hábitat presenta más de un 40% de solapamiento con tendencias climáticas significativas (desde un punto de vista estadístico) en al menos una variable climática de relevancia para la tolerancia de la especie. El signo de las tendencias debe de ir en detrimento de la tolerancia climática de la especie.



En el caso de la vulnerabilidad:

- Categoría L (baja): la distribución de la especie/tipo de hábitat presenta menos de un 20% de solapamiento con valores umbrales asociados a los límites de tolerancia de la especie en al menos una variable climática.
- Categoría M (media): la distribución de la especie/tipo de hábitat presenta entre un 20 y un 40% de solapamiento con valores umbrales asociados a los límites de tolerancia de la especie en al menos una variable climática.
- Categoría H (alta): la distribución de la especie/tipo de hábitat presenta más de 40% de solapamiento con valores umbrales asociados a los límites de tolerancia de la especie en al menos una variable climática.

4. Periodicidad en la aplicación de protocolos

La periodicidad en la aplicación del protocolo dependerá en gran medida de la actualización de la información existente y la generación de nuevos mapas/capas. Existe un gran desconocimiento sobre la capacidad de tolerancia de las especies al cambio climático, y la aparición o creación de nueva información sobre esta capacidad y sobre los límites de tolerancia de las especies puede propiciar la aplicación de protocolos más precisos e informativos. En este sentido, la ocurrencia de eventos climáticos extremos que causen daños severos a las poblaciones de una especie (p. ej. mortalidad, defoliaciones o disminuciones del crecimiento) puede proporcionar nueva información de relevancia para la aplicación del protocolo, eventos que suelen ser poco predecibles. Así, existen situaciones en las que puede ser recomendable generar nuevas capas de información y volver a aplicar el protocolo a pesar de que todavía no haya transcurrido mucho tiempo desde la última aplicación. En conclusión, para la mejora y perfeccionamiento del protocolo es necesario un enfoque flexible tanto para su periodicidad como para el tipo de variables empleadas, siempre acorde con los avances del conocimiento científico sobre la especie/tipo de hábitat.

Por último, como se ha venido comentando en los procedimientos anteriores el cambio climático interacciona comúnmente con otros motores de cambio como lo son las plagas y las invasiones biológicas. Debido a estas interacciones sería recomendable tener en cuenta la periodicidad en la aplicación de los protocolos de estos motores de cambio.

5. Cautelas

La información referente a las cautelas puede verse en el apartado 5 de PA 1.1. Procedimientos de presiones: parámetro 'Rango/Superficie ocupada'.

6. Referencias

Araújo M B, Guilhaumon F, Neto D R, Pozo I & Calmaestra R G. 2011. Impactos, vulnerabilidad y adaptación al cambio climático de la biodiversidad española. 2. Fauna de vertebrados. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Madrid.

Felicísimo A M, Muñoz J, Villalba C J & Mateo R G. 2011. Impactos, vulnerabilidad y adaptación al cambio climático de la biodiversidad española. 1. Flora y Vegetación. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Madrid.



PA 1.4. Procedimiento de amenazas: parámetro 'Estructura y función'

PROCEDIMIENTO DE AMENAZAS

PA 1. CAMBIO CLIMÁTICO

ESTRUCTURA Y FUNCIÓN

El cambio climático podría afectar a la estructura y función de los tipos de hábitat de bosque y matorral mediante sus efectos en los distintos niveles de organización. A continuación, se detallan algunos de los efectos posibles que puede causar el cambio climático en un futuro próximo.

Efectos en la fisiología de los organismos (muchos procesos fisiológicos dependen directamente de la temperatura y la disponibilidad hídrica):

- El incremento de la aridez puede afectar a la conductancia hidráulica de muchas especies arbóreas, limitando su capacidad para fijar carbono.
- Las condiciones de sequía y las altas temperaturas pueden provocar la muerte en especies arbóreas, especialmente en aquellas poco tolerantes a la sequía.
- El incremento de las temperaturas puede modificar la mortalidad de invertebrados y acelerar su desarrollo larvario. El aumento de las temperaturas puede aumentar el ciclo anual de actividad de especies de reptiles.

Efectos en la fenología de los organismos:

- Cambios adicionales a los ya observados en la foliación, caída de la hoja, floración y fructificación de especies arbóreas.
- Cambios futuros en la migración de las aves debido a cambios climáticos en las zonas de invernada y reproducción.
- Muchas especies de lepidópteros pueden ver adelantada la fecha de emergencia de larvas y adultos.

Efectos en la demografía (reclutamiento, supervivencia y crecimiento) de las poblaciones:

- El incremento de la temperatura puede alterar la proporción de sexos en los recién nacidos de algunas especies de reptiles.
- Los años favorables para la regeneración de especies arbóreas pueden verse reducidos.
- El crecimiento de especies arbóreas puede verse reducido y la mortalidad incrementada, principalmente en bosques densos.

Efectos en la composición y estructura de las comunidades:

- Las respuestas especie-específicas frente al cambio climático pueden producir cambios en la dominancia de las especies y en la composición de las comunidades sin llegar a cambiar la superficie o extensión ocupada por una determinada especie o tipo de hábitat.



- Las diferencias en reclutamiento entre especies de matorrales y especies arbóreas en condiciones de sequía pueden suponer una progresiva 'matorralización' de la montaña mediterránea, afectando de esta manera a la estructura de los tipos de hábitat forestales con consecuencias en las funciones del ecosistema.

1. Recopilación de fuentes de información y bases de datos

La información correspondiente a las fuentes de información y bases de datos puede verse en el apartado 1 de PA 1.2. Procedimiento de presiones: parámetro 'Estructura y función' y PA 1.3. Procedimiento de amenazas: parámetro 'Rango/Superficie ocupada'.

2. Indicar qué información de 1 aplica para determinar impactos en el tipo de hábitat

Siguiendo la propuesta formulada en el procedimiento de presiones, en este apartado se propone estimar los impactos potenciales del cambio climático en la estructura y función de las especies/tipos de hábitat para un futuro próximo (12 años). Los impactos potenciales se estimarán en base a la información bibliográfica derivada de estudios experimentales, observacionales y bases de datos como el IFN.

El protocolo para estimar los impactos potenciales cuenta con las siguientes fases:

2.1. Definición de los objetivos

Definir la escala (nacional, regional, local) y el tipo de hábitat o especie objeto de estudio.

2.2. Revisión bibliográfica de los impactos descritos

Realizar una revisión bibliográfica para recabar la siguiente información:

- Tipos de impactos descritos para la especie/tipo de hábitat y cuantificación de los mismos.
- Valores umbrales de las variables climáticas asociados a los impactos descritos (es decir, a partir de qué valor específico de una variable climática es posible que se registre un impacto concreto).

2.3. Creación de mapas/capas GIS: distribución y valores umbrales

Se creará un conjunto de mapas/capas para cada tipo de impacto, que contendrá un mapa para cada variable climática asociada al impacto (mostrarán los valores umbrales asociados a los impactos descritos para el final del periodo elegido, 12 años, usando los datos de proyecciones climáticas). Hay que tener en cuenta que en muchos casos los impactos descritos para cada especie/tipo de hábitat son escasos y que se suelen relacionar con valores de una o dos variables climáticas.

2.4. Estimación de los impactos potenciales

Se cruzarán los mapas/capas de distribución con los mapas/capas de los valores umbrales de las variables climáticas asociadas a cada tipo de impacto. De esta manera, se conocerá la extensión de



la distribución de un tipo de hábitat/especie que posiblemente se verá afectada por un tipo de impacto concreto en un futuro próximo.

Los impactos pueden ser diversos, sin tener que afectar a la distribución espacial de la especie/tipo de hábitat:

- Impactos fisiológicos: p. ej. cambios en la regulación hídrica o en el ratio fotosíntesis/respiración.
- Impactos fenológicos: cambios en la fenología de procesos biológicos y ecológicos clave.
- Impactos en las tasas demográficas: alteraciones de las tasas demográficas de una especie que puedan suponer cambios en la composición y estructura de un tipo de hábitat sin cambiar su distribución.

3. Evaluar la sensibilidad del tipo de hábitat a la amenaza

Para determinar los umbrales críticos en la estimación de los impactos potenciales del cambio climático referidos a la estructura y función se proponen las siguientes categorías:

- Categoría L (baja): la distribución de la especie/tipo de hábitat presenta menos de un 20% de solapamiento con valores umbrales de variables climáticas asociados al menos a un tipo de impacto.
- Categoría M (media): la distribución de la especie/tipo de hábitat presenta entre un 20% y un 40% de solapamiento con valores umbrales de variables climáticas asociados al menos a un tipo de impacto.
- Categoría H (alta): la distribución de la especie/tipo de hábitat presenta más de un 40% de solapamiento con valores umbrales de variables climáticas asociados al menos a un tipo de impacto.

4. Periodicidad en la aplicación de protocolos

La periodicidad en la aplicación de protocolos puede verse en el apartado 4 de PA 1.3. Procedimientos de amenazas: parámetro 'Rango/Superficie ocupada'.

5. Cautelas

La información referente a las cautelas puede verse en el apartado 5 de PA 1.1. Procedimientos de presiones: parámetro 'Rango/Superficie ocupada'.



PA 2. Incendios

Autores: Andrea Duane Bernedo y Lluís Brotons Alabau

PA 2.1. Procedimiento de presiones: parámetro 'Rango/Superficie ocupada'

PROCEDIMIENTO DE PRESIONES
PA 2. INCENDIOS
RANGO/SUPERFICIE OCUPADA
<p>Los incendios forestales producen un efecto directo sobre la extensión de los ecosistemas terrestres, ya que destruyen tejidos de la vegetación. No obstante, a menudo la vegetación mediterránea es capaz de regenerar o establecerse con éxito tras un incendio. Las especies pueden ser ampliamente clasificadas en tres grupos en función de su estrategia regenerativa (si la tienen): germinadoras obligadas, rebrotadoras obligadas y rebrotadoras facultativas. A causa de los mecanismos de regeneración, la composición de especies no acostumbra a modificarse después del fuego y las mismas especies vuelven a aparecer con más o menos rapidez (auto-sucesión; Hanes 1971). Con la auto-sucesión, los cambios de composición son poco importantes, más aún pasados cinco años desde la última perturbación. En cambio, se pueden producir cambios cuantitativos relacionados con la pérdida de biomasa, entre otros. En el caso de incendios recurrentes, estos efectos pueden intensificarse hasta hacerse prácticamente irreversibles, al menos a medio plazo. Una frecuencia demasiado elevada de incendios puede disminuir la capacidad de supervivencia de las especies rebrotadoras, puede impedir una acumulación suficiente de semillas en el suelo o copas, y también puede afectar a la recuperación de las propiedades físicas y químicas del suelo. Por lo tanto, los efectos de los incendios sobre el rango o la superficie ocupada pueden ser diversos en función de dos propiedades: 1) la capacidad de la vegetación de establecerse de nuevo tras el incendio, y 2) de la intensidad y recurrencia de los incendios.</p> <p>Así que solo se considerarán impactos negativos de los incendios sobre la extensión del tipo de hábitat en aquellos casos en que la vegetación no tenga estrategias de regeneración post-incendio, o en caso de que los incendios sean de muy alta intensidad o con una muy alta recurrencia. En el apartado metodológico se explica cómo evaluar estas características. En el resto de las ocasiones, aunque los incendios hayan quemado la vegetación, no se considerará que haya un impacto sobre la extensión del tipo de hábitat ya que la vegetación regenerará, aunque sí que se considerará que existe impacto sobre la estructura y función, tal como se detalla en el siguiente procedimiento.</p>
1. Recopilación de fuentes de información y bases de datos
<p>1.1. Mapa del proyecto Foto Fija</p> <p>El proyecto Foto Fija del Mapa Forestal de España⁴ (MAPA 2009-2015; Robla <i>et al.</i> 2017), consiste en una actualización del mismo que recoge los principales cambios que se han producido en la superficie forestal como consecuencia, principalmente, de incendios, repoblaciones, talas y cambios</p>

⁴ https://www.mapa.gob.es/es/desarrollo-rural/temas/politica-forestal/inventario-cartografia/mapa-forestal-espana/foto_fija_mfe.aspx



de uso del suelo. Este proyecto es trienal, y el Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación va a seguir elaborándolo en el futuro para dar cumplimiento a los compromisos de información suscritos por España a nivel europeo e internacional.

Actualmente se cuenta con tres coberturas GIS, que son:

- Capa que recoge la información del año 1997 a 2009.
- Capa que recoge la información correspondiente al periodo de 2010 a 2012.
- Capa que recoge la información correspondiente al periodo de 2013 a 2015.

Estas capas se caracterizan por tener recogida toda la información sobre incendios ocurridos en los periodos establecidos a partir de las siguientes fuentes:

- Comunidades autónomas: que facilitan los perímetros de incendios de los que disponen.
- Centro de Investigación ISPRA: a partir de imágenes satélite.
- MAPA: a partir de la Base Nacional de Incendios Forestales EGIF.

De esta forma, en las capas señaladas se tienen georreferenciadas las áreas de los incendios en los que se ha quemado toda la vegetación (Fracción de cabida cubierta o FCC= 0), y aquellas superficies en las que, si bien ha habido un incendio, se ha regenerado la vegetación (FCC≠ 0). También se dispone de unas capas de apoyo, donde se van recogiendo los incendios nuevos que van ocurriendo.

El proyecto Foto Fija es un proyecto de titularidad pública que puede ser solicitado al Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA).

1.2. Mapa de Combustibilidad

La combustibilidad de un sistema forestal se define como la capacidad del mismo para arder, desprendiendo la energía suficiente para consumirse y provocar la inflamación de la vegetación vecina, extendiendo así el fuego. Esta se interpreta a partir de los modelos de combustible. Los distintos modelos se diferencian unos de otros por la cantidad de combustible, su origen y su estructura vertical y horizontal.

La fuente de información que facilita los modelos de combustible es el Mapa Forestal de España 1:25.000 (MFE25) para todas aquellas comunidades autónomas donde este se haya elaborado, y en el resto de comunidades, a la espera de que pase por ellas este proyecto decenal que es el MFE25, se obtendrán del Mapa de Modelos de Combustible de España 1:50.000.

Datos:

- Escala de la capa: 1:25.000 para el último mapa forestal, 1:50.000 para la versión del 2000.
- Periodicidad: junto con los mapas forestales españoles (cada 10 años aproximadamente).



- Variable a usar: modelo de combustible (Modelos de Rothermel).
- Fuente: Mapa Forestal de España (MFE), edición de 2015 a escala 1:25.000⁵ (Ministerio para la Transición Ecológica). y Mapa forestal de España (MFE). 1997-2006 a escala 1:50.000⁶ (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación).

2. Indicar qué información de 1 aplica para determinar impactos en el tipo de hábitat

2.1. Cálculo de los incendios ocurridos en el periodo a evaluar la presión

El proyecto Foto Fija del Mapa Forestal de España recoge información espacial sobre la ocurrencia de los incendios con periodicidad trienal. Además, permite recoger información sobre la evolución de la vegetación dentro del perímetro de los incendios en cada actualización de la Foto Fija. A partir de esta información, en el presente trabajo, la recurrencia y la intensidad de los incendios se determinan mediante la matriz de decisión de doble entrada mostrada en la Tabla PA 2.1.1.

Tabla PA 2.1.1 Determinación de la intensidad y recurrencia de los incendios para el periodo 1997-2012. Fuente: elaboración propia.

Foto Fija 1997-2009	Foto fija 2010-2012 + capa de apoyo	Intensidad	Recurrencia	Foto Fija 2013-2015
Incendio (FCC= 0)	Incendio nuevo (FCC= 0)	Alta	Alta	Incendio (FCC= 0)
		Baja	Alta	Regenerado (FCC≠ 0)
	Regenerado (FCC≠ 0)	Alta	Baja	Indiferente
		Baja	Baja	Indiferente
Regenerado (FCC≠ 0)	Incendio nuevo (FCC= 0)	Alta	Alta	Incendio (FCC= 0)
		Baja	Alta	Regenerado (FCC≠ 0)
	Vegetación/Regenerado (FCC≠ 0)	Baja	Baja	Indiferente
Vegetación	Incendio nuevo (FCC= 0)	Alta	Baja	Incendio (FCC= 0)
		Baja	Baja	Regenerado (FCC≠ 0)

Según esta metodología, se partirá de la información proporcionada por la Foto Fija 1997-2009 (FF97-09), la cual se cruzará con la Foto Fija de 2010-2012 (FF10-12) y con su capa de apoyo correspondiente. De este cruce surgen diversas posibilidades:

- Incendio en la FF97-09: se ha quemado toda la vegetación y por tanto la fracción de cabida cubierta es igual a cero. Puede ocurrir lo siguiente en función de la información de la FF10-12:
 - Mismo incendio en FF10-12: tanto en la primera capa (1997-2009) como en la segunda (2010-2012) la FCC= 0, es decir la vegetación no ha regenerado desde que ocurrió el incendio en el primer periodo. Esto significa que el incendio fue muy intenso,

⁵ https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/servicios/banco-datos-naturaleza/informacion-disponible/mfe25_informacion_disp.aspx

⁶ https://www.mapa.gob.es/es/desarrollo-rural/temas/politica-forestal/inventario-cartografia/mapa-forestal-espana/mfe_50.aspx



y por tanto la intensidad será alta. Sin embargo, como en ambos periodos solo ha habido un incendio (el del primer periodo), la recurrencia será baja.

- Regenerado en FF10–12: lo que se incendió en el primer periodo se ha regenerado, por lo tanto, la intensidad es baja y la recurrencia baja.
 - Nuevo incendio en la capa de apoyo de la FF10-12: ocurre un incendio en este segundo periodo, distinto al sucedido en el primer periodo. Por lo tanto, no se sabe si tanto en 2009 o en 2012 la intensidad del incendio fue alta o no. Se necesita completar esta información con la Foto Fija de 2013–2015 (FF13-15). Al cruzar esta capa con las anteriores, si aparece en ella 'Incendio', es decir que la FCC= 0, entonces la intensidad en el 2012 fue alta. La recurrencia será también alta porque ha habido en los dos primeros periodos dos incendios. Si en la FF13-15 aparece 'Regenerado', entonces la intensidad del incendio fue baja y la recurrencia alta, pues se han dado dos incendios.
- Regenerado en la FF97-09: hubo un incendio durante el largo primer periodo, pero se ha regenerado la vegetación. Al cruzarse con la FF10-12 solo pueden pasar dos posibilidades:
- Vegetación o Regenerado: es decir, $FCC \neq 0$. Entonces tanto la intensidad como la recurrencia son bajas, ya que hay una buena dinámica de regenerado.
 - Nuevo incendio en la capa de apoyo de la FF10-12: ocurre un incendio en este segundo periodo, distinto al sucedido en el primer periodo. La recurrencia es alta (han ocurrido dos incendios). Para saber la intensidad, hay que recurrir a la información aportada por la cobertura FF13-15. Si en esta aparece 'Incendio', entonces al finalizar el segundo periodo la intensidad es alta. Si es 'Regenerado', esto querrá decir que la intensidad del incendio ocurrido es baja y la recurrencia será alta igual que en el caso anterior. Si apareciera 'Nuevo Incendio', se podría concluir que la recurrencia es alta pero no se podría deducir la intensidad (muy poco probable que haya incendios en los tres periodos).
- Vegetación en la FF97-09: no ha habido incendio alguno en el primer periodo. Si en la capa de apoyo de la FF10-12 se recoge un 'Nuevo Incendio' entonces la recurrencia será baja en cualquier caso (ya que solo ha sucedido un incendio en el segundo periodo), pero para determinar la intensidad habrá que utilizar la información aportada por la FF13-15: si es 'Incendio', entonces la intensidad al final del segundo periodo es alta. Si es 'Regenerado' entonces la intensidad será baja.

A partir de esta matriz de doble entrada se obtiene una clasificación de todos los incendios ocurridos en el territorio a analizar para el periodo 1997-2012, que es el periodo para el que se dispone información más reciente en la actualidad. Por un lado, cada incendio se clasifica según si es un incendio de alta o de baja intensidad. Por otro lado, se calculan las áreas quemadas en alta recurrencia (es habitual que incendios recurrentes no quemen la misma área, y por lo tanto es necesario calcular cuánta superficie quema en alta o baja recurrencia dentro de cada incendio). Se recomienda usar siempre la versión de la Foto Fija más actual de la que se disponga.



2.2. Determinación de los impactos

La información de los tipos de hábitat se cruzará con las capas de incendios derivadas de la Foto Fija para el periodo evaluado, clasificados según la intensidad de los incendios y su recurrencia. Al final se obtiene para cada tipo de hábitat la superficie quemada en alta y baja intensidad, y alta y baja recurrencia.

No se cruzan estos dos tipos de información (p. ej. incendios de alta intensidad y baja recurrencia), porque muy probablemente haya muy pocos casos de algunas tipologías. Por lo tanto, se propone analizar la superficie quemada según las dos tipologías de clasificación, y posteriormente aplicar la evaluación que tenga una superficie afectada mayor (más superficie afectada por alta intensidad o por alta recurrencia según la sensibilidad del tipo de hábitat).

3. Evaluar la sensibilidad del tipo de hábitat a la presión

Para evaluar la sensibilidad de la pérdida de superficie de los tipos de hábitat frente a los incendios forestales, se ha construido una matriz que muestra si el tipo de hábitat puede ver reducida su extensión en función del tipo de incendio (intensidad y recurrencia). La matriz se ha elaborado en el marco de este proyecto para todos los tipos de hábitat, y por lo tanto las diferentes comunidades pueden usarla de manera directa, aunque hay algunos tipos de hábitat de los que no se tiene información sobre sus estrategias post-incendio.

Se evalúa la sensibilidad a la intensidad y a la recurrencia por separado, y después se aplica el peor pronóstico. La sensibilidad de los tipos de hábitat, por lo tanto, está definida según la sensibilidad a estas dos clasificaciones por separado, y posteriormente se considerará la tipología de incendio que tenga una mayor superficie afectada.

La fuente bibliográfica para determinar las estrategias post-incendio de las especies principales de los tipos de hábitat es Paula *et al.* (2009).

A continuación, se describen las estrategias de tres especies forestales que ejemplifican bien las diferentes situaciones que pueden ocurrir en función de los rasgos funcionales:

- *Pinus uncinata* no tiene ningún rasgo funcional que le permita regenerar después de los incendios. Por lo tanto, siempre que se vea afectado por un incendio verá disminuida su superficie.
- *Fagus sylvatica* rebrota en los incendios en un 70% de los casos y tiene yemas de germinación en las copas. Por lo tanto, se ha establecido que esta especie no verá afectada su superficie en incendios de baja recurrencia o baja intensidad (yemas no afectadas y buena capacidad de regeneración), pero sí en incendios de alta intensidad o alta recurrencia (desaparecen las yemas de las copas y muchos individuos no rebrotan).
- *Quercus pyrenaica* rebrota a partir del lignotubérculo. Por lo tanto, se ha establecido que nunca perderá superficie a no ser que sea por incendios de alta recurrencia, cuando el individuo no ha tenido el tiempo suficiente para acumular nutrientes en el lignotubérculo y no es capaz de volver a brotar.



Tabla PA 2.1.2 Afectación de diferentes tipologías de incendios sobre algunos tipos de hábitat. Fuente: elaboración propia a partir de Paula *et al.* (2009).

Características tipos de hábitat			Características de los incendios			
Código del tipo de hábitat	Especie característica del hábitat	Rasgos funcionales referentes a los incendios	Alta intensidad	Baja intensidad	Alta recurrencia	Baja recurrencia
11MX_15a	<i>Arbutus unedo</i>	Rebrotadora de lignotubérculo	No	No	Sí	No
11MX_15b	<i>Erica arborea</i>	Rebrotadora de lignotubérculo	No	No	Sí	No
11MX_16	<i>Juniperus thurifera</i>	Sensible al fuego	Sí	Sí	Sí	Sí
11MX_17	<i>Olea europaea sylvestris</i> y <i>Pistacia atlantica</i>	Rebrotadora	No	No	Sí	No
111R42	<i>Phoenix canariensis</i>	Rebrotadora	No	No	Sí	No
2113	<i>Juniperus oxycedrus</i>	Rebrotadora de lignotubérculo	No	No	Sí	No
11111	<i>Pinus uncinata</i>	Sensible al fuego	Sí	Sí	Sí	Sí
11112	<i>Pinus sylvestris</i>	Sensible al fuego	Sí	Sí	Sí	Sí
11113	<i>Abies alba</i>	Sensible al fuego	Sí	Sí	Sí	Sí
11121	<i>Quercus robur</i>	Rebrotadora	No	No	Sí	No
11123	<i>Fagus sylvatica</i>	Rebrotadora 70% de yemas epicórmicas	Sí	No	Sí	No
11124	<i>Betula pendula</i>	Rebrotadora	No	No	Sí	No
11131	<i>Quercus faginea</i>	Rebrotadora de yemas epicórmicas y de la raíz	No	No	Sí	No
11132	<i>Quercus pyrenaica</i>	Rebrotadora de lignotubérculo	No	No	Sí	No
11132	<i>Quercus pyrenaica</i>	Rebrotadora de lignotubérculo	No	No	Sí	No
11143	<i>Quercus suber</i>	Rebrotadora de yemas epicórmicas	Sí	No	Sí	No
11151	<i>Pinus nigra</i>	Sensible al fuego	Sí	Sí	Sí	Sí
11162	<i>Pinus pinaster</i>	Germinadora estimulada por calor. Banco de semillas aéreo	No	No	Sí	No
11163	<i>Pinus pinea</i>	Germinadora estimulada por calor. No serótina	Sí	No	Sí	No
11164	<i>Pinus halepensis</i>	Germinadora estimulada por calor. Banco de semillas aéreo	No	No	Sí	No
11141 y 11142	<i>Quercus ilex</i>	Rebrotadora del cuello de la raíz	No	No	Sí	No
111251	<i>Ilex aquifolium</i>	Rebrotadora 70%. Yemas en las raíces	Sí	No	Sí	No

Continúa en la siguiente página ►



Características tipos de hábitat			Características de los incendios			
Código del tipo de hábitat	Especie característica del hábitat	Rasgos funcionales referentes a los incendios	Alta intensidad	Baja intensidad	Alta recurrencia	Baja recurrencia
113123	<i>Erica arborea</i> y <i>Arctostaphylos uva-ursi</i>	Rebrotadora de lignotubérculo	No	No	Sí	No
113125	<i>Cytisus oromediterraneus</i> y <i>Erica arborea</i>	Rebrotadora y germinadora	No	No	Sí	No
212131	<i>Ulex europaeus</i> y <i>Erica cinerea</i>	Rebrotadora y germinadora	No	No	Sí	No
212132	<i>Erica arborea</i>	Rebrotadora de lignotubérculo	No	No	Sí	No
212133	<i>Genista florida</i>	Germinadora estimulada por calor. Banco de semillas en suelo	No	No	Sí	No
1131124	<i>Genista hispanica occidentalis</i>	Rebrotadora	No	No	Sí	No
2121121	<i>Cistus</i> spp.	Germinadora estimulada por calor. Banco de semillas en suelo	No	No	Sí	No
2121126	<i>Stahelina dubia</i>	Rebrotadora de yemas epicórmicas	Sí	No	Sí	No
21211212	<i>Stauracanthus genistoides</i>	?	?	?	?	?
21211213	<i>Ulex australis</i>	Rebrotadora	No	No	Sí	No
1234	<i>Helianthemum</i> spp.	Sensible al fuego	Sí	Sí	Sí	Sí
1235	<i>Lepidion subulati</i>	Sensible al fuego	Sí	Sí	Sí	Sí
1236	<i>Teucrium</i> spp	Rebrotadora y germinadora	No	No	Sí	No
2112	<i>Erica arborea</i>	Rebrotadora de lignotubérculo	No	No	Sí	No
2116	<i>Rhamnus crenulata</i>	?	?	?	?	?
3122	<i>Fraxinus</i> spp. Dehesa	Rebrotadora de raíz. Dehesa	-	No	Sí	No
11111	<i>Pinus uncinata</i>	Sensible al fuego	Sí	Sí	Sí	Sí
11122	<i>Castanea sativa</i>	Rebrotadora	No	No	Sí	No
11152	<i>Abies pinsapo</i>	Sensible al fuego	Sí	Sí	Sí	Sí
11161	<i>Juniperus phoenicea</i>	Sensible al fuego	Sí	Sí	Sí	Sí
11171	<i>Pinus canariensis</i>	Rebrotadora	No	No	Sí	No
11222	<i>Retama monosperma</i>	?	?	?	?	?
11341	<i>Cytisus oromediterraneus</i>	Rebrotadora y germinadora	No	No	Sí	No
12331	<i>Salsola vermiculata</i>	?	?	?	?	?
12332	<i>Atriplex glauca</i>	?	?	?	?	?
12333	<i>Helichrysum</i> spp.	Sensible al fuego	Sí	Sí	Sí	Sí

Continúa en la siguiente página ►



Características tipos de hábitat			Características de los incendios			
Código del tipo de hábitat	Especie característica del hábitat	Rasgos funcionales referentes a los incendios	Alta intensidad	Baja intensidad	Alta recurrencia	Baja recurrencia
12371	<i>Launaea arborescens</i>	?	?	?	?	?
12372	<i>Artemisia thuscula</i>	Sensible al fuego	Sí	Sí	Sí	Sí
12374	<i>Salsola vermiculata</i>	?	?	?	?	?
21221	<i>Euphorbia regis-jubae</i>	Sensible al fuego	Sí	Sí	Sí	Sí
31111	<i>Quercus pyrenaica</i> Dehesa	Rebrotadora de lignotubérculo. Dehesa	-	No	Sí	No
31112	<i>Quercus suber</i> . Dehesa	Rebrotadora de yemas epicórmicas. Dehesa	-	No	Sí	No
31113	<i>Quercus ilex</i> . Dehesa	Rebrotadora de cuello de la raíz. Dehesa	-	No	Sí	No
111252	<i>Tilia</i> spp.	?	?	?	?	?
111253	<i>Taxus baccata</i>	?	?	?	?	?
112211	<i>Euphorbia balsamifera</i>	Sensible al fuego	Sí	Sí	Sí	Sí
112212	<i>Euphorbia canariensis</i>	Sensible al fuego	Sí	Sí	Sí	Sí
113111	<i>Juniperus sabina</i>	Sensible al fuego	Sí	Sí	Sí	Sí
113121	<i>Juniperus communis</i>	Sensible al fuego	Sí	Sí	Sí	Sí

La especie característica del tipo de hábitat es la que está indicada en la descripción del tipo de hábitat. En tipos de hábitat con especies arbóreas, corresponde a la especie arbórea (que es la que da estructura). En tipos de hábitat con especies de matorral o herbazal, corresponde a la primera especie de la descripción de la cual se tiene información de su estrategia post-incendio.

4. Periodicidad en la aplicación de protocolos

En el caso de los incendios, al ser una perturbación puntual y aislada, y que queda registrada en el territorio a nivel espacial, no requiere un seguimiento anual o periódico, ya que puede realizarse su evaluación al final del periodo considerado. Se pueden recalcular las superficies quemadas en alta o baja intensidad y alta o baja recurrencia a partir de las publicaciones de los mapas de la Foto Fija, que se actualizan cada tres años.

5. Cautelas

Las cautelas deben ser propuestas una vez que el protocolo sea puesto en marcha.

6. Referencias

Hanes T L. 1971. Succession after fire in the chaparral of Southern California. *Ecological Monographs*. 41(1): 27–52.

MAPA. 2009-2015. Foto Fija del Mapa Forestal de España. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Serie publicación digital. Madrid.



Paula S, Arianoutsou M, Kazanis D, Tavsanoğlu Ç, Lloret F, Buhk C, Ojeda F, Luna B, Moreno J M, Rodrigo A, Espelta J M, Palacio S, Fernández-Santos B, Fernandes P M & Pausas J G. 2009. Fire-related traits for plant species of the Mediterranean Basin. *Ecology*. 90(5): 1420.

Robla E, Vallejo R & Lerner M. 2017. La Foto Fija del Mapa Forestal de España, fuente de información para el cálculo de tendencias e indicadores de los ecosistemas forestales españoles. Principales resultados. 7º Congreso Forestal Español. Plasencia.



PA 2.2. Procedimiento de presiones: parámetro 'Estructura y función'

PROCEDIMIENTO DE PRESIONES

PA 2. INCENDIOS

ESTRUCTURA Y FUNCIÓN

Los efectos de los incendios sobre la vegetación están relacionados con las temperaturas letales, y pequeñas diferencias entre especies pueden modificar los umbrales de susceptibilidad a los daños provocados por el calor, como el grosor de la corteza, inflamabilidad del follaje, etc. Aunque la vegetación mediterránea sea capaz de regenerar o establecerse con éxito tras un incendio, la estructura y función de los tipos de hábitat queda fuertemente modificada porque los incendios pueden causar uno o más de los siguientes procesos:

- Pérdida de biomasa aérea.
- Pérdida de capacidad reproductora.
- Pérdida de biodiversidad.
- Pérdida de suelo por erosión post-incendio.
- Pérdida de nutrientes y de productividad.
- Mortalidad directa.
- Mortalidad asociada con alguna otra perturbación en caso de que queden individuos vivos (sequía, plagas, etc.).

Estas modificaciones sobre la estructura y función de los tipos de hábitat pueden ser temporales o irreversibles a largo plazo (25-30 años), en función de la comunidad presente tras el incendio. No obstante, dado el carácter de cambio drástico asociado a los incendios, se considera que los efectos causados por los incendios sobre la estructura y función son de alta intensidad, aunque a largo plazo pueda existir recuperación.

En este caso no se consideran diferencias entre los incendios de alta y baja recurrencia o de alta o baja intensidad, ya que en todos los casos hay cambios grandes en la estructura y función de los tipos de hábitat.

1. Recopilación de fuentes de información y bases de datos

El efecto de los incendios sobre la estructura y función de los tipos de hábitat es directo y sus efectos han sido descritos en muchos artículos. Dado que se considera que el fuego afecta altamente la estructura y función de los tipos de hábitat, no se detallan umbrales de afectación como en otras perturbaciones, ni variables a medir de los tipos de hábitat.

Las capas de los perímetros de incendios ocurridos en los últimos seis años se obtienen a partir de la misma fuente de información descrita en el procedimiento anterior de 'Rango/Superficie ocupada'.



2. Indicar qué información de 1 aplica para determinar impactos en el tipo de hábitat

A diferencia de la metodología empleada para evaluar los efectos sobre la superficie, en este caso no se diferencian los incendios según su nivel de intensidad o recurrencia, ya que se establece que en todos los casos los incendios provocan un impacto alto sobre la estructura o función de los tipos de hábitat terrestres.

Se recomienda entonces un cruce de las capas de incendios con las capas de perímetros para los seis años de evaluación, y calcular así el área que afecta la estructura y la función de los tipos de hábitat. Los perímetros de incendio se obtienen a partir de la información derivada de la Foto Fija (Robla *et al.* 2017).

3. Evaluar la sensibilidad del tipo de hábitat a la presión

En el caso de los incendios para todos los tipos de hábitat se considera una afectación alta sobre la estructura y función.

4. Periodicidad en la aplicación de protocolos

En el caso de los incendios, al ser una perturbación puntual y aislada, y que queda registrada en el territorio a nivel espacial, no requiere un seguimiento anual o periódico, ya que puede realizarse su evaluación al final del periodo considerado. Se pueden recalcular las superficies quemadas en alta o baja intensidad y alta o baja recurrencia a partir de las publicaciones de los mapas de la Foto Fija, que se actualizan cada tres años.

5. Cautelas

En el caso de que exista algún tipo de cartografía sobre la severidad de los incendios será apropiado usar diferentes categorías de afectación sobre la estructura y función.

6. Referencias

Robla E, Vallejo R & Lerner M. 2017. La Foto Fija del Mapa Forestal de España, fuente de información para el cálculo de tendencias e indicadores de los ecosistemas forestales españoles. Principales resultados. 7º Congreso Forestal Español. Plasencia.



PA 2.3. Procedimiento de amenazas: parámetro 'Rango/Superficie ocupada'

PROCEDIMIENTO DE AMENAZAS

PA 2. INCENDIOS

RANGO/SUPERFICIE OCUPADA

1. Recopilación de fuentes de información y bases de datos

Para completar la información ver PA 2.1. Procedimiento de presiones: parámetro 'Rango/Superficie ocupada'.

2. Indicar qué información de 1 aplica para determinar impactos en el tipo de hábitat

Para completar la información ver PA 2.1. Procedimiento de presiones: parámetro 'Rango/Superficie ocupada'.

Determinación del área potencial afectada por incendios en los futuros 12 años

A continuación, se detalla el tipo de tratamiento de los datos que hay que realizar con las capas GIS para evaluar la amenaza de incendio forestal en los 12 años próximos, a partir de los datos de perímetros disponibles y del mapa de combustibilidad derivado del Mapa Forestal de España (MFE). La metodología se basa en conseguir representar un régimen de incendios a nivel de paisaje (área quemada en polígonos de 20x20 km) que recoja la variabilidad regional, y modificar este régimen dentro de cada unidad de 20x20 km a partir de la combustibilidad de los diferentes tipos de hábitat y conseguir la variabilidad a escala local. Finalmente, se obtiene la probabilidad de incendio en cada tipo de hábitat sumando las probabilidades dentro de los polígonos de los tipos de hábitat.

1. Preparar la capa de combustibilidad.

- El mapa de combustibilidad debe estar en formato ráster a un tamaño de píxel de 50x50 m, para después aplicar los algoritmos de probabilidad de incendio.
- Se asigna un factor a cada modelo de combustible que cuantifica la combustibilidad en función de la velocidad de propagación del fuego y la longitud de flama provocado por cada uno, conforme con los valores que establece la figura 7.2, página 7.14, del libro 'La Defensa Contra Incendios Forestales'. Para conseguir estos factores, se escalan los modelos a partir de los valores de propagación del libro conforme a la equivalencia con el modelo cuatro, el cual, con una velocidad de propagación de 26 m/min y longitud de llama de 6 m, actúa como referente. Partiendo de que el modelo cuatro tiene un valor de diez (máxima combustibilidad) y el valor tres tiene un valor de 9,5 (ligeramente inferior), se calcula el peso relativo de la velocidad de propagación y de la altura de llama, y se escalan el resto de modelos. Finalmente, se ajustan los valores de manera que el modelo de combustible con factor medio tenga valor uno (modelo dos iguala la probabilidad de incendio), y que los modelos por debajo a este tengan valores inferiores (disminuyen probabilidad de incendio) y que los modelos por encima tengan valores superiores (aumentan probabilidad de incendio).



Tabla PA 2.3.1 Correspondencia entre los modelos de combustible y su valor cuantitativo asignado de combustibilidad. Fuente: elaboración propia a partir de Vélez-Muñoz (2009).

Modelo Combustible	Velocidad propagación (m/min)	Longitud de llama (m)	Combustibilidad cuantitativa tomando modelo 4 como 10 y modelo 3 como 9.5	Misma escala que columna anterior, pero tomando modelo del medio como 1
8	1	0,4	0,6	0,14
9	2	0,7	1,0	0,26
10	2	1,1	1,4	0,36
5	7	1,5	2,6	0,67
7	8	1,8	3,0	0,78
2	12	2	3,9	1
6	21	2	5,3	1,37
1	27	1,3	5,6	1,44
3	35	4	9,5	2,45
4	26	6	10,0	2,59

2. Dividir la región de estudio en subregiones de 20x20 km. Se ha considerado que estas subregiones son unidades de régimen adecuadas para contemplar un régimen homogéneo dentro de dicha área, y a su vez sustentar cierta variabilidad regional.
3. Calcular la superficie forestal dentro de los polígonos de regiones de 20x20 km según el mapa de combustibilidad.
4. Superponer los perímetros de incendios del rango temporal que se tenga disponible, que según los Mapas de las Fotos Fijas disponibles actuales es de 1997-2009 y 2010-2012 (15 años). Calcular la suma del área quemada superpuesta para todo el periodo por polígono de regiones de 20x20 km y dividir esta área por la superficie forestal, consiguiendo así un porcentaje de área forestal quemada en el periodo considerado.
5. Calcular el equivalente para 12 años (periodo amenazas) con una regresión lineal simple respecto al periodo que abarquen los incendios pasados.
6. Dividir el porcentaje de área quemada en 12 años entre el número de celdas de bosque que tenga cada polígono de región de 20x20 km. De esta forma se obtiene la probabilidad de quemar en 12 años de cada píxel de bosque de 50x50 m (resolución del mapa de combustibilidad). Se aconseja ofrecer este valor en tanto por 10 000, ya que es muy pequeño.
7. Aplicar un proceso de estadística zonal para cada píxel de 50x50 m con el promedio de la probabilidad de quemar en 12 años de 20 km a la redonda. Este proceso permite suavizar los valores calculados en la sección seis de manera que los límites entre subregiones no sean tan bruscos.
8. Multiplicar los valores de combustibilidad del mapa de combustibilidad reclasificado (sección uno) por la probabilidad de quemarse en 12 años calculada en la sección siete. Los valores de



combustibilidad bajarán o aumentarán esta probabilidad. Al final se obtiene un mapa a resolución de 50x50 m con la probabilidad de quemarse en 12 años en cada píxel según su combustibilidad.

9. Para evaluar la probabilidad de quemarse en alta o baja intensidad, se calcula para cada cuadrícula 20x20 km el porcentaje que se ha quemado en alta intensidad y en baja intensidad según la información de la Foto Fija. Después se multiplica cada porcentaje de alta o baja (en tanto por uno) por el mapa anteriormente calculado de probabilidad de quemar (mapa sección ocho). La suma de los dos mapas tendría que ser la probabilidad anteriormente calculada.
10. Se procede de igual manera con los incendios de baja y alta recurrencia. Se calcula para cada cuadrícula de 20x20 km el porcentaje de área quemada en baja recurrencia y en alta recurrencia según la información de la Foto Fija. Al igual que con la intensidad, después se multiplica cada porcentaje de alta o baja (en tanto por uno) por el mapa anteriormente calculado de probabilidad de quemar (mapa sección ocho). La suma de los dos mapas es la probabilidad anteriormente calculada.
11. Para después evaluar el grado de afectación por incendios forestales para cada tipo de hábitat, se obtendrán los valores de probabilidad de incendio en los píxeles dentro de los polígonos de los tipos de hábitat. Estos valores se suman y dan la probabilidad de quemarse en alta/baja intensidad/recurrencia para toda la zona del tipo de hábitat en los próximos 12 años. Como esta probabilidad está en unidades de área a quemar respecto a área disponible, si se multiplica esta probabilidad por la zona que ocupa el tipo de hábitat en cuestión, se obtiene el área potencial a quemar en este periodo de tiempo. El riesgo de quemarse para cada tipo de hábitat viene entonces dado por un área a quemar dentro de la superficie del tipo de hábitat en 12 años.
12. Finalmente, se escoge el tipo de incendio que tenga una superficie afectada mayor (alta intensidad o alta recurrencia) y más sensible para cada tipo de hábitat. Combinar las dos tipologías de incendios (recurrencia e intensidad), aunque podría ser útil ecológicamente, no sería realista, ya que hay poca variabilidad de polígonos que combinen las cuatro posibilidades. Por lo tanto, se propone analizar la superficie quemada según las dos tipologías de clasificación, y posteriormente aplicar la evaluación que tenga una superficie afectada mayor (más superficie afectada por alta intensidad o por alta recurrencia según la sensibilidad del tipo de hábitat).

3. Evaluar la sensibilidad del tipo de hábitat a la amenaza

Para completar la información ver PA 2.1. Procedimientos de presiones: parámetro 'Rango/Superficie ocupada'.

4. Periodicidad en la aplicación de protocolos

El cálculo de la amenaza por incendio forestal se basa en los cálculos hechos con todos los perímetros de incendios disponibles, y así se recoge el máximo de información sobre el régimen de



incendios en una zona. A medida que pasen los años respecto el momento de la presente evaluación, se puede actualizar la probabilidad de incendio añadiendo los incendios ocurridos en los años transcurridos. No obstante, no se considera imprescindible realizar esta actualización, solo en los casos con pocos años de datos de incendios disponibles.

5. Cautelas

En el caso de que exista algún tipo de cartografía sobre la severidad de los incendios será apropiado usar diferentes categorías de afectación sobre el rango/superficie ocupada.

6. Referencias

Vélez-Muñoz R. 2009. La defensa contra incendios forestales. Fundamentos y experiencias. 2ª edición. Mcgraw-Hill. 864 pp.



PA 2.4. Procedimiento de amenazas: parámetro 'Estructura y función'

PROCEDIMIENTO DE AMENAZAS
PA 2. INCENDIOS
ESTRUCTURA Y FUNCIÓN
1. Recopilación de fuentes de información y bases de datos
Se requiere calcular cuál es el régimen de incendios a nivel regional y local para establecer el área que se verá afectada por incendios y así calcular la amenaza sobre la estructura y función. Las capas que se requieren son las mismas que en el procedimiento de 'Rango/Superficie ocupada' ('Foto Fija' y 'Combustibilidad').
2. Indicar qué información de 1 aplica para determinar impactos en el tipo de hábitat
Para completar información ver PA 2.1. Procedimiento de presiones: parámetro 'Rango/Superficie ocupada'. Determinación del área potencial afectada por incendios en los futuros 12 años A diferencia de la metodología empleada para evaluar los efectos sobre la superficie, en este caso no se diferencian los incendios según su nivel de intensidad o recurrencia, ya que se establece que en todos los casos los incendios provocan un impacto alto sobre la estructura o función de los tipos de hábitat terrestres. Por lo tanto, la metodología es la misma que en el caso del rango/superficie ocupada, pero sin diferenciar tipos de incendios.
3. Evaluar la sensibilidad del tipo de hábitat a la amenaza
En el caso de los incendios en todos los tipos de hábitat se considera una afectación alta sobre la estructura y función.
4. Periodicidad en la aplicación de protocolos
Se pueden recalcular las superficies quemadas en alta o baja intensidad y alta o baja recurrencia a partir de las publicaciones de los mapas de la Foto Fija, que se actualizan cada tres años.
5. Cautelas
En el caso de que exista algún tipo de cartografía sobre la severidad de los incendios será apropiado usar diferentes categorías de afectación sobre la estructura y función.



PA 3. Cambios de usos irreversibles

Autores: José Miguel Castillejo Moreno y José Manuel Nicolau Ibarra

Para la elaboración de los procedimientos para identificar y analizar el grado de impacto de las presiones y amenazas de los 'cambios de usos irreversibles' se ha decidido dividir estos en 1) cambios de uso irreversibles ligados a las actividades mineras y 2) cambios de uso irreversibles relacionados con las zonas urbanas, industriales, comerciales y de transporte. En el primer caso se realizaron los procedimientos de presiones y amenazas de forma conjunta para cada uno de los parámetros estudiados 'Rango/Superficie ocupada' y 'Estructura y función'. Así mismo para el segundo grupo se realizaron los procedimientos de presiones y amenazas de forma conjunta, y en este caso, además, para los parámetros 'Rango/Superficie ocupada' y 'Estructura y función'.

PA 3.1. Procedimiento de presiones y amenazas (Actividades mineras): parámetro 'Rango/Superficie ocupada'

PROCEDIMIENTO DE PRESIONES Y AMENAZAS
PA 3. CAMBIOS DE USO-ARTIFICIALIZACIÓN DEL SUELO. ACTIVIDADES MINERAS
RANGO/SUPERFICIE OCUPADA
<p>1. Definición de las actividades de artificialización</p> <p>La capa superior de la corteza terrestre modificada por la vida, que habitualmente se conoce como suelo, está constituida por partículas minerales, materia orgánica, agua, aire y organismos vivos, cuya formación es extremadamente lenta, con lo que puede considerarse como un recurso no renovable. El suelo controla procesos biológicos, hidrológicos y climáticos esenciales en el funcionamiento de la Biosfera. A su vez representa el soporte donde se desarrollan las actividades humanas, juega un papel central como hábitat y patrimonio genético, almacenando, filtrando y transformando muchas sustancias, además de constituir el mayor 'almacén' de carbono del planeta.</p> <p>Por superficie artificial se entiende 'aquellas zonas caracterizadas por una cubierta artificial y, a menudo impermeable, de construcciones y pavimento'. De igual forma, por superficie construida se entiende la 'superficie ocupada por las construcciones techadas construidas con fines permanentes y en las que pueden habitar o introducir personas para su uso'. Las superficies no construidas son las 'áreas no urbanizadas que se caracterizan por estar constituidas por una cubierta artificial impermeable de materiales artificiales duros'.</p> <p>En base a la distribución de la ocupación del suelo en España, según los datos del proyecto CORINE (<i>Coordination of Information on the Environment</i>) Land Cover 2012 (en adelante CLC2012), las zonas artificiales ocupan el 2,5% de la superficie de España (1 289 249 ha) (Figura PA 3.1.1).</p>

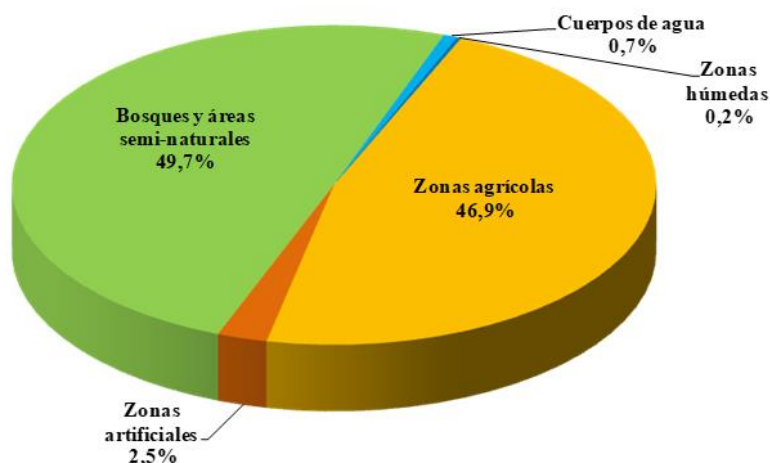


Figura PA 3.1.1 Distribución de la ocupación del suelo en España. Fuente: elaboración propia a partir del proyecto CLC2012 (1990-2012).

A pesar de su reducida superficie total, las actividades de artificialización son las que han experimentado un mayor crecimiento en los últimos años en España, tal y como puede comprobarse en la Tabla PA 3.1.1.

Tabla PA 3.1.1 Tendencia de la ocupación del suelo en España. Fuente: elaboración propia a partir del proyecto CLC2012 (1990-2012).

	1990	2000	2006	2012	% cambio 1990-2012
Zonas agrícolas	25 411 724	25 443 551	23 832 610	23 750 075	-6,5%
Zonas artificiales	666 215	835 526	1 170 809	1 289 249	93,5%
Bosques y áreas semi-naturales	24 189 757	23 950 459	25 239 941	25 183 694	4,1%
Cuerpos de agua	277 929	314 214	310 605	330 327	18,9%
Zonas húmedas	105 646	107 522	97 305	97 927	-7,3%

La Figura PA 3.1.2 muestra el modelo de tendencia lineal ascendente de estas actividades de artificialización desde el año 1990 hasta el 2012.

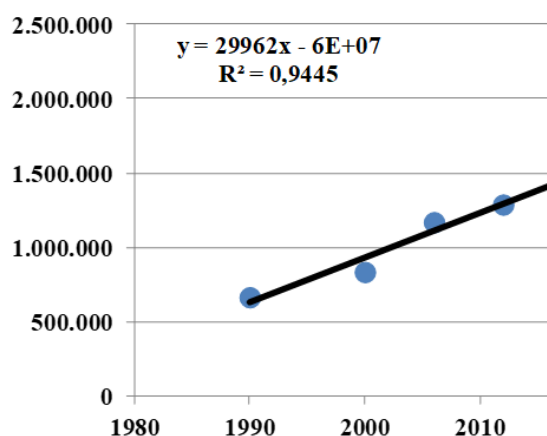


Figura PA 3.1.2 Tendencia de las actividades artificiales. Fuente: elaboración propia a partir del proyecto CLC2012 (1990-2012).

2. Tipos de actividades de artificialización

Estas actividades de artificialización pueden clasificarse en cuatro grandes (diversos) grupos:

- Zonas urbanas.
- Zonas industriales, comerciales y de transporte.
- Zonas de extracción minera, vertederos y de transporte.
- Zonas verdes artificiales.

En particular, las zonas de extracción minera, vertederos y de transporte (en adelante, actividades mineras) son superficies artificiales principalmente dedicadas a:

- Actividades extractivas mineras.
- Zonas en construcción relacionadas con la minería.
- Vertederos de residuos generados por el hombre.
- Terrenos asociados a la actividad minera, como por ejemplo vías de comunicación minera.

La Tabla PA 3.1.2 muestra la tendencia experimentada entre los años 1990-2012 para las actividades mineras:

Tabla PA 3.1.2 Tendencia de las actividades mineras. Cambios en ocupación de las zonas artificiales entre 1990-2000, 2000-2006 y 2006-2012. Clasificación CLC Nivel 2 (Diagnóstico Estrategia Estatal IVCRE 2016). Fuente: elaboración propia a partir del proyecto CLC2012 (1990-2012).

Cobertura	1990 - 2000	2000 - 2006	2006 - 2012
Actividades mineras	50,4%	67,0%	4,0%



3. Definición de la presión y amenaza sobre los tipos de hábitat

La Figura PA 3.1.3 muestra la distribución de la producción minera en España en el año 2014, de cuyos datos se puede obtener una primera aproximación a la presión sobre los tipos de hábitat, derivada de las zonas mineras, industriales y de transporte.

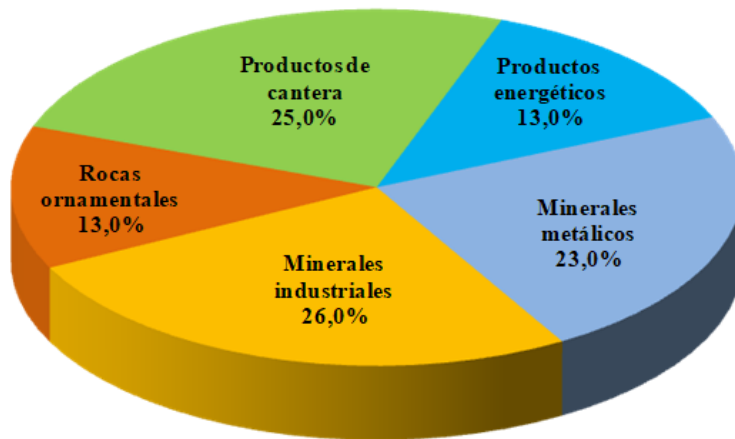


Figura PA 3.1.3 Producción minera en España en porcentaje sobre el total. Fuente: elaboración propia a partir de Estadística minera de España (Ministerio de Industria, Energía y Turismo 2014).

Así, se puede establecer que las principales presiones sobre los tipos de hábitat de las actividades mineras serían:

- i. Funcionamiento de explotaciones de la faja pirítica (suroeste de la península ibérica). Se trata de minas de cobre (sulfuros complejos; 104 476 tn) y zinc (26 756 tn) como actividades mayoritarias. También deben destacarse en menor medida explotaciones de níquel (8652 tn), plomo (1223 tn), wolframio (1036 tn) y plata-oro (7401-2020 kg) (minería metálica).
- ii. Las explotaciones de minerales industriales. Los principales minerales industriales son cuarzo; caolín; sal gema; cloruro potásico; sal marina; glauberita y thenardita; feldespato; arcillas especiales (Figura PA 3.1.4).
- iii. Productos de cantera, cuyo destino fundamental es para la construcción. En este caso, las calizas representan el principal material de extracción (42% del total), seguido por arena y gravas (17% del total).

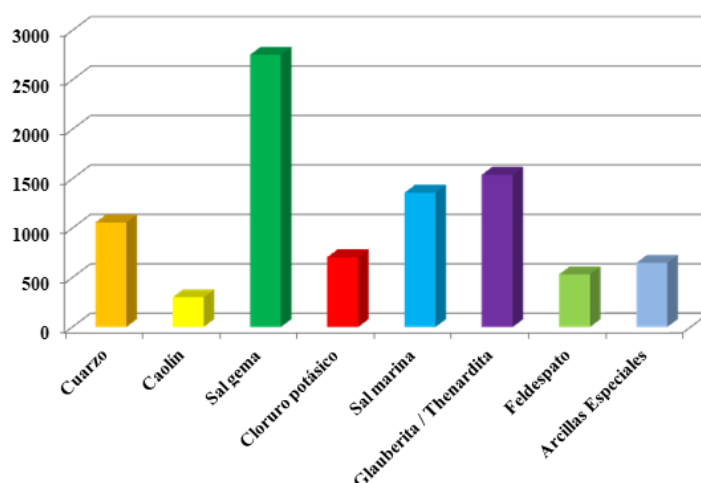


Figura PA 3.1.4 Producción de los principales minerales industriales (2014) en miles de toneladas. Fuente: elaboración propia a partir de Estadística minera de España (Ministerio de Industria, Energía y Turismo 2014).

Para definir las amenazas futuras en los próximos años derivadas de estas actividades de artificialización de zonas mineras, industriales y de transporte se debe evaluar la tendencia temporal de los últimos 10 años (Figura PA 3.1.5).

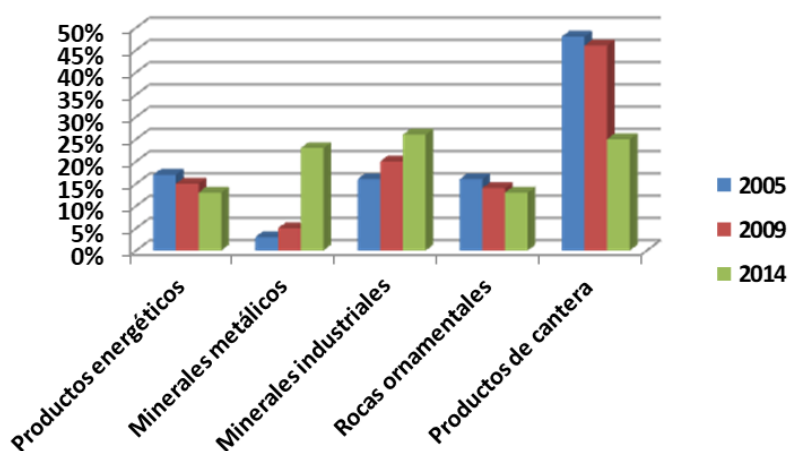


Figura PA 3.1.5 Tendencia en la producción de las actividades de artificialización derivadas de zonas mineras, industriales y de transporte entre 2005-2014 (en %). Fuente: elaboración propia a partir de Estadística minera de España (Ministerio de Industria, Energía y Turismo 2014).

Los minerales metálicos y los minerales industriales son los subsectores que demuestran una tendencia positiva ascendente en los próximos 12 años (año 2030). Por tanto, las amenazas futuras sobre los tipos de hábitat serían prácticamente similares a las presiones actuales.

La Figura PA 3.1.6 muestra el modelo de tendencia lineal ascendente de estas actividades de artificialización desde el año 1990 hasta el 2030.

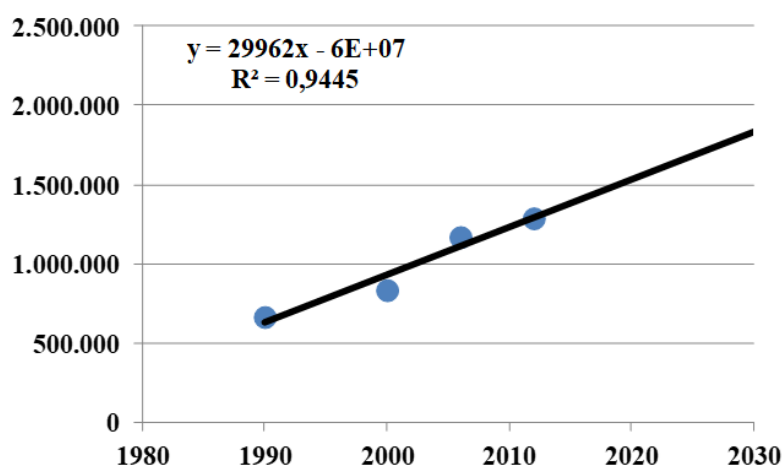


Figura PA 3.1.6 Modelo predictivo de la tendencia de las actividades artificiales, según los datos del proyecto CLC2012. Se incluye también la previsión de ocupación para el año 2030 (+12 años desde la actualidad). Hipótesis: tendencia lineal. Fuente: elaboración propia.

4. Impactos ambientales derivados de las presiones y las amenazas consideradas

No obstante, la cantidad total de hectáreas es solo una aproximación, ya que el impacto ambiental de las actividades humanas no siempre está relacionado con la superficie del tipo de hábitat afectado. Los daños que experimenta dicho suelo como consecuencia de las actividades humanas en superficie tienen repercusiones muy limitantes para el funcionamiento de los ecosistemas. Los procesos de degradación y amenazas más frecuentes incluyen la erosión, pérdida de materia orgánica, contaminación local y difusa, ocupación, sellado, reducción de la diversidad biológica, salinización, inundaciones, etc. Algunos de estos procesos pueden estar acelerados o directamente originados por actuaciones antrópicas.

La ocupación del suelo para la realización de actividades extractivas mineras tiene consecuencias muy graves sobre los tipos de hábitat naturales, que con frecuencia son irreversibles. Entre otros impactos, la minería y sus actividades relacionadas provocan:

1. Presiones y amenazas sobre el rango/superficie ocupada de los tipos de hábitat.
 - a. Pérdida irreversible de los tipos de hábitat.
 - b. Fragmentación de los tipos de hábitat.
 - c. Disminución de la superficie del tipo de hábitat disponible para muchas especies.
2. Presiones sobre la estructura y función de los tipos de hábitat.
 - a) Impactos geomorfológicos e hidrológicos (hidrogeomorfológicos), es decir, cambios en la red de drenaje que pueden incrementar los picos de crecida, con la posible contaminación física y química de las aguas, y afectar a la recarga de los acuíferos y al flujo sub-superficial.
 - b) Alto consumo de agua y contaminación química de aguas y suelos por metales pesados durante el proceso de extracción (minería metálica).



1. Recopilación de fuentes de información y bases de datos

Las principales bases de datos georreferenciadas a nivel nacional para trabajar con las actividades de artificialización pueden encontrarse en el Sistema de Información sobre Ocupación del Suelo de España (SIOSE).

- Cartografía para Sistemas de Información Geográfica (<http://www.siose.es/> y <http://centrodedescargas.cnig.es/CentroDescargas/index.jsp>).

Se trata de información geográfica que abarca datos topográficos y temáticos, concebidos para su uso mediante los GIS y capaces de servir de soporte tanto para consultas geográficas, como para la generación de productos cartográficos.

Dentro del SIOSE, se pueden encontrar siete tipos de información georreferenciada de utilidad para trabajar en las presiones y amenazas de las actividades mineras sobre el rango/superficie ocupada de los tipos de hábitat:

1. SIOSE

- Descripción: base de datos de ocupación del suelo en España a escala 1:25.000 de los años 2005 y 2011.
- Sistema Geográfico de Referencia (en adelante SGR): ETRS89 en la Península, islas Baleares, Ceuta y Melilla, y WGS84 en las islas Canarias. Proyección UTM (*Universal Transverse Mercator*) en su huso correspondiente.
- Unidad descarga: comunidad autónoma.
- Formato: *shapefile* (SHP) y datos alfanuméricos.

2. CORINE Land Cover (CLC)

- Descripción: mapa de ocupación del suelo en España escala 1:100.000 correspondiente al proyecto europeo CORINE Land Cover, versiones de 1990, 2000, 2006 y 2012.
- SGR: ETRS89 en la Península, islas Baleares, Ceuta y Melilla, y WGS84 en las islas Canarias. Proyección UTM huso 30 extendido e islas Canarias en huso 28.
- Unidad descarga: mapa de España.
- Formato: *shapefile* (SHP).

3. BTN25

- Descripción: Base Topográfica Nacional a escala 1:25.000.
- SGR: ETRS89 en la Península, islas Baleares, Ceuta y Melilla, y REGCAN95 en las islas Canarias (ambos sistemas compatibles con WGS84). Proyección UTM en el huso correspondiente.
- Unidad descarga: hoja de BTN25.
- Formato: *shapefile* (SHP).



4. BTN100

- Descripción: Base Topográfica Nacional a escala 1:100.000.
- SGR: ETRS89 en la Península, islas Baleares, Ceuta y Melilla, y REGCAN95 en las islas Canarias (ambos sistemas compatibles con WGS84). Proyección UTM en el huso correspondiente.
- Unidad descarga: toda España y por temáticas.
- Formato: *shapefile* (SHP).

5. BCN200

- Descripción: Base Cartográfica Nacional a escala 1:200.000.
- SGR: ETRS89. Coordenadas geográficas longitud y latitud.
- Unidad descarga: toda España y por provincias.
- Formato: *shapefile* (SHP).

6. BCN500

- Descripción: Base Cartográfica Nacional a escala 1:500.000.
- SGR: ETRS89. Coordenadas geográficas longitud y latitud.
- Unidad descarga: toda España y por capas temáticas.
- Formato: *shapefile* (SHP).

7. Cartografía base SIANE

- Descripción: bases cartográficas del Sistema de Información del Atlas Nacional de España (SIANE). Compatibles con los códigos del INE.
- SGR: ETRS89 y WGS84. Coordenadas geográficas longitud y latitud
- Unidad descarga: España, Europa y Mundo, escala 1:3.000.000 o inferiores.
- Formato: *shapefile* (SHP).

La base de datos de CORINE *Land Cover* se recomienda como la principal a emplear para la valoración de las presiones. Solo en aquellos casos en los que esta base de datos no sea útil (véase el apartado Cautelas), entonces se recurrirá al resto de base de datos.

Específicamente, y de gran interés por la diversidad de actividades que quedan incluidas dentro de esta categoría, se puede acceder al Catastro Minero a través del siguiente enlace: <http://www.minetad.gob.es/energia/mineria/Paginas/catastro.aspx>.

La consulta puede realizarse según tres tipos de búsqueda:

- Básica: permite consultar y visualizar los derechos mineros de una determinada comunidad autónoma o provincia y también filtrar por sección y sustancia.
- Avanzada: permite consultar y visualizar la información de los derechos mineros y explotaciones, buscando también por razón social, por tipo de derecho minero y por la situación legal del derecho.



- Cartográfica: permite seleccionar sobre el mapa el área geográfica que se desea consultar.

Por otro lado, resulta de interés revisar la información a nivel europeo relacionada con las superficies artificiales (*Land covered by artificial surfaces*), la cual puede encontrarse en los siguientes enlaces:

- http://ec.europa.eu/eurostat/en/web/products-datasets/-/LAN_LCV_ART
- http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=lan_lcv_art&lang=en%0D
- <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2007:344:0015:0043:ES:PDF>

Algunas referencias bibliográficas que pueden ayudar a entender la problemática de las actividades mineras son:

- Diagnóstico Estrategia Estatal IVCRE. 2016. Documentos científicos de apoyo para la elaboración de la Estrategia Estatal de Infraestructura Verde y de la Conectividad y Restauración Ecológicas.
- Observatorio de la Sostenibilidad en España. 2016. Cambios de ocupación del suelo en España. Implicaciones para la sostenibilidad. Universidad de Alcalá. <http://www.upv.es/contenidos/CAMUNISO/info/U0637086.PDF>
- MAPAMA. 2016. El Perfil Ambiental de España 2015. Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente. https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/publicaciones/perfil_ambiental_2015.aspx
- EEA. 2007. CLC2006 technical guidelines. European Environment Agency. Copenhagen. https://www.eea.europa.eu/publications/technical_report_2007_17
- Rutledge D. 2003. Landscape indices as measures of the effects of fragmentation: can pattern reflect process? Doc Science Internal Series 98. Wellington.

2. Indicar qué información de 1 aplica para determinar impactos en el tipo de hábitat

La propuesta consiste en cruzar la información espacial relativa a los tipos de hábitat con la información espacial relacionada con los elementos de artificialización del suelo que aparecen en las capas *shapefile* de las bases de datos del apartado anterior. Para ello, se debe trabajar en dos etapas:

1. Seleccionar la capa georreferenciada de los tipos de hábitat de interés a evaluar.
2. Seleccionar los elementos de artificialización del tipo de hábitat, a partir de las capas de las bases de datos anteriores.

Los principales elementos de artificialización de interés y las principales actividades mineras serán diferentes en función de la base de datos considerada.



1.-SIOSE

1) Coberturas simples

Tabla PA 3.1.3 Coberturas simples. Fuente: elaboración propia a partir de la base de datos SIOSE.

Cobertura artificial simple	Etiqueta	ID
Zonas de extracción o vertido	ZEV	131

2) Coberturas compuestas/predefinidas

Tabla PA 3.1.4 Coberturas compuestas/predefinidas. Fuente: elaboración propia a partir de la base de datos SIOSE.

Cobertura artificial compuesta/Predefinida	Etiqueta	ID
NO PREDEFINIDA		600
PREDEFINIDA		700
MOSAICO		600
Mosaico regular		600
Mosaico irregular		600
ASOCIACIÓN		600
Minero extractivo	PMX	833
Residuos		920
Vertederos y escombreras	NVE	921
Plantas de tratamiento	NPT	922

2.- CORINE Land Cover

Tabla PA 3.1.5 Niveles 1-4 de la base de datos CORINE Land Cover (CLC). Se recomienda trabajar siempre que sea posible con el Nivel 2, aunque para estudios de más detalle, los Niveles 3 y 4 pueden ser también muy útiles. Fuente: elaboración propia a partir de la base de datos CLC.

Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4
Superficies artificiales	Zonas de extracción minera, escombreras y en construcción	Zonas de extracción minera	Zonas de extracción minera
		Escombreras y vertederos	Escombreras y vertederos
		Zonas en construcción	Zonas en construcción



3.- BTN25, BTN100, BTN200, BTN500 (Información Topográfica en general)

Tabla PA 3.1.6 Fenómenos geográficos. Fuente: elaboración propia a partir de la base de datos de Información Topográfica BTN.

Código	Fenómeno Geográfico	SI/NO
01	Unidades Administrativas	X
02	Relieve	X
03	Hidrografía	X
04	Cultivos	X
05	Poblaciones y construcciones	SI
0540P/0540S	Explotación Minera	SI
01	MINA	SI
02	CANTERA	SI
03	GRAVERA	SI
04	OTROS	SI
06	Transportes/comunicaciones	NO
07	Conducciones/transmisiones	NO
08	Toponimia	X
09	Unidad de producción	X
10	Señales geodésicas	X

4.- Cartografía Base SIANE

Solo acceso a información no registrada en las bases de datos anteriores y muy puntualmente para:

- Elevaciones
- Hidrografía
- Unidades estadísticas
- Redes de transporte
- Unidades administrativas
- Nombres geográficos

5.- Determinar el tipo de actividad minera sobre el parche del tipo de hábitat considerado y sus principales impactos (tipos de actividades mineras)

- Productos de cantera
- Rocas ornamentales
- Minerales metálicos
- Productos energéticos
- Minerales industriales



3. Evaluar la sensibilidad del tipo de hábitat a las presiones y amenazas

Los impactos ambientales de las actividades de artificialización, responsables de una mayor o menor sensibilidad del tipo de hábitat, son enormemente diversos. Muchos de estos impactos están a su vez relacionados o incluidos dentro de otras presiones y amenazas más específicas. Por este motivo, se considera necesario revisar en primer lugar el marco general de impactos, para pasar a continuación a definir con precisión aquellos impactos específicos de cada presión (o amenaza) que no están incluidos o considerados por el resto de presiones (o amenazas).

De forma general, las actividades de artificialización generan los siguientes impactos sobre los tipos de hábitat:

- Destrucción del tipo de hábitat/fragmentación del tipo de hábitat
- Pérdida directa de biodiversidad
- Cambio climático
- Contaminación ambiental
- Contaminación atmosférica
- Erosión

En particular, los impactos derivados de las actividades mineras son fundamentalmente aquellos derivados de la destrucción/fragmentación del tipo de hábitat, así como la pérdida o eliminación directa de biodiversidad, la contaminación de aguas y suelos por metales pesados, así como los impactos hidrogeomorfológicos. Sin embargo, desde el punto de vista de la afectación del rango/superficie ocupada de los tipos de hábitat los principales impactos son:

- Destrucción directa del tipo de hábitat
- Fragmentación del territorio

Para evaluar la sensibilidad de los tipos de hábitat a estos dos impactos derivados de las actividades de minería, se recomienda utilizar índices espaciales que describan atributos de los parches y que contienen información relevante sobre la medida de la fragmentación. En particular se recomiendan índices de composición y forma.

Los pasos a seguir serían:

1. Determinar las variables cuantitativas óptimas a emplear en cada caso

Dependiendo del tipo de artificialización del suelo (zonas urbanas, industriales, mineras o verdes artificiales), así como de las características propias de cada caso individualmente, se debería seleccionar una o más de las siguientes medidas cuantitativas para evaluar la sensibilidad de cada tipo de hábitat a cada presión (o amenaza):

I. Composición del parche

1. Número de parches (Turner *et al.* 1989).
2. Tamaño medio de parche (McGarigal *et al.* 2002).
3. Índice del parche más grande (Forman 1995; Saura & Martínez-Millán 2001).
4. Densidad del parche (McGarigal & Marks 1995; Saura & Martínez-Millán 2001).



5. Índice de división (Jaeger 2000).
6. Tamaño de malla efectivo (Jaeger 2000).
7. Capacidad de transporte de parche media (Vos *et al.* 2001).
8. Área del core (McGarigal & Marks 1995; Schumaker 1996).
9. Índice del área del core (McGarigal & Marks 1995).

II. Forma del parche

1. Relación área-perímetro (McGarigal & Marks 1995).
2. Índice de forma (McGarigal & Marks 1995; Schumaker 1996).
3. Dimensión fractal (Krummel *et al.* 1987; Schumaker 1996).
4. Píxel al cuadrado.

2. Cálculo óptimo de dichas variables

El *software* FRAGSTATS⁷ ofrece estadísticas a nivel de parche, clase y paisaje (McGarigal & Marks 1995; McGarigal *et al.* 2002). Se trata de un *software* de libre acceso, compatible con ArcGIS de Esri y elaborado por el Laboratorio de Ecología del Paisaje en la Universidad de Massachusetts. Puede encontrarse toda la información, así como el acceso para la descarga del programa en el siguiente enlace: <http://www.umass.edu/landeco/research/fragstats/fragstats.html>

3. Tipificación de la sensibilidad del tipo de hábitat

En función de la magnitud del rango/superficie ocupada afectada del tipo de hábitat por las presiones y amenazas, Yin *et al.* (2017) propone que el umbral máximo permisible de pérdida del tipo de hábitat estaría entre 0-40%, dependiendo de la ocupación previa a la perturbación (o abundancia) de una especie determinada.

Consecuentemente con los anteriores autores, para evaluar la pérdida del tipo de hábitat en términos de rango/superficie ocupada, se propone cuantificar la Pérdida de Hábitat (*Habitat Loss* HL) como el 'número de parches' x 'tamaño medio de parche' antes (nivel base natural) y después de la actividad de artificialización.

Así, se puede establecer la siguiente clasificación de sensibilidad del tipo de hábitat a la presión (o amenaza).

Tabla PA 3.1.7 Umbrales críticos de sensibilidad del tipo de hábitat en función del índice de pérdida superficial del tipo de hábitat. Fuente: elaboración propia a partir de Yin *et al.* (2017).

	Umbrales críticos		
	H (alta)	M (media)	L (baja)
Índice de Pérdida de Hábitat (<i>Habitat Loss</i> HL)	> 40%	20-40%	< 20%

⁷ <http://www.umass.edu/landeco/pubs/mcgarigal.marks.1995.pdf>



4. Periodicidad en la aplicación de protocolos

El objetivo de la encuesta LUCAS⁸ (acrónimo de *Land Use and Cover Area frame Survey*) es reunir información armonizada sobre la cobertura y uso del suelo. La encuesta también proporciona información territorial para facilitar el análisis de las interacciones entre la agricultura, el medio ambiente y la gestión del territorio. Desde 2006, Eurostat ha llevado a cabo encuestas LUCAS cada tres años. El estudio del año 2006 fue considerado un estudio piloto y no se ha utilizado para producir estimaciones. Las encuestas más recientes se realizaron en 2009 y 2012.

Por tanto, coherentemente con lo anterior y siendo realistas, desde el punto de vista de la periodicidad en la aplicación de los protocolos, para el caso del rango/superficie ocupada, para las actividades mineras se recomienda una revisión trianual.

Tabla PA 3.1.8 Periodicidad recomendada en la aplicación de protocolos. Fuente: elaboración propia.

Periodicidad recomendada en la aplicación de protocolos	
Actividades mineras	3 años

5. Cautelas

Las cautelas de las actividades de artificialización del suelo en relación con el rango/superficie ocupada, pueden dividirse en dos grandes grupos:

1. Cautelas relacionadas con la escala/resolución de las bases de datos

Las cautelas que se deberían tener en cuenta según los subtipos de actividades de artificialización serían las siguientes (marcadas en rojo como riesgo potencial).

Tabla PA 3.1.9 Niveles 1-4 de la base de datos CORINE *Land Cover* (CLC) para las superficies artificiales con riesgo/cautela por la escala/resolución. Se recomienda trabajar siempre que sea posible con el Nivel 2, aunque para estudios de más detalle, los Niveles 3 y 4 pueden ser también muy útiles. Fuente: elaboración propia a partir de la base de datos CLC.

Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4
Superficies artificiales	Zonas de extracción minera, escombreras y en construcción	Zonas de extracción minera	Zonas de extracción minera
		Escombreras y vertederos	Escombreras y vertederos
		Zonas en construcción	Zonas en construcción

⁸ [http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/LUCAS - Land use and land cover survey](http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/LUCAS_-_Land_use_and_land_cover_survey)



De hecho, los proyectos CORINE *Land Cover* no reflejan algunos elementos lineales en su totalidad (solo los de ancho superior a 100 m). Para estos elementos, se recomienda acudir a alguna de las otras bases de datos.

2. Cautelas relacionadas con los indicadores

Las actividades de artificialización son tremendamente diversas en sus atributos. Por ello, se ha expuesto una amplia variedad de indicadores para cuantificar la presión (o amenaza) a escala de rango/superficie ocupada. Sin embargo, este hecho también debería suponer una cautela, pues puede dar lugar a una dispersión de la información, falta de homogeneidad y complejidad en su objetividad.

6. Referencias

- Forman R T T. 1995. Some general principles of landscape and regional ecology. *Landscape Ecology*. 10: 133-142.
- Jaeger J A G. 2000. Landscape division, splitting index, and effective mesh size: new measures of landscape fragmentation. *Landscape Ecology*. 15: 115-130.
- Krummel J R, Gardner R H, Sugihara G, O'Neill R V & Coleman P R. 1987. Landscape patterns in a disturbed environment. *Oikos*. 48(3): 321-324
- McGarigal K & Marks B J. 1995. FRAGSTATS: spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure. US Department of Agriculture, Forest Service, General Technical Report PNW-GTR-351.
- McGarigal K, Cushman S A, Neel M C & Ene E. 2002. FRAGSTATS: Spatial pattern analysis program for categorical maps, version 3.0. University of Massachusetts, Amherst. Massachusetts.
- Ministerio de Industria, Energía y Turismo. 2014. Estadística Minera de España.
- Saura S & Martínez-Millán J. 2001. Sensitivity of landscape pattern metrics to map spatial extent. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*. 67(9): 1027-1036.
- Schumaker N H. 1996. Using landscape indices to predict habitat connectivity. *Ecology*. 77(4): 1210-1225
- Turner M G, Dale V H & Gardner R H. 1989. Predicting across scales: Theory development and testing. *Landscape Ecology*. 3: 245-252.
- Vos C C, Verboom J, Opdam P F M & Ter Braak C J F. 2001. Towards ecologically scaled landscape indices. *American Naturalist*. 157(1): 24-41.
- Yin D, Leroux S & He F. 2017. Methods and models for identifying thresholds of habitat loss. *Ecography*. 40(1): 131-143.



PA 3.2. Procedimiento de presiones y amenazas (Actividades mineras): parámetro 'Estructura y función'

PROCEDIMIENTO DE PRESIONES Y AMENAZAS

PA 3. CAMBIOS DE USO-ARTIFICIALIZACIÓN DEL SUELO. ACTIVIDADES MINERAS

ESTRUCTURA Y FUNCIÓN

Para las actividades de minería y sus actividades asociadas parece razonable únicamente considerar los impactos derivados de la destrucción/fragmentación del tipo de hábitat, así como la pérdida o eliminación directa de biodiversidad.

- Elementos estructurales

Los elementos estructurales del ecosistema afectado por las actividades de minería y sus actividades asociadas pueden diferenciarse en elementos abióticos y elementos bióticos.

- Elementos estructurales abióticos

Las condiciones abióticas afectadas por la fragmentación vienen dadas por el cambio de uso del suelo, pasando de tipos de hábitat naturales o semi-naturales a suelos de uso antrópico. Estos cambios incluyen modificaciones en condiciones abióticas tales como luz, humedad, viento y suelo (Didham 1998; Saunders *et al.* 1991).

- Elementos estructurales bióticos

Hasta la fecha, el elemento estructural biótico de un tipo de hábitat por excelencia es la categoría de taxón o especie (criterio taxonómico). Cada especie responde de una manera diferente a la fragmentación. Las respuestas diferenciales reestructurarán la comunidad ecológica dentro de los parches, con frecuencia a un estado de menor riqueza de especies y alta abundancia relativa de especies generalistas (Harrison & Bruna 1999).

Algunos de estos cambios se producirán como consecuencia de los procesos intraespecíficos (ecología de las propias poblaciones) en respuesta a cambios de las condiciones abióticas. Otros cambios serán el resultado de los ajustes en las interacciones interespecíficas.

- Elementos funcionales

Las funciones ecosistémicas cuya afección se debe evaluar para cada una de las actividades de artificialización del suelo derivadas de zonas mineras, industriales y de transporte pueden observarse en la Tabla PA 3.2.1.



Tabla PA 3.2.1 Categorías y funciones ecosistémicas cuya afección se debe evaluar para cada una de las actividades de artificialización del suelo derivadas de zonas mineras, industriales y de transporte. Fuente: elaboración propia.

Categoría de función ecosistémica	Función ecosistémica
1) Servicios de apoyo	-Dispersión y reciclaje de nutrientes -Dispersión de semillas -Producción primaria -Tipos de hábitat para especies -Conservación de la diversidad genética
2) Servicios de aprovisionamiento	-Alimentos (incluyendo mariscos y carne de caza), cultivos, alimentos silvestres y especias -Agua -Minerales (incluyendo diatomita) -Farmacéuticos, bioquímicos y productos industriales -Energía (hidroeléctrica, combustibles de biomasa)
3) Servicios de regulación	-Captura y almacenamiento de carbono y regulación del clima -Descomposición de residuos y desintoxicación -Purificación de agua y del aire -Polinización de cultivos -Control de plagas y enfermedades
4) Servicios culturales	-Inspiración cultural, intelectual y espiritual -Experiencias de recreación (incluyendo ecoturismo) -Descubrimiento científico

1. Recopilación de fuentes de información y bases de datos

- Bases de datos sobre elementos estructurales abióticos (Suelo): CORINE *Land Cover* (CLC)
 - Descripción: mapa de ocupación del suelo en España escala 1:100.000 correspondiente al proyecto europeo CORINE *Land Cover*, versiones de 1990, 2000, 2006 y 2012.
 - SGR: ETRS89 en la Península, islas Baleares, Ceuta y Melilla, y WGS84 en las islas Canarias. Proyección UTM huso 30 extendido e islas Canarias en huso 28.
 - Unidad descarga: mapa de España.
 - Formato: *shapefile* (SHP).
- Bases de datos sobre elementos estructurales bióticos (Biodiversidad):
 - *Global Biodiversity Information Facility* (GBIF; <http://www.gbif.org/>). Todos los grupos taxonómicos. Escala global. Incluye datos georreferenciados de miles de especies a nivel global. Es un buen punto de partida para investigar la distribución de una especie en particular, aunque está sujeta a importantes sesgos de muestreo, por lo que la información siempre ha de ser revisada y completada con otras fuentes.



- *Integrated Digitized Biocollections* (iDigBio; <https://www.idigbio.org/>). Todos los grupos taxonómicos. Escala global. Contiene información adicional con la que complementar los datos de GBIF.
- eBird (<http://ebird.org/content/ebird/>). Aves. Escala global. Incluye información georreferenciada para un gran número de aves tanto nativas como invasoras.
- Anthos (<http://www.anthos.es>). Plantas vasculares. Escala nacional. Incluye fichas descriptivas y mapas de distribución para un gran número de plantas naturalizadas, incluyendo invasoras.
- Inventario Español de Especies Terrestres (IEET). Información cartográfica en cuadrículas de 10x10 km.
<https://www.miteco.gob.es/es/cartografia-y-sig/ide/descargas/biodiversidad/ieet.aspx>
- Inventarios Nacionales (<http://www.mapama.gob.es/>). Incluye una gran variedad de información sobre aves, mamíferos, invertebrados y flora vascular, si bien en la mayoría de los casos no se especifica si la especie es nativa o no, y no incluyen información espacial georreferenciada asociada.

En el caso de las actividades mineras, desde el punto de vista de la geomorfología, se debe considerar especialmente los modelos digitales de elevaciones. Se trata de información altimétrica que representa el relieve del territorio nacional, y en el caso de los datos LiDAR (*Light Detection and Ranging*), también de los elementos que sobre él se encuentran. Se puede acceder a esta información a través del siguiente enlace:

<http://centrodedescargas.cnig.es/CentroDescargas/index.jsp>.

LiDAR (LAZ 2x2 km)

- Descripción: información altimétrica de la nube de puntos LiDAR.
- SGR: ETRS89 en la Península, islas Baleares, Ceuta y Melilla, y REGCAN95 en las islas Canarias (ambos sistemas compatibles con WGS84). Proyección UTM en el huso correspondiente. Alturas ortométricas.
- Unidad descarga: superficies de 2x2 km de extensión.
- Formato: archivo LAZ (formato de compresión de ficheros LAS).

Modelo Digital del Terreno - MDT05

- Descripción: modelo digital del terreno con paso de malla de 5 m.
- SGR: ETRS89 en la Península, islas Baleares, Ceuta y Melilla, y REGCAN95 en las islas Canarias (ambos sistemas compatibles con WGS84). Proyección UTM en el huso correspondiente. También huso 30 extendido para hojas en los husos 29 y 31.
- Unidad descarga: hojas del MTN50.
- Formato: ASCII matriz ESRI (ASC).

Modelo Digital del Terreno - MDT25

- Descripción: modelo digital del terreno con paso de malla de 25 m.



- SGR: ETRS89 en la Península, islas Baleares, Ceuta y Melilla, y REGCAN95 en las islas Canarias (ambos sistemas compatibles con WGS84). Proyección UTM en el huso correspondiente. También huso 30 extendido para hojas en los husos 29 y 31.
- Unidad descarga: hojas del MTN50.
- Formato: ASCII matriz ESRI (ASC).

Modelo Digital del Terreno - MDT200

- Descripción: modelo digital del terreno con paso de malla de 200 m.
- SGR: ETRS89 en la Península, islas Baleares, Ceuta y Melilla, y REGCAN95 en las islas Canarias (ambos sistemas compatibles con WGS84). Proyección UTM en el huso correspondiente. También huso 30 extendido para hojas en los husos 29 y 31.
- Unidad descarga: por provincias.
- Formato: ASCII matriz ESRI (ASC).

En relación con la geomorfología, es muy importante destacar la utilidad del *software Natural Regrade GeoFluv*⁹, para la evaluación de impactos geomorfológicos así como el diseño de nuevos relieves, en especial derivados de actividades mineras.

Desde el punto de vista del control de la contaminación química de estas actividades de artificialización, se puede acudir a la Red de seguimiento de las aguas superficiales¹⁰. La cartografía incluida en este servicio contiene las estaciones de muestreo de los diferentes programas de control que componen la red de seguimiento de las aguas superficiales. El principal objetivo de los programas de control de las aguas superficiales es generar la información necesaria para llevar a cabo una gestión eficaz del estado de las masas de agua. Constituyen una herramienta básica para los gestores responsables de la toma de decisiones ya que permiten evaluar la efectividad de las medidas adoptadas y el grado de cumplimiento de los objetivos marcados.

La información asociada a la Red de seguimiento de las aguas superficiales es la siguiente:

- Título: red de seguimiento de las aguas superficiales.
- Suministro: se presentan nueve capas, una por cada programa de control de seguimiento.
- Cartografía digital (*shapefile*).
- Ficheros *Layer* de ArcGIS (LYR).
- PDF de información del servicio.
- Condiciones: esta información se puede usar de modo libre y gratuito siempre que se mencione al Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente (MAPAMA) como autor y propietario de la información de la siguiente manera: Fuente: Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente.
- Ámbito: nacional.
- Escala: cartografía digital 1:25.000.

⁹ <http://www.geofluv.com/home.html>

¹⁰ <https://www.miteco.gob.es/es/cartografia-y-sig/ide/descargas/agua/red-seguimiento-aguas-superficiales.aspx>



- Actualización: septiembre Año 2013.
- Formato: cartografía digital (SHP), metadatos y documentación adjunta.
- Disponibilidad: inventario de estaciones de muestreo que componen la red nacional de seguimiento de las aguas superficiales e información sobre si han sido muestreadas en 2013 o no.
- Aplicación de consulta y visualización: GeoPortal del Ministerio

Por otro lado, la información disponible en DATAGUA-2008¹¹ se corresponde con el inventario de presiones y amenazas a fecha 2008 realizado por las confederaciones hidrográficas, en aplicación del análisis de presiones (o amenazas) e impactos realizado en el primer ciclo (año 2008) de la aplicación de la Directiva Marco del Agua. Las presiones (o amenazas) sobre las que debe recogerse toda esta información son:

- Contaminación significativa originada por fuentes puntuales.
- Alteraciones morfológicas.
- Usos del suelo.
- Contaminación significativa originada por fuentes difusas.
- Otros tipos de incidencia antropogénica significativa.

Para el caso de las aguas subterráneas, existe la Red de control del estado químico de las aguas subterráneas¹². Se efectúa en todas las masas de agua subterránea, con objeto de complementar y validar el procedimiento de evaluación del impacto, así como facilitar información para la evaluación de las tendencias prolongadas como consecuencia de modificaciones de las condiciones naturales y de la actividad antropogénica. Dentro de los parámetros incluidos en el control de vigilancia, los metales pesados registrados son: hierro, manganeso, arsénico, mercurio, cadmio, cromo, cobre, plomo, cinc, níquel, berilio, cobalto, selenio, vanadio, bario.

La información asociada al estado químico de las masas de agua subterránea es la siguiente:

- Título: red de control del estado químico de las aguas subterráneas
- Suministro: Red de Control del Estado Químico.
- Condiciones: esta información se puede usar de modo libre y gratuito siempre que se mencione al MAPAMA como autor y propietario de la información de la siguiente manera:
Fuente: Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente.
- Ámbito: nacional.
- Escala: 1:50.000.
- Actualización: noviembre de 2011.
- Disponibilidad: ámbito nacional.
- Formato: cartografía digital ETRS89 (SHP) y documentación adjunta.

¹¹ <https://www.miteco.gob.es/es/cartografia-y-sig/ide/descargas/agua/datagua-2008.aspx>

¹² <https://www.miteco.gob.es/es/cartografia-y-sig/ide/descargas/agua/red-control-estado-quimico.aspx>



Otros sitios de interés: GeoPortal, Sistema de Información de Redes de seguimiento del estado e información hidrológica, IDE-Catálogo de metadatos y Descripción del servicio.

Algunas referencias bibliográficas de interés

- Estructura del tipo de hábitat: cambio de usos del suelo.
EEA. 2007. CLC2006 technical guidelines. European Environment Agency. Copenhagen. https://www.eea.europa.eu/publications/technical_report_2007
- Estructura del hábitat: biodiversidad.
Cardinale B J, Duffy J E, Gonzalez A, Hooper D U, Perrings C, Venail P, Narwani A, Mace G M, Tilman D, Wardle D A, Kinzig A P, Daily G C, Loreau M, Grace J B, Larigauderie A, Srivastava D S & Naeem S. 2012. Biodiversity loss and its impact on humanity. *Nature*. 486: 59-67.
- Función del tipo de hábitat: servicios ecosistémicos.
Millennium Ecosystem Assessment (MEA). 2005. *Ecosystems and Human Well-Being: Synthesis*. Island Press. Washington. 155 pp.
- Función del tipo de hábitat: procesos ecosistémicos y fragmentación.
Rutledge D. 2003. Landscape indices as measures of the effects of fragmentation: can pattern reflect process? *Doc Science Internal Series 98*. Wellington.
- Datos sobre las actividades de minería.
Ministerio de Industria, Energía y Turismo. 2014. *Estadística Minera de España*.

2. Indicar qué información de 1 aplica para determinar impactos en el tipo de hábitat

La propuesta consiste en cruzar la información espacial relativa a los tipos de hábitat con la información espacial relacionada con los elementos de artificialización del suelo que aparecen en las capas *shapefile* de las bases de datos del apartado anterior.

1. Seleccionar la capa georreferenciada de tipos de hábitat de interés a evaluar.
2. Seleccionar los elementos de artificialización del tipo de hábitat a partir de las capas anteriores (ver Tablas PA 3.1.3 – PA 3.1.6 de PA 3.1. Procedimiento de presiones y amenazas (Actividades mineras): parámetro 'Rango/Superficie ocupada').
3. Determinar los elementos estructurales (abióticos y bióticos) afectados a partir de las capas de suelo y biodiversidad (ver siguiente apartado).

Los principales elementos de artificialización de interés serán diferentes en función de la base de datos considerada (ver apartado 2 de PA 3.1. Procedimiento de presiones y amenazas (Actividades mineras): parámetro 'Rango/Superficie ocupada').



3. Evaluar la sensibilidad del tipo de hábitat a la presión-amenaza

1) Estructura ecosistémica

Los principales impactos relacionados con la presión o amenaza sobre la estructura de los tipos de hábitat sería la pérdida directa de biodiversidad, así como de los recursos abióticos del tipo de hábitat (suelo).

■ Pérdida directa de biodiversidad

Las tres dimensiones principales para medir la pérdida de biodiversidad (afección de la artificialización del suelo sobre la estructura de los ecosistemas: biota) son (Cardinale *et al.* 2012):

- Riqueza biológica: número de formas biológicas únicas, es decir, número de especies. Medido con el índice de Shannon-Weaver (Shannon & Weaver 1949).
- *Evenness*: equitatividad entre formas biológicas, es decir, entre especies. Medido con el índice de Pielou (Pielou 1975).
- Heterogeneidad: disimilaridad entre formas biológicas, es decir, entre especies (Urban *et al.* 1987).

■ Cambio de usos del suelo

Se propone la evaluación del cambio de uso a partir de la comparación temporal de los datos de superficie de CORINE *Land Cover* (CLC) en términos de porcentaje total de superficie modificada de uso para cada tipo de hábitat.

Los tipos de hábitat naturales y semi-naturales del CLC a cruzar con los de la Tabla PA 3.1.9 serían los que se muestran en la Tabla PA 3.2.2.

2) Función ecosistémica

Los principales impactos derivados de la minería y sus actividades asociadas sobre la función ecosistémicas serían los impactos hidrológicos sobre el tipo de hábitat.

Estimación precisa, con mayor nivel de complicación

Basándose en los umbrales máximos permisibles en suelos/aguas subterráneas, así como en umbrales relacionados con los impactos geomorfológicos e hidrológicos.

Los pasos a seguir serían:

1. Determinar el tipo de actividad minera sobre el parche del tipo de hábitat considerado (ver Figura PA 3.1.3).
2. Evaluar los principales impactos responsables de la sensibilidad del tipo de hábitat a la presión (o amenaza) en función del tipo de minería considerada.



- Pérdida irreversible de los tipos de hábitat.
- Fragmentación del tipo de hábitat.
- Disminución de la superficie del tipo de hábitat disponible para muchas especies (ver Tabla PA 3.1.7).
- Impactos geomorfológicos e hidrológicos.
- Consumo de agua y contaminación química de aguas y suelos.

Tabla PA 3.2.2 Niveles 1-3 de la base de datos CORINE Land Cover (CLC) para los bosques y áreas seminaturales y zonas húmedas. Se recomienda trabajar siempre que sea posible con el Nivel 2, aunque para estudios de más detalle, los Niveles 3 y 4 pueden ser también muy útiles. Fuente: elaboración propia a partir de la base de datos CORINE Land Cover.

Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3
Bosques y áreas seminaturales	Bosques	Bosques de hoja caduca
		Bosques de coníferas
		Bosques mixtos
	Matorral y asociaciones vegetales herbáceas	Pastos naturales
		Brezales y matorrales
		Vegetación esclerófila
		Matorral leñoso de transición
	Espacios abiertos con poca o ninguna vegetación	Playas, dunas y planicies arenosas
		Roca desnuda
		Áreas de vegetación dispersa
Zonas incendiadas		
Glaciares y nieve permanente		
Zonas verdes artificiales	Zonas verdes urbanas	
	Instalaciones deportivas y recreativas	
Zonas húmedas	Zonas húmedas de interior	Pantanos de interior
		Turberas
	Zonas húmedas costeras	Pantanos salados
		Salinas
		Pisos intertidales

3) Tipificación de la sensibilidad del tipo de hábitat

Pérdida de biodiversidad

En función de la magnitud de la estructura afectada del tipo de hábitat por la minería y sus actividades asociadas, se tienen:



- Criterio taxonómico: las categorías de sensibilidad van especie a especie, fijando los umbrales de manera diferencial en función del tipo de hábitat.
- Criterio ecológico: las categorías de sensibilidad van a nivel ecosistémico, fijando los umbrales de manera diferencial en función del tipo de hábitat.

Fragmentación del tipo de hábitat

La Agencia Europea de Medio Ambiente (AEMA) evalúa con la ayuda del CORINE *Land Cover* (CLC) las consecuencias de la urbanización, las infraestructuras y la actividad agrícola en la reducción de los ecosistemas, para lo cual ha empleado el índice de fragmentación antropogénica de Steenmans & Pinborg (2000). Este indicador plantea la fragmentación del espacio en términos de conectividad asumiendo varias operaciones de análisis espacial sustentadas en datos de tipo ráster. La fiabilidad de este índice ha sido comprobada a escala 1:100.000 para el análisis del territorio europeo, posteriormente, otros autores lo han aplicado a escala 1:50.000 resultando también fiable (Triviño *et al.* 2007).

La fórmula original del índice de fragmentación (IF) de Steenmans & Pinborg (2000) es la siguiente:

$$IF = psc / (ps/cs \cdot 16) \cdot (ps/16)$$

siendo 'psc' las celdillas sensibles conectadas, 'ps' las celdillas sensibles; y, 'cs' los complejos sensibles.

Steenmans & Pinborg (2000) emplean el Nivel 3 de CLC, compuesto por 44 clases, para calcular la fragmentación. Para ello, realizan una agregación de dichas clases con el propósito de simplificarlas en dos categorías:

- clases sensibles, correspondientes con los bosques y áreas semi-naturales;
- clases no sensibles, es decir, los espacios que aglutinan las actividades humanas (superficies artificiales), en consecuencia, donde se concentran los impactos y son fuente de amenazas sobre el medio natural. En esta última categoría también se han incluido las superficies de agua (zonas húmedas), que realmente tienen un carácter neutral, pero que no pueden ser consideradas como espacios sensibles al albergar comunidades vegetales y animales que no están vinculadas al medio terrestre pero que sin duda afectan a la continuidad geográfica de los tipos de hábitat.

Sin embargo, coincidiendo con otros autores (Triviño *et al.* 2007) se propone la normalización del índice de fragmentación. Para ello, se ha optado por realizar un reescalado de los valores en un rango de 0 a 100. La elección de estos valores no es arbitraria, lo que se pretende es que la nueva escala ordinal y de intervalos se ajuste lo máximo posible a la propuesta inicialmente por Steenmans & Pinborg (2000). Así, el índice de fragmentación normalizado (IFn) queda de la siguiente manera:

$$IFn = ((IF - m) 100) / (M - m)$$

siendo 'IF' el índice de fragmentación según Steenmans & Pinborg (2000), 'M' el valor máximo y 'm' el valor mínimo que adopta el índice dependiendo de los tamaños de celda y de celdilla empleados.



Los resultados del índice de fragmentación normalizado (IFn) se interpretan teniendo en cuenta una escala ordinal y de intervalos que clasifica los valores en cinco categorías (Triviño *et al.* 2007):

- Mínima: < 0,01
- Poca: 0,01-0,1
- Moderada: 0,1-1
- Fuerte: 1-10
- Extrema: 10-100

Adaptando lo anterior al protocolo establecido para el presente procedimiento, en función de la magnitud de la función afectada del tipo de hábitat por la presión, se puede establecer la siguiente clasificación (Tabla PA 3.2.3).

Tabla PA 3.2.3 Umbrales críticos de sensibilidad del tipo de hábitat en función del índice de fragmentación normalizado (IFn). Fuente: adaptada de Triviño *et al.* (2007).

	Umbrales Críticos IFn		
	H (alta)	M (media)	L (baja)
Índice de Fragmentación normalizado	> 10	0,1-10	< 0,1

La sensibilidad del tipo de hábitat por contaminación por metales pesados derivada de la minería metálica y la sensibilidad del tipo de hábitat por impactos hidrogeomorfológicos no pueden clasificarse en umbrales sin la previa determinación de los umbrales de referencia según la metodología descrita.

Contaminación por metales pesados derivada de la minería metálica

Una metodología recomendada para la cuantificación de los impactos de las actividades mineras como consecuencia de la contaminación por metales pesados puede encontrarse con extenso detalle en el Real Decreto 9/2005, de 14 de enero, por el que se establece la relación de actividades potencialmente contaminantes del suelo y los criterios y estándares para la declaración de suelos contaminados.

Para evaluar los resultados de elementos traza es necesario definir umbrales de referencia para los distintos elementos, un trabajo tan complicado que no existe una metodología estandarizada para definir estos umbrales (Mejuto 2011). Un buen principio es establecer los niveles naturales que presentan los suelos que vienen definidos como los contenidos de elementos traza presentes en un suelo que proceden del material originario y no han sido influenciados por actividades humanas contaminantes de carácter puntual (Mejuto 2011).

Sería necesario elegir un punto del territorio cercano a estas estructuras mineras que posea las mismas características pero que no se encuentre afectado por la actividad. A partir de este escenario, es necesario dar un conjunto de valores de referencia que permitan diferenciar con



garantía un suelo contaminado de otro que no lo está. Según Mejuto (2011), se podría realizar estableciendo los niveles de referencia en base a los valores superiores al percentil 95%.

Galán & Romero (2008) aportan esos valores de referencia para todas las cuencas de la península ibérica, los cuales pueden verse en la Tabla PA 3.2.4 y que servirían como punto de partida para considerar la sensibilidad del tipo de hábitat en cada caso particularmente.

Para el caso de la contaminación por metales pesados para los ecosistemas acuáticos, tanto aguas superficiales como subterráneas, los niveles de referencia se complican mucho más, debiendo hacer uso de la metodología de referencia propuesta por el Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente, individualizando para cada localización concreta. En concreto, atendiendo a la siguiente normativa específica: Real Decreto 817/2015, de 11 de septiembre, por el que se establecen los criterios de seguimiento y evaluación del estado de las aguas superficiales y las normas de calidad ambiental.

Una vez analizado el grado de contaminación del suelo, se debe decidir si es necesaria una actuación de descontaminación o no. En caso afirmativo, se han de barajar diferentes técnicas descontaminantes para aplicar la tecnología más adecuada. Estas se basan en la inmovilización, extracción o concentración de estos elementos (Camacho-Martínez 2013).

Impactos hidrogeomorfológicos

Se requiere la comparación del Modelo Digital del Terreno (MDT) antes y después de la actividad de artificialización derivada de zonas mineras, industriales y de transporte para evaluar el impacto ambiental y, por tanto, la sensibilidad sobre el tipo de hábitat. No pueden establecerse criterios cuantitativos para las categorías H (alta), M (media) y L (baja), ya que se trata de un proceso multifactorial, donde influyen variables tan individualizadas para cada caso como son el estado original antes de la actividad o la estabilidad geomorfológica de los materiales edáficos.

No obstante, se recomienda hacer uso de los modelos hidrológicos disponibles para estimar las 'descargas hidrográficas', o las variaciones de descarga para un determinado lugar de interés en una zona de captación. Estos modelos, relacionados con GeoFluv, incluyen 'RORB', 'RAFTS' y 'URBS', y se denominan 'Modelos de ruta de escorrentía' o simplemente 'Modelos de escorrentía' (*'runoff-routing models'*). Típicamente estos modelos pueden usarse para calcular el diseño de flujo reboses pico del almacén de agua en una mina hacia una divisoria de aguas o curso fluvial.



Tabla PA 3.2.4 Comparación de los valores de referencia (ppm) de los metales pesados derivada de la minería metálica en los distintos dominios geotectónicos y para el nivel superior del suelo. Fuente: adaptada de Galán & Romero (2008).

Nota: ZCI= Zona Centro Ibérica; ZOM= Zona Ossa Morena; ZSP= Zona Surportuguesa; ZBE= Béticas Externas; ZBI= Béticas Internas; Cgib= Campo Gibraltar; CGua Cuenca Guadalquivir.

	Andalucía	ZCI	ZOM	ZSP	ZBE	ZBI	CGib	CGua	Otras Cuencas
As	≤ 10	≤ 24	≤ 17	≤ 20	≤ 7	≤ 10	≤ 7	≤ 6	≤ 9
	10-36	24-33	17-24	20-30	7-9	10-17	7-10	6-9	9-13
	36-54	33-62	24-49	30-157	9-17	17-53	10-14	9-16	13-36
	> 54	> 62	> 49	> 157	> 17	> 53	> 14	> 16	> 36
Co	≤ 12	≤ 7	≤ 17	≤ 16	≤ 9	≤ 17	≤ 8	≤ 9	≤ 9
	12-24	7-12	17-21	16-20	9-12	17-21	8-13	9-11	9-11
	24-32	12-25	21-40	20-34	12-18	21-36	13-30	11-17	11-18
	> 32	> 25	> 40	> 34	> 18	> 36	> 30	> 17	> 18
Cr	≤ 70	≤ 49	≤ 79	≤ 85	≤ 47	≤ 85	≤ 64	≤ 66	≤ 53
	70-120	49-76	79-95	85-109	47-63	85-104	64-91	66-84	53-67
	120-144	76-128	95-156	109-209	63-97	104-193	91-176	84-100	67-94
	> 144	> 128	> 156	> 209	> 97	> 193	> 176	> 100	> 94
Cu	≤ 24	≤ 16	≤ 22	≤ 31	≤ 20	≤ 21	≤ 22	≤ 24	≤ 17
	24-48	16-25	22-31	31-41	20-28	21-27	22-32	24-33	17-23
	48-62	25-49	31-95	41-108	28-48	27-42	32-53	33-49	23-35
	> 62	> 49	> 95	> 108	> 48	> 42	> 53	> 49	> 35
Ni	≤ 29	≤ 26	≤ 45	≤ 27	≤ 24	≤ 35	≤ 23	≤ 30	≤ 23
	29-56	26-37	45-56	27-40	24-31	35-46	23-33	30-38	23-29
	56-69	37-60	56-61	40-62	31-50	46-95	33-71	38-42	29-46
	> 69	> 60	> 61	> 62	> 50	> 95	> 71	> 42	> 46
Pb	≤ 24	≤ 44	≤ 24	≤ 31	≤ 16	≤ 29	≤ 22	≤ 17	≤ 27
	24-67	44-56	24-34	31-41	16-23	29-38	22-27	17-24	27-37
	67-109	56-130	34-94	41-117	23-43	38-86	27-36	24-43	37-59
	> 109	> 130	> 94	> 117	> 43	> 86	> 36	> 43	> 59
Zn	≤ 56	≤ 45	≤ 57	≤ 72	≤ 38	≤ 79	≤ 37	≤ 56	≤ 57
	56-119	45-62	57-81	72-90	38-55	79-101	37-55	56-70	57-77
	119-145	62-165	81-226	90-134	55-83	101-107	55-107	70-89	77-115
	> 145	> 165	> 226	> 134	> 83	> 107	> 107	> 89	> 115

Tabla PA 3.2.5 Intervalos representados para representar los fondos geoquímicos y anomalías en las cuencas de la península ibérica. Fuente: adaptada de Galán & Romero (2008).

Andalucía	Mapas geológicos provinciales
≤ Mediana 50%	≤ LMS
Mediana - P90	> LMS y ≤ b
P90 - P95	> b y ≤ P90
> P95	> P90



Estimación simple, más directa, con menor nivel de complicación

Los pasos a seguir serían:

- Determinar el tipo de actividad minera sobre el parche del tipo de hábitat considerado (ver Tablas PA 3.1.3 – PA 3.1.6).
- Asignar un valor de potencial impacto ambiental en función de su producción (total o anual) (Tabla PA 3.2.6).

Tabla PA 3.2.6 Clasificación de la minería en función de la sensibilidad del tipo de hábitat. Fuente: elaboración propia a partir del Atlas Nacional de España. Mapa Minero. Instituto Tecnológico GeoMinero de España 1993.

	H (alta)	M (media)	L (baja)
PRODUCTOS ENERGÉTICOS			
Carbón (tn mineral)	< 10·10 ⁶	10·10 ⁶ - 1000·10 ⁶	> 1000·10 ⁶
Petróleo (m ³)	< 15·10 ⁶	15·10 ⁶ - 1000·10 ⁶	> 1000·10 ⁶
Gas (m ³)	< 50·10 ⁹	50·10 ⁹ - 50·10 ¹²	> 50·10 ¹²
PRODUCTOS DE CANTERA			
Arcilla (tn mineral)*	< 50 000	50 000 – 150 000	> 150 000
MINERALES METÁLICOS⁽¹⁾			
Estaño (tn Sn)	< 2000	2000 - 25 000	> 25 000
Wolframio (tn WO ₃)	< 2000	2000 - 25 000	> 25 000
Cobre (tn Cu)	< 10 000	10 000 - 250 000	> 250 000
Plomo-Zinc (tn Pb-Zn)	< 50 000	50 000 - 1 000 000	> 1 000 000
Oro (tn Au)	< 5	5 - 100	> 100
MINERALES INDUSTRIALES			
Hierro (tn mineral)	< 20·10 ⁶	20·10 ⁶ - 1000·10 ⁶	> 1000·10 ⁶
Cuarzo (tn mineral)	< 2·10 ⁶	2·10 ⁶ - 20·10 ⁶	> 20·10 ⁶
Feldespato (tn mineral)	< 200 000	200 000 - 5·10 ⁶	> 5·10 ⁶
Glauberita-Thernardita (tn mineral)	< 200 000	200 000 - 2·10 ⁶	> 2·10 ⁶
Potasa (tn mineral)	< 2·10 ⁶	< 2·10 ⁶ - 200·10 ⁶	> 200·10 ⁶
Sal gema (tn mineral)	< 1·10 ⁶	1·10 ⁶ - 200·10 ⁶	> 200·10 ⁶
ROCAS ORNAMENTALES			
Granito (tn mineral)*	< 8000	8000 - 20 000	> 20 000
Mármol/Caliza marmórea (tn mineral)*	< 8000	8000 - 20 000	> 20 000
Pizarra (tn mineral)*	< 4000	4000 - 8000	> 8000

*Producción anual.

¹ Anexo I. Actividades potencialmente contaminantes del suelo. "Extracción de minerales metálicos no féreos, excepto minerales de uranio y torio" (CNAE93-Rev1: 13,20). Real Decreto 9/2005, de 14 de enero, por el que se establece la relación de actividades potencialmente contaminantes del suelo y los criterios y estándares para la declaración de suelos contaminados.



4. Periodicidad en la aplicación de protocolos

Coherentemente con lo expuesto en PA 3.1. en relación al programa LUCAS, y siendo realistas con la relación coste-beneficio, desde el punto de vista de la periodicidad en la aplicación de los protocolos, para las zonas mineras, industriales y de transporte se recomienda una revisión trianual.

Tabla PA 3.2.7 Periodicidad recomendada en la aplicación de protocolos. Fuente: elaboración propia.

Periodicidad recomendada en la aplicación de protocolos	
Actividades mineras	3 años

No obstante, dados los rápidos cambios y alteraciones sobre los tipos de hábitat derivados de los impactos de contaminación química por metales pesados de suelos y aguas, así como las modificaciones hidrogeomorfológicas, una revisión anual podría generar una imagen de una realidad tan dinámica mucho más ajustada a los procesos antrópicos considerados (ver apartado Cautelas).

5. Cautelas

Cautela I. Ausencia de información espacialmente referenciada

No existe (o es de muy mala calidad) información georreferenciada a día de hoy para la cartografía de la biodiversidad, por lo que se debería de realizar una cartografía específica para la zona considerada en cada caso. Para los procesos ecosistémicos, la situación puede complicarse aún más dependiendo del tipo de funcionalidad considerada (dada la enorme diversidad).

Cautela II. Alternativas a la aproximación taxonómica

Hasta el momento la mayor parte del estudio sobre fragmentación por parte de las actividades de artificialización ha estado orientado desde el punto de vista taxonómico, con un elevado número de estudios sobre aves, o bien a través de una medida global de la pérdida de biodiversidad mediante índices tales como:

- Riqueza biológica: número de formas biológicas únicas, es decir, número de especies. Medido con el índice de Shannon-Weaver (Shannon & Weaver 1949).
- *Evenness*: equitatividad entre formas biológicas, es decir, entre especies. Medido con el índice de Pielou (Pielou 1975).
- Heterogeneidad: disimilaridad entre formas biológicas, es decir, entre especies (Urban *et al.* 1987).

En lugar de esta aproximación taxonómica se propone:

1. Medida de la relación entre fragmentación y biota en términos de los procesos intraespecíficos básicos de las poblaciones:



- Crecimiento poblacional
- Reproducción
- Mortalidad
- Procesos de dispersión (inmigración y emigración)
- Medida de los correspondientes procesos interespecíficos (análogo a lo anterior)

2. Medida de los correspondientes procesos interespecíficos (análogo a lo anterior)

Cautela III. Problemas derivados de la multifactorialidad

La medida de la sensibilidad de un tipo de hábitat determinado a las actividades de artificialización a nivel de estructura y función de dicho tipo de hábitat, dependen enormemente de las características de los elementos estructurales y funcionales del mismo. Crear un protocolo estándar se plantea como un reto muy complejo, si no imposible, de modo que probablemente sería mucho más realista trabajar con categorías o grupos de especies.

Cautela IV. Heterogeneidad espacial derivada del efecto borde

La fragmentación de un ecosistema altera los *inputs* y *outputs* de los recursos físicos (estructura), así como la funcionalidad del número, forma y configuración de los parches resultantes. El nivel de afección frecuentemente disminuye a lo largo de un gradiente desde el borde de un parche hacia el interior. Para cuantificar esta relación, un parche es típicamente dividido entre áreas de core (centro) y borde (Forman 1995; Morrison *et al.* 1992). La relación área-perímetro puede dar una buena idea de la incidencia de este efecto borde.

Los cambios en el uso del suelo provocados por la artificialización no son homogéneos espacialmente. La fragmentación crea más borde de parches naturales, y el nuevo borde es frecuentemente adyacente a estructuras físicamente más abiertas. Las áreas de borde tienden a recibir mayor cantidad de radiación solar. La radiación solar puede producir temperaturas más elevadas y condiciones más secas, particularmente cuando se emparejan con corrientes de aire procedentes de áreas abiertas. Los mismos procesos pueden afectar también a las condiciones del suelo a través del calentamiento y secado.

Cautela V. Diversidad de impactos sobre los tipos de hábitat

Dentro de las actividades de artificialización, las zonas mineras, industriales y de transporte ejercen presiones (o amenazas) sobre los tipos de hábitat tremendamente diversas. Este hecho dificulta, cuando no imposibilita, la estandarización metodológica dentro del presente procedimiento. Los efectos de los metales pesados, por ejemplo, son tremendamente variables teniendo en cuenta multitud de factores, como el tipo de materiales edáficos donde se producen (pH, textura, o composición química, por ejemplo), o las características específicas de cada uno de esos metales.



Cautela VI. Velocidad de cambio de los impactos hidrogeomorfológicos

Las actividades mineras, industriales y de transporte que provocan cambios en los factores hidrogeomorfológicos del entorno, en general, causan una modificación muy rápida en el tiempo (ver apartado Periodicidad en la aplicación de protocolos). Este hecho limita la capacidad de seguimiento a determinadas escalas.

6. Referencias

Camacho-Martínez F J. 2013. Biorremediación de zonas contaminadas por hidrocarburos empleando hongos comestibles: efecto del antraceno sobre el crecimiento in vitro de *Pleurotus ostreatus*. Ph.D. Thesis.

Cardinale B J, Duffy J E, Gonzalez A, Hooper D U, Perrings C, Venail P, Narwani A, Mace G M, Tilman D, Wardle D A, Kinzig A P, Daily G C, Loreau M, Grace J B, Larigauderie A, Srivastava D S & Naeem S. 2012. Biodiversity loss and its impact on humanity. *Nature*. 486: 59–67.

Didham R K. 1998. Altered leaf-litter decomposition rates in tropical forest fragments. *Oecologia*. 116(3): 397-406.

Forman R T T. 1995. Some general principles of landscape and regional ecology. *Landscape Ecology*. 10: 133-142.

Galán E H & Romero A B. 2008. Contaminación de suelos por metales pesados. *Macla*. 10: 48-60.

Harrison S & Bruna E. 1999. Habitat fragmentation and large-scale conservation: What do we know for sure? *Ecography*. 22(3): 225–232.

Mejuto M M. 2011. Afectación de la minería del carbón en las propiedades físicas y químicas de los suelos de la cuenca hidrográfica del río Rodrigatos (El Bierzo, León). Tesis doctoral. Universidad Complutense de Madrid. Madrid.

Morrison M L, Marcot B G & Mannan R W. 1992. Wildlife-habitat relationships: concepts and applications. The University of Wisconsin Press. Madison. Wisconsin

Pielou E C. 1975. Ecological diversity. John Wiley & Sons. New York.

Saunders D A, Hobbs R J & Margules C R. 1991. Biological consequences of ecosystem fragmentation: a review. *Conservation Biology*. 5(1): 18-32.

Shannon C E & Weaver W. 1949. The mathematical theory of communication. University of Illinois Press. Urbana. Illinois.

Steenmans C & Pinborg U. 2000. Anthropogenic fragmentation of potential semi-natural and natural areas. In: From land cover to landscape diversity in the European Union. European Commission - DG AGRI, EUROSTAT and the Joint Research Centre (Ispra) - and the European Environmental Agency. <http://europa.eu.int/comm/agriculture/publi/landscape/ch5.htm>

Triviño A P, Vicedo M M & Soler G C. 2007. Análisis de sensibilidad a factores de escala y propuesta de normalización del Índice de Fragmentación de hábitats empleado por la Agencia Europea de Medio Ambiente. *GeoFocus*. 7: 148-170.

Urban D L, O'Neill R V & Shugart H H. 1987. Landscape ecology. *Bioscience*. 37(2): 119–127.



PA 3.3. Procedimiento de presiones y amenazas (Urbanas): parámetros 'Rango/Superficie ocupada' y 'Estructura y función'

Para este caso concreto se ha creado un único procedimiento que sintetiza el procedimiento para evaluar tanto las presiones como las amenazas de los usos irreversibles relacionados con las zonas urbanas, industriales, comerciales y de transporte sobre los parámetros 'Rango/Superficie ocupada' y 'Estructura y función'. Es necesario tener en cuenta los procedimientos anteriores (PA 3.1. y PA 3.2.) para completar la información del procedimiento siguiente.

PROCEDIMIENTO DE PRESIONES Y AMENAZAS

PA 3. CAMBIOS DE USO-ARTIFICIALIZACIÓN DEL SUELO - ZONAS URBANAS, INDUSTRIALES, COMERCIALES Y DE TRANSPORTE

RANGO/SUPERFICIE OCUPADA – ESTRUCTURA Y FUNCIÓN

Las zonas urbanas son áreas principalmente ocupadas por viviendas y edificios destinados a colectividades o servicios públicos/administrativos, incluyendo sus áreas asociadas (terrenos asociados, carreteras de acceso, aparcamientos).

Las zonas industriales, comerciales y de transporte son áreas principalmente ocupadas por actividades industriales de fabricación y transformación, comercio, actividades financieras y servicios, infraestructuras de transporte por carretera y redes ferroviarias, instalaciones aeroportuarias, instalaciones de puertos de río o marítimos, incluyendo sus terrenos asociados e infraestructuras de acceso. Incluye instalaciones ganaderas industriales.

En adelante, las zonas urbanas y las zonas industriales, comerciales y de transporte se denominarán como zonas urbanas y asociadas.

Pese a que, en España, las superficies relativas a estas zonas representan un pequeño porcentaje de la superficie total del país, las zonas urbanas y asociadas son, con mucho, las que han experimentado un crecimiento más fuerte debido a la presión de los procesos inmobiliarios y la extensión de las redes de infraestructuras. Además, a pesar de su relativa reducida extensión total, las zonas urbanas y asociadas suponen un fuerte impacto territorial y concentran una carga ambiental muy importante con relación al consumo de recursos y generación de emisiones y residuos.

Los tejidos urbanos, y en especial los tejidos urbanos discontinuos son los que ocupan mayor cantidad de territorio, mientras que los usos relacionados con la expansión residencial difusa, esto es, autopistas, y nuevas centralidades de carácter suburbano (zonas terciarias, comerciales, deportivas y recreativas) son los que han crecido con más intensidad en los últimos 30 años.

La Tabla PA 3.3.1 muestra la tendencia experimentada entre los años 1990-2012 para las zonas urbanas y asociadas:



Tabla PA 3.3.1 Tendencias de las zonas urbanas y asociadas, según los datos del proyecto CLC2012 (1990-2012). Cambios en ocupación de las zonas artificiales entre 1990-2000, 2000-2006, 2006-2012 (%). Clasificación CLC Nivel 2. Fuente: elaboración propia a partir del Diagnóstico Estrategia Estatal IVCRE 2016.

Cobertura	1990 - 2000	2000 - 2006	2006 - 2012
Zonas urbanas	15,0%	22,4%	8,3%
Zonas industriales, comerciales y de transportes	48,9%	75,2%	17,5%

Definición de la presión sobre los tipos de hábitat

Este tipo de superficies artificiales en España se han extendido mucho en los últimos años, especialmente en el entorno de las grandes ciudades y en la franja costera. Así, las principales presiones actuales sobre los tipos de hábitat derivados de las actividades de artificialización de zonas urbanas y asociadas se muestran a continuación.

1. Los procesos urbanos 'consumen' en mayor medida suelo en zonas agrícolas.
2. El crecimiento de las superficies artificiales lleva aparejado un proceso de 'litoralización', es decir, de urbanización del litoral, sobre todo del mediterráneo, y de las islas.
3. El problema más grave en las regiones interiores de España no es el del agotamiento del suelo, puesto que las superficies artificiales tan solo suponen hoy día el 2,5% de la superficie del país. El mayor problema es el modelo de urbanización discontinua y acelerado que va ocupando fragmentariamente espacios cada vez más alejados de los centros urbanos, provocando:
 - Un aumento de la superficie realmente afectada (la que se percibe, se mezcla con infraestructuras de todo tipo y se cruza cotidianamente en todas direcciones).
 - Un incremento de la longitud de los viajes y los consumos de energía, liberando cantidades ingentes de contaminantes, al tiempo que exige nuevas aportaciones de recursos naturales, especialmente agua, cuya disponibilidad es un factor cada vez más limitante de una expansión urbana carente de una adecuada planificación y alejada de los criterios de sostenibilidad.

Definición de las amenazas sobre los tipos de hábitat

La dinámica reciente de los suelos artificiales en España se explica a través de los procesos de transformación del sistema urbano y productivo. Procesos muy activos en las últimas décadas han quedado reflejados en nuevos tipos de ocupaciones del suelo, en respuesta a las demandas de una nueva sociedad, y que se caracterizarían por las siguientes amenazas futuras:

- a. Desarrollo de redes de infraestructuras y revolución de la movilidad.
- b. Aumento de la motorización.
- c. Generalización de desarrollos residenciales de baja densidad.
- d. Fragmentación en la expansión de las grandes áreas urbanas.



- e. Cambio del modelo socio-económico de los hogares.
- f. Establecimiento del modelo residencial.
- g. Nueva asignación de usos del suelo en los ámbitos urbanos.

Impactos ambientales derivados de las amenazas consideradas

En concreto, la ocupación del suelo para la realización de infraestructuras y, sobre todo, para la expansión de zonas urbanas, tiene consecuencias muy graves sobre los tipos de hábitat naturales, que con frecuencia son irreversibles. La creación de superficies artificiales del tipo zonas urbanas y asociadas provoca:

- a. Pérdida irreversible y directa de biodiversidad.
- b. Fragmentación de los tipos de hábitat.
- c. Disminución de la superficie total del tipo de hábitat disponible para muchas especies.

1. Recopilación de fuentes de información y bases de datos

Dentro del Sistema de Información sobre Ocupación del Suelo de España (SIOSE), se pueden encontrar ocho tipos de información georreferenciada de utilidad para trabajar en las amenazas de estas actividades de artificialización. A las siete fuentes de información ya mencionadas en PA 3.1. Procedimientos de presiones y amenazas (Actividades mineras): parámetro 'Rango/Superficie ocupada', habría que añadir aquí la siguiente base de datos:

CartoCiudad:

- Descripción: red viaria urbana e interurbana con continuidad topológica asegurada en toda España.
- SGR: ETRS89. Coordenadas geográficas longitud y latitud.
- Unidad de descarga: provincia.
- Formato: shapefile (SHP).

Por otro lado, resulta de interés revisar la información a nivel europeo relacionada con las superficies artificiales (*Land covered by artificial surfaces*), la cual puede encontrarse en los siguientes enlaces:

- http://ec.europa.eu/eurostat/en/web/products-datasets/-/LAN_LCV_ART
- http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=lan_lcv_art&lang=en%0D
- <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2007:344:0015:0043:ES:PDF>

2. Indicar qué información de 1 aplica para determinar impactos en el tipo de hábitat

La propuesta consiste en cruzar la información espacial relativa a los tipos de hábitat con la información espacial relacionada con las actividades urbanas y asociadas que aparecen en las capas *shapefile* de las bases de datos del apartado anterior (y las propuestas en los procedimientos PA 3.1. y PA 3.2.). Para ello, se debe trabajar en cuatro etapas:



1. Seleccionar la capa georreferenciada de los tipos de hábitat de interés a evaluar.
2. Seleccionar las actividades urbanas y asociadas que se encuentran afectando a los tipos de hábitat considerados.
3. Determinar el tipo de actividad urbano y asociado sobre el parche del tipo de hábitat considerado y sus principales impactos.
4. Cuantificar los impactos sobre el rango/superficie ocupada de los tipos de hábitat.

Las principales actividades urbanas y asociadas serán diferentes en función de la base de datos considerada.

1. CartoCiudad

Tabla PA 3.3.2 Tipos de fenómenos y grupos temáticos a considerar para la base de datos CartoCiudad. Fuente: elaboración propia.

Tipo de fenómeno	Grupo temático
Comunidad autónoma	
Provincia	Unidades administrativas
Municipio	
Manzana	
Parcela	
Construcción	Fondo urbano
Línea auxiliar	
Topónimo	
Vial	
Tramo	Vial
Cruce	
Portal o PK	Portal o punto kilométrico
Código postal	Código postal
Sección censal	
Distrito censal	Sección y distrito censal

2. SIOSE

2.1) Coberturas simples

Tabla PA 3.3.3 Coberturas simples de la base de datos SIOSE. Fuente: elaboración propia a partir del SIOSE.

Cobertura artificial simple	Etiqueta	ID
Edificación	EDF	101
Lámina de agua artificial	LAA	103
Vial, aparcamiento o zona peatonal sin vegetación	VAP	104
Otras construcciones	OCT	111
Suelo no edificado	SNE	121



2.2) Coberturas compuestas/predefinidas

Tabla PA 3.3.4 Coberturas compuestas/predefinidas de la base de datos SIOSE. Fuente: elaboración propia a partir del SIOSE.

Cobertura artificial compuesta/predefinida	Etiqueta	ID
NO PREDEFINIDA		600
PREDEFINIDA		700
MOSAICO		600
Mosaico regular		600
Mosaico irregular		600
ASOCIACIÓN		600
Dehesas	DHS	701
Olivar viñedo	OVD	702
Asentamiento agrícola residencial	AAR	703
Huerta familiar	UER	704
Artificial compuesto		800
Urbano mixto		810
Casco	UCS	811
Ensanche	UEN	812
Discontinuo	UDS	813
Industrial		820
Polígono industrial ordenado	IPO	821
Polígono industrial sin ordenar	IPS	822
Industria aislada	IAS	823
Terciario		840
Comercial y oficinas	TCO	841
Complejo hotelero	TCH	842
Parque recreativo	TPR	843
Camping	TCG	844
Equipamiento/dotacional		850
Administrativo institucional	EAI	851
Sanitario	ESN	852
Cementerio	ECM	853
Educación	EDU	854
Penitenciario	EPN	855
Religioso	ERG	856
Cultural	ECL	857
Deportivo	EDP	858
Campo de golf	ECG	859
Infraestructuras		
Transporte		
Red Vía	NRV	881

Continúa en la siguiente página ►



Cobertura artificial compuesta/predefinida	Etiqueta	ID
Red Ferroviaria	NRF	882
Portuario	NPO	883
Aeroportuario	NAP	884
Energía		890
Eólica	NEO	891
Solar	NSL	892
Nuclear	NCL	893
Eléctrica	NEL	894
Térmica	NTM	895
Hidroeléctrica	NHD	896
Gaseoducto/oleoducto	NGO	897
Telecomunicaciones	NTC	900
Suministro de agua		910
Depuradoras y potabilizadoras	NDP	911
Desalinizadoras	NDS	913
Conducciones y canales	NCC	912

3. CORINE Land Cover

Tabla PA 3.3.5 Niveles 1-4 de la base de datos CORINE Land Cover. Se recomienda trabajar siempre que sea posible con el Nivel 2, aunque para estudios de más detalle, los Niveles 3 y 4 pueden ser también muy útiles. Fuente: elaboración propia a partir del SIOSE.

Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4	
Superficies artificiales	Zonas urbanas	Tejido urbano continuo	Tejido urbano continuo	
		Tejido urbano discontinuo	Estructura urbana abierta	
	Zonas industriales, comerciales y de transporte	Zonas industriales o comerciales	Urbanizaciones exentas y/o ajardinadas	Zonas industriales
			Grandes superficies de equipamientos y servicios	
		Redes viarias, ferroviarias y terrenos asociados	Autopistas, autovías y terrenos asociados	
			Complejos ferroviarios	
Zonas portuarias y aeroportuarias	Zonas portuarias			
	Aeropuertos			



4. BTN25, BTN100, BTN200, BTN500 (Información Topográfica en general)

Tabla PA 3.3.6 Fenómenos geográficos de la base de datos de Información Topográfica BTN. Fuente: elaboración propia a partir de la BTN.

Código	Fenómeno Geográfico	SI/NO
01	Unidades administrativas	X
02	Relieve	X
03	Hidrografía	X
04	Cultivos	X
05	Poblaciones y construcciones	SI
06	Transportes/comunicaciones	SI
07	Conducciones/transmisiones	SI
08	Toponimia	X
09	Unidad de producción	X
10	Señales geodésicas	X

5. Cartografía base SIANE

Solo acceso a información no registrada en las bases de datos anteriores y muy puntualmente para las siguientes variables:

- Elevaciones
- Hidrografía
- Unidades estadísticas
- Redes de transporte
- Unidades administrativas
- Nombres geográficos

Determinar el tipo de actividad urbana y asociada sobre el parche del tipo de hábitat considerado y sus principales impactos.

Tipos de actividades urbanas:

- Zonas urbanas
- Zonas industriales
- Zonas comerciales
- Zonas de transporte



Cuantificar los impactos sobre el rango/superficie ocupada de los tipos de hábitat.

De la amplia diversidad de índices existentes, se recomienda por su simplicidad usar la combinación de dos índices de composición del parche:

- Número de parches (Turner *et al.* 1989).
- Tamaño medio de parche (McGarigal *et al.* 2002).

3. Evaluar la sensibilidad del tipo de hábitat a las presiones y amenazas

Tomar como referencia lo propuesto en PA 3.1. Procedimiento de presiones y amenazas (Actividades mineras): parámetro 'Rango/Superficie ocupada' y PA 3.2. Procedimiento de presiones y amenazas (Actividades mineras): parámetro 'Estructura y función'.

4. Periodicidad en la aplicación de protocolos

Como en los procedimientos relativos a cambios de uso irreversibles ligados a la minería y siendo realistas con la relación coste-beneficio, se recomienda una periodicidad trienal en la aplicación de los protocolos, para las zonas urbanas y asociadas. Esta recomendación está basada en la periodicidad definida para la encuesta LUCAS¹³, que reúne información armonizada sobre la cobertura y uso del suelo.

Tabla PA 3.3.7 Periodicidad recomendada en la aplicación de protocolos. Fuente: elaboración propia basada en la periodicidad definida para realizar la encuesta LUCAS.

	Periodicidad recomendada en la aplicación de protocolos
Zonas urbanas	3 años
Zonas industriales, comerciales y de transporte	3 años

5. Cautelas

Las cautelas de las actividades derivadas de zonas urbanas y asociadas en relación con el rango/superficie ocupada, pueden dividirse en dos grandes grupos, cautelas relacionadas con la escala/resolución y cautelas relacionadas con los indicadores.

¹³ [http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/LUCAS - Land use and land cover survey](http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/LUCAS_-_Land_use_and_land_cover_survey)



Tabla PA 3.3.8 Niveles 1-4 de la base de datos CORINE *Land Cover* para las superficies artificiales con riesgo/cautela por la escala/resolución. Se recomienda trabajar siempre que sea posible con el Nivel 2, aunque para estudios de más detalle, los Niveles 3 y 4 pueden ser también muy útiles. Fuente: elaboración propia a partir del proyecto CORINE *Land Cover*.

Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4
		Tejido urbano continuo	Tejido urbano continuo
	Zonas urbanas	Tejido urbano discontinuo	Estructura urbana abierta
			Urbanizaciones exentas y/o ajardinadas
Superficies artificiales		Zonas industriales o comerciales	Zonas industriales
	Zonas industriales, comerciales y de transporte		Grandes superficies de equipamientos y servicios
		Redes viarias, ferroviarias y terrenos asociados	Autopistas, autovías y terrenos asociados
			Complejos ferroviarios
		Zonas portuarias y aeroportuarias	Zonas portuarias
			Aeropuertos

En cuanto a la estructura y función habría que tener en cuenta los limitantes del índice de fragmentación, donde el tamaño de la celda de cálculo dependerá de la extensión y forma del espacio geográfico objeto de estudio y de la escala de trabajo que se considere apropiada para llevarlo a buen término. Steenmans & Pinborg (2000) han experimentado con celdas de 25x25 km a escala europea observando poca representatividad en el índice, mientras que ocurre todo lo contrario con celdas de 5 y 10 km de lado. Cabe indicar que el espacio geográfico no puede ser compartimentado en celdas menores de 1x1 km sin que previamente se realicen modificaciones en la fórmula. El índice ha sido evaluado a una resolución espacial de 250 m correspondiente con el mosaico a pequeña escala elaborado por la AEMA (Agencia Europea de Medio Ambiente) mediante la rasterización del inventario de usos en formato vectorial. La norma consiste en emplear los usos del suelo a esta resolución espacial y combinarlos con una malla compuesta por celdas de cálculo cuyo tamaño sí puede variar.

6. Referencias

McGarigal K, Cushman S A, Neel M C & Ene E. 2002. FRAGSTATS: Spatial pattern analysis program for categorical maps, version 3.0. University of Massachusetts, Amherst. Massachusetts.

Steenmans C & Pinborg U. 2000. Anthropogenic fragmentation of potential semi-natural and natural areas. In: From land cover to landscape diversity in the european union. European Commission - DG AGRI, EUROSTAT and the Joint Research Centre (Ispra) - and the European Environmental Agency. <http://europa.eu.int/comm/agriculture/publi/landscape/ch5.htm>

Turner MvG, Dale V H & Gardner R H. 1989. Predicting across scales: Theory development and testing. *Landscape Ecology*. 3: 245–252.



PA 4. Cambios de usos reversibles

Autor: Lluís Brotons Alabau

PA 4.1. Procedimiento de presiones: parámetro 'Rango/Superficie ocupada'

PROCEDIMIENTO DE PRESIONES
PA 4. CAMBIOS DE USOS DEL SUELO REVERSIBLES
RANGO/SUPERFICIE OCUPADA
<p>Los principales impactos producidos por los cambios de usos del suelo reversibles son:</p> <ul style="list-style-type: none">■ Destrucción del tipo de hábitat por sustitución completa de la comunidad.■ Pérdida de biodiversidad.■ Incremento de la susceptibilidad de las especies a factores de estrés (en algunas especies).
1. Recopilación de fuentes de información y bases de datos
<p>Se utilizará la Foto Fija del Mapa Forestal de España¹⁴ (MAPA 2009-2015) que representa la actualización del Mapa Forestal de España (MFE) a un año de referencia (Robla <i>et al.</i> 2017).</p> <p>A partir de la información del MFE más reciente, se analizan los cambios, principalmente antrópicos, debidos a incendios, talas, repoblaciones y otros cambios de usos del suelo. Se elabora mediante fotointerpretación y se incorpora e integra la información procedente de distintas fuentes, tanto del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, como la proporcionada por las comunidades autónomas, en el intervalo de tiempo desde la fecha de elaboración del MFE hasta la de referencia.</p> <p>Escala: 1:25.000</p> <p>Periodicidad y extensión: se genera una cartografía actualizada para todo el territorio estatal con fecha de referencia 2009, en la que se incluyen los principales cambios de uso del suelo producidos por incendios, deforestaciones, repoblaciones y forestaciones de la Política Agraria Común (PAC), ocurridos en nuestro país en el periodo transcurrido desde que se elaboró el Mapa Forestal de España y el año 2009. En 2012 se elaboró una nueva versión, y en estos momentos (diciembre 2019) se está finalizando la actualización del año 2015.</p>
2. Indicar qué información de 1 aplica para determinar impactos en el tipo de hábitat
<p>Se utilizará la capa de cambios de la Foto Fija del MFE y se seleccionarán los polígonos correspondientes a los cambios propuestos en la Tabla PA 4.1.1.</p>

¹⁴ https://www.mapa.gob.es/es/desarrollo-rural/temas/politica-forestal/inventario-cartografia/mapa-forestal-espana/foto_fija_mfe.aspx



Tabla PA 4.1.1 Tipos de cambios y descripción de los mismos seleccionados en la Foto Fija del MFE. Fuente: elaboración propia a partir del proyecto Foto Fija.

ID_Cambio	Tipo cambio	Descripción del tipo de cambio
22	DEFORESTACIÓN	Superficies que en el año 2009 eran forestales y que en la imagen de referencia de 2012 han pasado a ser agrícolas o artificiales.
222	ROTURACIONES	Superficies que en el año 2009 eran forestales y que en la imagen de referencia de 2012 han pasado a ser agrícolas. Se han desagregado de las DEFORESTACIONES por ser ROTURACIONES aprobadas por la comunidad autónoma correspondiente.

3. Evaluar la sensibilidad del tipo de hábitat a la presión

Se asume que los cambios de uso reversibles analizados en este procedimiento suponen la completa sustitución de los tipos de hábitat afectados dentro de los polígonos que han sufrido este cambio. Por lo tanto, en las zonas de cada uno de los tipos de hábitat afectados contenidos en un polígono que represente cambio reversible se asume que la afectación siempre será alta (H).

El establecimiento de nuevos usos del suelo de carácter reversible, como pueden ser los campos agrícolas o las plantaciones forestales, significan una completa sustitución de los tipos de hábitat, pero no obstante puede conservar algunas características del sistema ecológico, como la conservación de suelo, de nutrientes, de productividad o parte de la biodiversidad animal (aves o invertebrados). Estas modificaciones pueden ser temporales o irreversibles a largo plazo (25-30 años), en función de la intensificación de los usos agrícolas. En caso de revertir el cambio se podrían establecer nuevos tipos de hábitat, pero con una gran incertidumbre respecto a la recuperación del tipo de hábitat original.

4. Periodicidad en la aplicación de protocolos

Para su elaboración se parte del MFE más actual para cada provincia y se analizan los cambios de uso bruscos (principalmente forestaciones de la PAC, incendios y deforestaciones), desde la fecha del MFE original hasta la fecha de referencia. Se obtienen dos capas georreferenciadas: una cobertura de cambios y otra del MFE actualizada al año de referencia, y estadísticas derivadas. Además, en la superficie no forestal se integran los principales usos del SIGPAC (Sistema de Información Geográfica de Parcelas Agrícolas), consiguiendo un nuevo producto con la integración de ambas cartografías: MFE y SIGPAC. Actualmente se cuenta con una versión de 2009, una de 2012 y la versión 2015 se encuentra en ejecución. Se recomienda utilizar la versión más reciente o ajustada al periodo de reporte.

5. Cautelas

Las cautelas deben ser propuestas una vez que el protocolo sea puesto en marcha.



6. Referencias

Robla E, Vallejo R & Lerner M. 2017. La Foto Fija del Mapa Forestal de España, fuente de información para el cálculo de tendencias e indicadores de los ecosistemas forestales españoles. Principales resultados. 7º Congreso Forestal Español. Plasencia.



PA 4.2. Procedimiento de amenazas: parámetro 'Rango/Superficie ocupada'

PROCEDIMIENTO DE AMENAZAS

PA 4. CAMBIOS DE USOS DEL SUELO REVERSIBLES

RANGO/SUPERFICIE OCUPADA

1. Recopilación de fuentes de información y bases de datos

Como ya se mencionaba en apartado 1 de PA 4.1. Procedimiento de presiones: parámetro 'Rango/Superficie ocupada' se usará la Foto Fija del Mapa Forestal de España (Robla *et al.* 2017) que representa la actualización del mapa forestal de España (MFE). A continuación, se añaden otras fuentes de datos relevantes:

1.1. Otras fuentes de información relevantes para modelo de cambio de usos:

- Geoportal de la Infraestructura de Datos Espaciales de España¹⁵ (IDEE). Proporciona datos de: clima, cubierta terrestre (uso y cobertura del suelo, vegetación, NDVI), hidrografía, elevación, densidad de población o redes de transporte, entre otros. Capas disponibles a distinta resolución dependiendo de la escala (local, autonómica o nacional). A través de este portal se puede acceder al IDE de las distintas comunidades autónomas para consultar la información cartográfica disponible.
- Centro Nacional de Información Geográfica¹⁶ (CNIG). Proporciona mapas topográficos a distintas escalas (de 1:25.000 a 1:500.000), ocupación del suelo (SIOSE a 1:25.000 y CORINE Land Cover a 1:10.000) y Modelo Digital del Terreno a resolución de 5, 25 y 200 m.

1.2. Otras fuentes de información relevantes para el uso directo de proyecciones

Se pueden usar directamente resultados de proyecciones de cambio de usos del suelo para las zonas evaluadas. Estas proyecciones se han desarrollado en su mayoría en el marco de proyectos europeos y su generalidad no siempre permite ofrecer resultados adaptados a las características socioeconómicas de la península ibérica. Adicionalmente, estos trabajos se han desarrollado en marcos de investigación y los escenarios o asunciones de futuros en los que se basan las proyecciones no están adaptados a la realidad española o está demasiado simplificada para ser utilizada en este tipo de evaluaciones. A continuación, se detallan algunos enlaces que pueden ser útiles:

- Plataforma CLIMSAVE¹⁷: aunque su resolución baja, de 10 arcos de minuto (16x16 km aproximadamente), permite desarrollar escenarios de cambio en el uso del suelo para 2020

¹⁵ <http://www.idee.es/>

¹⁶ <http://centrodedescargas.cnig.es/>

¹⁷ <http://www.climsave.eu/climsave/outputs.html>



y 2050. Contiene cuatro escenarios socio-económicos principales combinando diferentes niveles de desarrollo económico y de efectividad de las soluciones innovadoras para hacer frente a los retos sociales.

- De manera general existen proyecciones de diferentes modelos para Europa provenientes de proyectos europeos e iniciativas internacionales. Más información sobre escenarios y comparaciones disponibles: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/gcb.13447>
- Finalmente, y a escala de comunidad autónoma pueden estar disponibles algunos ejercicios locales (especialmente en el caso de proyecciones tendenciales) de proyecciones futuras de cambios de uso. Información disponible para la Comunidad de Madrid en: http://congresoage.unizar.es/eBook/trabajos/064_Gallardo.pdf

2. Indicar qué información de 1 aplica para determinar impactos en el tipo de hábitat

La presente propuesta se fundamenta en dos metodologías diferentes: 1) Uso de proyecciones de Cambio de Usos disponibles para la zona de estudio ya existentes, y 2) aplicaciones de proyecciones tendenciales a partir de la determinación de un porcentaje potencial de cambio en función de cambios del pasado y variables de paisaje para la zona de estudio.

Uso de proyecciones de Cambio de Usos aplicadas a la zona de estudio ya existentes

En el caso que se disponga de proyecciones de cambios de uso especialmente explícitas (ver apartado otras fuentes de información relevantes), estas se utilizarán para determinar los cambios de uso esperados utilizando los criterios establecidos en la metodología de desarrollo del mapa Foto Fija. En este caso, posteriormente se utilizará la misma metodología aplicada a la estima de las presiones (ver procedimiento de presiones para cambios de usos de suelo).

Determinación de un porcentaje potencial de cambio de uso a partir de proyecciones tendenciales

La metodología se basa en conseguir representar un potencial de cambio de usos a nivel de paisaje y modificar este régimen a nivel local a partir de un mapa de idoneidad de cambio calibrado para la zona de estudio. La idea es aplicar el mismo porcentaje de cambio de uso de los últimos años a los próximos 12 años. Para determinar las zonas de cambio de uso se utilizarán regiones administrativas, ya que tienen regulaciones similares. Una buena escala de aplicación de estos porcentajes es la escala de comarca (~50 000 – 100 000 ha) o de provincia (~500 000 - 1 000 000 ha). Por lo tanto, se calcula el porcentaje de cambio ocurrido en los últimos años (desde el Mapa Forestal de España de referencia para el año 2000 aproximadamente, a la última actualización de la Foto Fija disponible). Se utilizará la capa de cambios de la Foto Fija del MFE y se seleccionarán los polígonos correspondientes (ver Tabla PA 4.1.1 del apartado 2 de PA 4.1. Procedimiento de presiones: parámetro 'Rango/Superficie ocupada').

A continuación, se calcula el porcentaje de cambio anual y se multiplica por 12, que son los años considerados dentro de la evaluación de las amenazas. De este modo se calcula la 'demanda' de



cambio de uso para todas las cubiertas 'naturales' (bosque y matorral) a zonas agrícolas en el periodo.

Por otro lado, se calcula un mapa que indique la idoneidad del cambio de uso. Este mapa recogerá las zonas donde los cambios de uso tienen más potencial a ocurrir debido a su ubicación. Este proceso aumentará la probabilidad de cambio en unas zonas y la disminuirá en otras.

Para hacerlo se recomienda calibrar un modelo logístico en que se indique con un valor entre cero y uno la potencialidad de que ocurra un cambio en cada píxel del territorio. Se identificarán las zonas donde ha ocurrido el cambio con un uno, y se identificarán las zonas donde no ha habido cambio con un cero. El modelo se ajustará con todas o algunas de las siguientes variables propuestas (Gallardo *et al.* 2015):

- Distancia a zonas urbanas
- Distancia a carreteras
- Pendiente del terreno
- Altitud sobre el nivel del mar
- Clima
- Legados paisajísticos (si se dispone información del uso anterior de la parcela)

Cada estudio puede encontrar pesos y coeficientes diferentes de las variables en función de los procesos que gobiernen los cambios de usos en su territorio. Por ejemplo, en algunos tipos de hábitat llanos, a altitudes bajas, cerca de zonas urbanas y con un clima suave tendrán más idoneidad de cambio a un uso agrícola que otras zonas.

El mapa de idoneidad de cambio se escalará entre 0,5 y 1,5, y se multiplicará por la probabilidad de cambio asignado por la tendencia del pasado. Si es menor que uno se disminuye la amenaza de cambio, en cambio, si es mayor que uno se aumenta esta amenaza.

Para un tipo de hábitat en particular, se obtienen entonces los valores de probabilidad de cambio de cada píxel que ocupa el tipo de hábitat. Estos valores se suman, y dan la probabilidad de cambiar para toda la zona del tipo de hábitat en los próximos 12 años. Si se multiplica por la zona que ocupa el tipo de hábitat en cuestión, se obtiene el área potencial a cambiar en este periodo de tiempo. El tipo de hábitat tiene un futuro desfavorable si el área potencial a cambiar suma más de un 1% de su distribución.

3. Evaluar la sensibilidad del tipo de hábitat a la amenaza

La información referente a la evaluación de la sensibilidad del tipo de hábitat a las amenazas puede verse en el apartado 3 de PA 4.1. Procedimientos de presiones: parámetro 'Rango/Superficie ocupada'.

4. Periodicidad en la aplicación de protocolos

El cálculo de la amenaza por cambio de uso se basa en la demanda calculada por los cambios ocurridos entre el MFE y la Foto Fija 2009, 2012 y 2015. Para su elaboración se parte del MFE más actual para cada provincia y se analizan los cambios de uso bruscos (principalmente forestaciones



de la PAC, incendios y deforestaciones), desde la fecha del MFE original hasta la fecha de referencia. Se obtienen dos capas georreferenciadas: una cobertura de cambios y otra del MFE actualizada al año de referencia, y estadísticas derivadas. Además, en la superficie no forestal se integran los principales usos del Sistema de Información Geográfica de Parcelas Agrícolas (SIGPAC), consiguiendo un nuevo producto con la integración de ambas cartografías: MFE y SIGPAC. Se recomienda utilizar la versión más reciente o ajustada al periodo del reporte y a medida que pasen los años respecto el momento de la presente evaluación, actualizar la demanda.

5. Cautelas

Las cautelas deben ser propuestas una vez que el protocolo sea puesto en marcha.

6. Referencias

Gallardo B, Zieritz A & Aldridge D C. 2015. The Importance of the Human Footprint in Shaping the Global Distribution of Terrestrial, Freshwater and Marine Invaders. PLoS ONE. 10(5): e0125801.

Robla E, Vallejo R & Lerner M. 2017. La Foto Fija del Mapa Forestal de España, fuente de información para el cálculo de tendencias e indicadores de los ecosistemas forestales españoles. Principales resultados. 7º Congreso Forestal Español. Plasencia.



PA 4.3. Procedimiento de presiones y amenazas: parámetro 'Estructura y función'

Para el parámetro 'Estructura y función', se realizó un procedimiento conjunto para las presiones y amenazas.

PROCEDIMIENTO DE PRESIONES Y AMENAZAS
PA 4. CAMBIOS DE USOS DEL SUELO REVERSIBLES
ESTRUCTURA Y FUNCIÓN
Descripción de los impactos que produce la presión/amenaza en el tipo de hábitat o grupo de tipos de hábitat correspondiente en relación a la estructura y función (por ejemplo, diversidad de especies, especies clave, recubrimiento y protección del suelo, biomasa, productividad, balance de nutrientes).
1. Recopilación de fuentes de información y bases de datos
Recopilación de fuentes de información y bases de datos <ul style="list-style-type: none">■ En este caso, la información será principalmente bibliográfica.■ Detallar las bases de datos o bibliografía (inventarios, densidad de pies, áreas basimétricas, etc.).■ También pueden servir modelos estadísticos, etc., que relacionen la presión/amenaza con indicadores de estructura y función (por ejemplo, relación entre carga de herbívoros y diversidad vegetal).
2. Indicar qué información de 1 aplica para determinar impactos en el tipo de hábitat
En este apartado hay que indicar qué información del apartado uno, es decir, qué bases de datos o inventarios, etc., se empleará para determinar los impactos de la presión/amenaza sobre la estructura y función.
3. Evaluar la sensibilidad del tipo de hábitat a la presión/amenaza
Para evaluar la sensibilidad del tipo de hábitat a la presión/amenaza se tienen que determinar los umbrales críticos que determinarán las categorías H (alta), M (media) y L (baja) considerando las bases de datos que existen (inventarios, zonas de monitoreo, etc.). <ul style="list-style-type: none">■ Desglosar por subtipo de presión/amenaza (p. ej. ozono, lluvia ácida, etc.) dentro de cada tipo de hábitat.■ Definir umbrales críticos que determinan las categorías H (alta), M (media) y L (baja).■ Justificar cómo se definen estos umbrales.



4. Periodicidad en la aplicación de protocolos

Indicar la periodicidad recomendable con la que debe estimarse el impacto de cada presión-amenaza, en cada tipo o grupo de tipos de hábitat, es decir, indicar la periodicidad recomendable la aplicación de los protocolos.

Indicar la periodicidad para la generación de las capas (en el caso de rango/superficie ocupada) y/o bases de datos (en el caso de estructura y función).

5. Cautelas

Reseñar las limitaciones de los procedimientos propuestos. Por ejemplo,

- Existencia o necesidad de validaciones de los valores propuestos para los umbrales.
- Mejoras de la periodicidad de la obtención de información.
- Mejora de la calidad de bases de datos (por ejemplo, en relación a unos inventarios de matorrales).
- Limitaciones de los *proxies* propuestos.
- Otras específicas a la evaluación realizada.



PA 5. Intensificación del uso forestal

Autor: Juan Oliet Pala

PA 5.1. Procedimiento de presiones: parámetro 'Rango/Superficie ocupada'

PROCEDIMIENTO DE PRESIONES
PA 5. INTENSIFICACIÓN DEL USO FORESTAL
RANGO/SUPERFICIE OCUPADA
<p>La intensificación forestal se puede considerar como una o varias actuaciones de origen antrópico en terrenos forestales con fines diversos. Entre dichas actuaciones las más comunes son: 1) la explotación forestal mediante la extracción de biomasa o 2) la introducción artificial de propágulos mediante repoblación. La primera supone una perturbación que tiende a reducir la complejidad y a degradar ecológicamente el sistema, y rara vez puede provocar reducción de superficie, salvo que la actuación sea de tal intensidad que suponga un cambio irreversible en las características del tipo de hábitat. Por otra parte, la repoblación forestal puede implicar distintos grados de afección al medio, desde positivo (restauración por plantación) a negativo con destrucción del tipo de hábitat (plantaciones intensivas de producción), pasando por situaciones intermedias de daño que podrían afectar a su estructura y función.</p> <p>Sin embargo, y a diferencia de otras presiones y amenazas, la intensificación forestal es impulsada y diseñada voluntariamente por el hombre, no actúa de forma indiscriminada ni respondiendo a leyes naturales. Frente a cualquier iniciativa de intensificación forestal se contraponen la normativa ambiental, que limita las actuaciones cuando se presume afección negativa al medio natural. En España, gran parte de la normativa ambiental tiene un papel planificador y regulador de usos, por cuanto establece medidas ambientales desde la planificación. Así, gran parte de los planes forestales consultados consideran restricciones en las actuaciones a desarrollar dentro de la Red Natura 2000. En particular, el texto refundido de la Ley de evaluación de impacto ambiental (Real Decreto Legislativo 1/2008, de 11 de enero, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Evaluación de Impacto Ambiental de proyectos) establece que deberá someterse a evaluación obligatoria de impacto ambiental los proyectos que se desarrollan en áreas "especialmente sensibles designadas en aplicación de la [...] y de la Directiva 92/43/CEE, del Consejo de 21 de mayo de 1992 [...]". En relación con la intensificación forestal se mencionan los proyectos de:</p> <ol style="list-style-type: none">1. Primeras repoblaciones forestales cuando entrañen riesgos de graves transformaciones ecológicas negativas.2. Transformaciones de uso del suelo que impliquen eliminación de la cubierta vegetal cuando dichas transformaciones afecten a superficies superiores a 10 hectáreas. <p>Asimismo, y para todo tipo de proyecto, el mencionado Real Decreto Legislativo establece que deberá someterse a consideración del órgano ambiental la evaluación de impacto de aquellos "proyectos públicos o privados [...] que pueda afectar directa o indirectamente a los espacios de la Red Natura 2000".</p>



Entendiendo como primeras repoblaciones aquellas que se ejecutan sobre terrenos desarbolados, y relacionando esta definición con los tipos de hábitat donde se ha identificado la intensificación forestal como presión y/o amenaza, las primeras repoblaciones son las que se realizarían eventualmente sobre formaciones de matorral desarboladas que podrían ser un tipo de hábitat protegido. En este caso, la legislación sobre impacto ambiental garantiza la conservación de estos tipos de hábitat de interés comunitario mediante evaluación negativa cuando se den los extremos considerados. Asimismo, en el caso de que el tipo de hábitat se encuentre dentro de una Zona de Especial Conservación, a la medida de evaluación de impacto ambiental obligatoria se sumarían las medidas de protección que establece el Plan de Gestión.

No obstante, dada la posible desconexión entre las diferentes herramientas de planificación y las medidas de protección de los tipos de hábitat, y basándose en el principio de precaución, las posibles actuaciones de repoblación que deberían someterse a vigilancia serían aquellas que, pudiendo afectar a dichos tipos de hábitat, estuvieran preferentemente ubicadas sobre terrenos considerados prioritarios para repoblar en razón de otras figuras de planificación. En particular, el Plan Forestal Español (Ministerio de Medio Ambiente 2002) define dentro de sus actuaciones prioritarias la lucha contra la erosión y el fomento de los valores productivos del monte. Por este motivo, una de las principales presiones y amenazas sobre la extensión vendrían de una autorización de las medidas correctoras frente a la erosión (repoblaciones protectoras) o de repoblaciones productivas que se solicitaran dentro de los tipos de hábitat de interés comunitario. Las repoblaciones protectoras se realizan donde exista un diagnóstico de erosión elevada, condición que podría justificar la actuación por encima de otras consideraciones ambientales como la protección del tipo de hábitat. En el caso de las repoblaciones productoras, estas se planificarán, como primera condición, en aquellos terrenos con valores de productividad potencial forestal elevada, dado que no se presumen esfuerzos inversores en zonas de baja productividad. Es difícil caracterizar de forma sencilla los territorios forestales que un propietario particular repoblaría, dadas las múltiples situaciones de accesibilidad, pendiente, transitabilidad o condiciones del mercado comarcal. Cabe destacar en este sentido que la utilización de la biomasa forestal procedente de plantaciones específicas podría convertirse en una alternativa de producción que incrementara la presión sobre el medio forestal. La producción de biomasa forestal es una de las alternativas productoras que cuenta con mayor apoyo institucional, dado que ya desde hace años se considera una alternativa dinamizadora del medio rural y que al mismo tiempo se alinea con los objetivos del modelo energético nacional para la consecución de cuotas de renovables (Ministerio de Medio Ambiente 1999; Plataforma Tecnológica Española de la Biomasa 2015). Por ello, las repoblaciones con esta finalidad podrían eventualmente realizarse si se considera que responden a intereses estratégicos por encima de la protección de ciertos tipos de hábitat. Sin embargo, es difícil pronosticar las condiciones del mercado y las políticas sobre renovables a medio plazo (Drigo *et al.* 2009; Junta de Castilla y León 2010), por lo que existe bastante incertidumbre a la hora de prever presiones reales sobre el territorio por esta razón, y en cualquier caso no se espera que estas vayan a tener un impacto muy alto sobre los tipos de hábitat de interés comunitario, ya que en la mayoría de los casos estos están sobre terrenos degradados y de baja productividad, que no son los adecuados para estas explotaciones (Junta de Castilla y León 2010).

Sea como fuere, en este procedimiento se focaliza el esfuerzo en caracterizar las condiciones de los terrenos forestales que pudieran ser objeto potencial de repoblación en razón de la necesidad u



oportunidad de ambos aspectos (protección o producción). Se entiende asimismo que estas repoblaciones afectarían al rango/superficie ocupada del hábitat cuando se ejecutaran empleando procedimientos intensivos (eliminación mecanizada de la vegetación preexistente) y con altas densidades de arbolado como para destruir el tipo de hábitat. El caso de repoblaciones realizadas con menores densidades y empleando procedimientos de bajo impacto podrían afectar a la estructura/composición, y por tanto se tratan en el apartado correspondiente.

1. Recopilación de fuentes de información y bases de datos

Programa de Acción Nacional contra la Desertificación (PAND; 2008). Incluye cartografía a escala 1:50.000 de división del territorio nacional por polígonos de riesgo de desertificación. Existen cuatro categorías, de 'bajo' a 'muy alto'. El PAND incluye, asimismo, un mapa general de riesgo de desertificación en la Red Natura 2000, que puede ser útil para identificar de forma global la calificación de un terreno por este riesgo en cada una de los LIC o ZEPA (Lugares de Importancia Comunitaria o Zonas de Especial Protección para las Aves, respectivamente) de la Red Natura 2000.
https://www.mapa.gob.es/es/desarrollo-rural/temas/politica-forestal/desertificacion-restauracion-forestal/lucha-contra-la-desertificacion/lch_pand_descargas.aspx

Mapa de Productividad Potencial Forestal (2000). Cartografía digital a escala 1:200.000 sobre la productividad potencial en $\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{año}^{-1}$. Es posible que exista cartografía más detallada en los sistemas de información ambiental de las comunidades autónomas.
https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/servicios/banco-datos-naturaleza/informacion-disponible/productividad_potencial.aspx

Mapa del IDEA de distribución de biomasa potencial disponible y de coste medio de extracción por municipio. Propone un método de cálculo de la productividad potencial de biomasa, los costos de extracción y el coste por hectárea que podría aplicarse a cada punto del territorio para determinar valores locales. De toda la cartografía existente, se debe prestar especial atención en la de biomasa leñosa a implantar en terreno forestal.
https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_11227_e14_biomasa_A_8d51bf1c.pdf

Geodatabase WISDOM de oferta y demanda de biomasa leñosa para Castilla y León (Drigo *et al.* 2009). Ofrece con resolución de cuadrícula 100x100 m un análisis del balance oferta/demanda para la definición de escenarios realistas del superávit inmediatamente disponible para iniciativas bioenergéticas. La metodología WISDOM se pretende aplicar al resto de España, aunque aún no existe cartografía disponible. Es un método más realista para acercarse a la 'susceptibilidad' de los terrenos de ser transformados en cultivos leñosos energéticos, ya que tiene en cuenta la distancia a centros de consumo y otras variables que afectan directamente a la potencialidad como la demanda energética comarcal.
<http://www.fao.org/3/i1320s/i1320s00.htm>



Mapa Forestal de España 1:25.000/1:50.000. La escala 1:25.000 solo está disponible para algunas provincias españolas.

https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/servicios/banco-datos-naturaleza/informacion-disponible/mfe25_informacion_disp.aspx

2. Indicar qué información de 1 aplica para determinar impactos en el tipo de hábitat

Para las repoblaciones protectoras, deberán superponerse las capas propuestas en las cartografías de los planes nacionales de protección (PAND) con la cartografía de la Red Natura 2000¹⁸ o de los tipos de hábitat fuera de la Red Natura 2000 para saber en primer lugar si existe solape entre zonas potenciales de repoblación con las áreas protegidas. Ya existe, como se mencionó en el apartado 1, un mapa general de riesgo de desertificación en la Red Natura 2000. Por otra parte, conforme se elaboren las capas de los tipos de hábitat fuera de las zonas LIC o ZEC (Zonas Especiales de Conservación) podrá incorporarse también esa información para obtener el riesgo potencial. En particular, las zonas con mayor riesgo de afectar por repoblación protectora al tipo de hábitat de interés, serán aquellas catalogadas como de riesgo muy alto.

Para el caso de las repoblaciones productoras, se superpondrían a nivel nacional las capas de Biomasa potencial disponible con el Coste medio de extracción para las masas leñosas susceptibles de implantación en terreno forestal con la Cartografía de la Red Natura 2000 o de los tipos de hábitat fuera de la Red Natura 2000. Lo mismo podría hacerse para Castilla y León con la *Geodatabase WISDOM*.

En ambos casos, esta cartografía generada mediante intersección de coberturas daría las zonas de mayor probabilidad de actuaciones de intensificación forestal por repoblación. El verdadero daño sería el provocado por las repoblaciones realmente ejecutadas. Esto último podrá evaluarse mediante la revisión de las actuaciones que consten en los expedientes gestionados por la administración competente, dado que esta es la que debe evaluar ambientalmente y dar permiso para la ejecución de todos los trabajos en terreno forestal, tanto para los realizados por los particulares con fondos propios como los subvencionados por la administración a través de sus diferentes programas.

3. Evaluar la sensibilidad del tipo de hábitat a la presión

Según el PAND el riesgo de desertificación¹⁹ en la Red Natura 2000 es muy alto en el 1,86 % (266 000 ha) del territorio, y alto en un 9,75 % (1 395 000 ha). Estas superficies serían las potencialmente sujetas a presión repobladora dentro de la Red, particularmente las de riesgo muy alto. Por otro lado, la metodología que establece el PAND para el cálculo de la desertificación asigna a las formaciones de matorral degradado valores comparativamente altos de erosión, en función de su nivel de degradación, relacionados con su capacidad protectora por su complejidad estructural y cobertura. Y dado que los tipos de hábitat para los que se ha considerado la repoblación forestal como presión y/o amenaza, son en gran medida formaciones de matorral serial, es de suponer que

¹⁸ <http://sig.mapama.es/bdn/>

¹⁹ https://www.mapa.gob.es/es/desarrollo-rural/temas/politica-forestal/desertificacion-restauracion-forestal/lucha-contr-la-desertificacion/lch_pand_propuestas.aspx



una parte considerable de las hectáreas catalogadas como en riesgo muy alto pertenezcan a estos sistemas.

Por otra parte, otras repoblaciones con efectos sobre la extensión podrían ser las realizadas con la finalidad de producción de madera, biomasa u otros productos. Al igual que para el caso de las repoblaciones protectoras, los mayores riesgos de afección se darían en terrenos con altas productividades, en los que el propietario particular en este caso podría plantear una repoblación con estos fines. Si bien estas acciones no son probables dentro de la Red Natura 2000, sí podrían proponerse en tipos de hábitat de interés comunitario fuera de esta figura de protección sobre terreno particular con una productividad potencial forestal superior a los $5 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{año}^{-1}$ (Serrada 2000). Las plantaciones para la producción de biomasa que podrían afectar a los tipos de hábitat de interés son las que se realizarían sobre terrenos forestales potencialmente aptos para ello. Dado que algunos de estos podrían estar sobre tipos de hábitat de interés comunitario, debe analizarse las condiciones que hacen óptima una zona para su aprovechamiento en biomasa.

El Estudio Técnico de Evaluación del potencial de energía de la biomasa (Artigas & García 2011) los sitúa en zonas con las siguientes características:

- Alta productividad potencial forestal (superior a $6,5 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{año}^{-1}$).
- Pendientes inferiores a 30% (< 50% en la cornisa Cantábrica).
- Vegetación correspondiente a las categorías del Mapa Forestal de España: matorral (TE 8), monte sin vegetación superior (TE 10), mosaicos (TE 25, 26 o 27) o pastizales-matorrales (TE 35) algunos de los cuales podrían ser tipos de hábitat de interés comunitario.

En cualquier caso, una primera aproximación a las zonas potencialmente utilizables basada en costes fija el umbral de rentabilidad en 45 €/t. En las condiciones actuales del mercado, costes superiores son inviables (Junta de Castilla y León 2010).

Alguno de los tipos de hábitat que han indicado la intensificación forestal como presión o amenaza podría estar en condiciones de alta potencialidad para biomasa, por lo que estarían en riesgo de ser transformados. En particular se pueden incluir los situados en zonas de influencia atlántica:

- Brezales montanos subatlánticos del arco hercínico (2121125).
- Jaral-brezal de *Cistus ladanifer* y *Erica australis*, *E. scoparia* y/o *E. arborea* (21211241).
- Formaciones singulares de *Erica erigena* y *E. ciliaris* (21211243).
- Jaguarzales-aulagares psamófilos con matiz atlántico, del suroeste (2121121).
- Bojedas de sustitución (*Buxus sempervirens*) (2115).

Los umbrales críticos, de menor a mayor presión por parte de intensificación forestal -repoblación con procedimientos de alto impacto-, que se sugieren para los tipos de hábitat son:

- Categoría L (baja): en el tipo de hábitat no se ha realizado ninguna actuación de repoblación.
- Categoría M (media): en el tipo de hábitat se ha realizado alguna actuación de repoblación que afecta a menos del 20% de la superficie.
- Categoría H (alta): en el tipo de hábitat se ha realizado una repoblación que afecta a más del 20% de la superficie.



4. Periodicidad en la aplicación de protocolos

Para la intensificación forestal es difícil establecer un protocolo, dada la elevada heterogeneidad de las causas que motivan las actuaciones. Los cambios en la incidencia de la intensificación forestal van ligados a medidas incluidas en las diferentes herramientas de planificación a nivel europeo, nacional o regional, con periodos desacoplados, así como a fluctuaciones del mercado de biomasa. Por ello, el plazo para aplicar cualquiera de los protocolos que se desarrollen a partir de las indicaciones que se establecen en este procedimiento, debe permitir acumular información suficiente como para apreciar tendencias de los efectos de las medidas programadas. Puede establecerse una periodicidad de unos cuatro años como mínimo para la revisión de los expedientes sobre actuaciones de intensificación forestal (repoblaciones).

5. Cautelas

No es posible generar una cartografía de potencialidad de repoblación protectora que sea fiable, pues las acciones de repoblación dependen de la disponibilidad de fondos públicos y de las prioridades de gasto, aspectos muy difíciles de prever más allá de ciclos superiores a tres o cuatro años. De hecho, las actuaciones programadas de lucha contra la desertificación en materia de repoblación forestal han sido ejecutadas irregularmente en el tiempo, con años de cierta disponibilidad presupuestaria (Plan E, por ejemplo) frente a otros en los que no se ha realizado ninguna actuación.

La ausencia de una cartografía de tipos de hábitat protegidos fuera de la Red Natura 2000 dificulta conocer el grado de afección real de las actuaciones de intensificación forestal.

6. Referencias

Artigas J & García L. 2011. Evaluación del potencial de energía de la biomasa. Estudio Técnico PER 2011-2020 IDAE. Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. España.

Drigo D, Campanero N, Rodríguez F & Broto M. 2009. WISDOM Castilla y León. Evaluación de recursos leñosos para usos energéticos. Informe final FAO Departamento Forestal. Dendroenergía.

Junta de Castilla y León. 2010. Plan Regional de ámbito sectorial de la Bioenergía de Castilla y León Ente Regional de la Energía. Instituto Tecnológico Agrario. Junta de Castilla y León.

Ministerio de Medio Ambiente. 1999. Estrategia Forestal Española. Dirección General para la Conservación de la Naturaleza. Secretaría General de Medio Ambiente. Ministerio de Medio Ambiente.

Plataforma Tecnológica Española de la Biomasa. 2015. El sector de la bioenergía en España BioPlat. Ministerio de Economía y Competitividad. Gobierno de España.

Serrada R. 2000. Apuntes de Repoblaciones Forestales. Fundación Conde del Valle de Salazar. Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Forestal. Madrid. 435 pp.



PA 5.2. Procedimiento de presiones: parámetro 'Estructura y función'

PROCEDIMIENTO DE PRESIONES

PA 5. INTENSIFICACIÓN FORESTAL

ESTRUCTURA Y FUNCIÓN

Las repoblaciones forestales realizadas con bajas densidades y/o empleando procedimientos de bajo impacto podrían afectar a la estructura y función, especialmente cuando implique la incorporación de especies que no pertenecen al acervo del tipo de hábitat en el estado sucesional en que se encuentra. Si bien, las repoblaciones ejecutadas extensivamente incidirán positivamente sobre otros atributos del sistema como el recubrimiento y la protección del suelo o la biomasa, pueden darse cambios en la composición específica si se introducen especies correspondientes a estados sucesionales superiores o algunas tradicionalmente consideradas protectoras del suelo. Es decir, en unos supuestos en que los objetivos de la planificación forestal y ambiental entren en conflicto con la conservación de los tipos de hábitat en el estado sucesional que les confiere su identidad. Este conflicto puede producirse si no existe regulación de usos y actuaciones en el espacio sobre el que se asienta el tipo de hábitat (tipos de hábitat de interés comunitario fuera de la Red Natura 2000). Por ejemplo, el Programa de Acción Nacional contra la Desertificación (Ministerio de Medio Ambiente, Rural y Marino 2008) establece que entre las acciones de lucha contra la erosión está la "repoblación forestal con especies autóctonas del mayor nivel evolutivo que permita la potencialidad de la estación, con el fin de crear una cubierta protectora del suelo e invertir la dinámica de degradación a que están sometidos suelo y vegetación, y propiciar una progresión hacia suelos más maduros y comunidades vegetales más evolucionadas. La repoblación forestal con estas premisas se aplica a áreas cubiertas de matorral muy degradado y pobre, incapaz de proteger el suelo...". En el caso de que se interprete que algunos de los tipos de hábitat de interés puedan estar bajo este nivel de degradación podría plantearse el conflicto entre las políticas de lucha contra la desertificación y las políticas de protección y la consiguiente presión sobre estos sistemas.

Otra presión potencial para la estructura y función de los ecosistemas, son las repoblaciones forestales que pudieran realizarse sobre los tipos de hábitat de interés comunitario promovidas por las herramientas financieras dentro del Programa Nacional de Desarrollo Rural 2014-2020 cofinanciado por la UE. Dada la naturaleza de estas medidas, que subvencionan la repoblación forestal en terrenos particulares cuando se empleen fundamentalmente especies autóctonas y bajo un proceso previo de evaluación ambiental de la actuación (Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente 2016), se considera que estas actuaciones solo podrían, en algunos casos concretos de laxa aplicación de la normativa ambiental, afectar a la estructura y función de algunos tipos de hábitat de interés comunitario de matorral (su carácter desarbolado previo es condición para la aplicación de la subvención), más que tener un efecto destructor que afectara a su rango/superficie ocupada. En particular, esta herramienta no puede aplicarse a la plantación de cultivos leñosos energéticos, y establece la posibilidad de conceder ayudas para la plantación de especies arbustivas o de matorral cuando el sistema esté limitado por condiciones 'edafoclimáticas'. Puede considerarse, por tanto, que esta herramienta afectará a la estructura y función de los tipos de hábitat de interés comunitario solo en pocas situaciones. En cualquier caso, el texto del citado Programa Nacional



establece precauciones específicas y limitaciones en la actuación cuando los terrenos se encuentren dentro de la Red Natura 2000, indicando que solo podrán realizarse repoblaciones compatibles con los objetivos de conservación de la Directiva Hábitats (92/43/CEE) y Directiva relativa a la conservación de las aves silvestres (2009/147/CE).

Por otra parte, la explotación forestal entendida como extracción de biomasa puede afectar a la estructura, función y composición específica de los tipos de hábitat. Estas actuaciones deben desarrollarse dentro de un plan de gestión forestal (Proyecto de ordenación o Plan técnico, obligatorio para todos los montes de titularidad pública) o en su defecto deben contar con el permiso explícito de la autoridad forestal o ambiental competente (para los montes privados sin instrumento de gestión planificada). En ambos casos, se entiende que la autorización de cualquier aprovechamiento estará sometida a las restricciones impuestas por la normativa vigente, más restrictiva en las zonas pertenecientes a figuras de protección. En el caso de bosques, la extracción de biomasa consiste en la corta de árboles para el uso de la madera con propósitos tradicionales como el aserrío, tableros o pasta de papel, pero también para el aprovechamiento energético. Algunas de las especies que se consideran con valor energético como el haya o el quejigo (Artigas & García 2011) son elementos claves de los tipos de hábitat de interés comunitario. Debe prestarse especial atención a nuevas formas de explotación de biomasa que pudieran suponer un incremento de la presión sobre estos sistemas, ya que generalmente se trata de modelos de explotación a turnos de arbolado más cortos que los tradicionales para la producción de madera con otros destinos. La explotación a turnos cortos supone una reducción considerable de la complejidad del sistema forestal, reduciéndose los niveles de madera muerta y de elementos de grandes dimensiones (Lindenmayer & Franklin 2002). La explotación a turnos más largos como la que se desarrolla sobre hayedos ordenados, implica ciertamente una reducción de la complejidad estructural del sistema, pero puede compatibilizarse con la conservación de los tipos de hábitat si se adoptan medidas de conservación de la biodiversidad basadas en el mantenimiento de áreas sin explotar y de fomento de la madera muerta (Lindenmayer *et al.* 2006). Por otra parte, para las formaciones de matorral, a excepción de usos tradicionales locales, la explotación forestal es prácticamente inexistente. El aprovechamiento de la biomasa del matorral con fines energéticos sobre terrenos forestales no es rentable con los medios de aprovechamiento presentes (Artigas & García 2011), y no se recoge en ninguna de las herramientas de evaluación de potencial productivo con fines energéticos consultados. Sin embargo, existen algunos proyectos piloto (LIFE+ ENERBISCRUP²⁰) en los que se analiza su posible utilización, por lo que se va a considerar bajo la consideración de posible amenaza.

Por último, cabe mencionar un escenario de posible afección a la estructura y función de un tipo de hábitat de interés comunitario como consecuencia de repoblaciones forestales realizadas fuera de dichos espacios, pero en su proximidad, y cuando dichas repoblaciones se realicen con especies consideradas invasoras (Catálogo Español de Especies Invasoras²¹). Por ejemplo, Artigas & García (2011) indican como especies de alto potencial para biomasa algunas de las incluidas en dicho catálogo, como *Acacia* spp. y *Ailanthus altissima*.

²⁰ <http://enerbioscrub.ciemat.es/>

²¹ <https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/temas/conservacion-de-especies/especies-exoticas-invasoras/ce-eei-catalogo.aspx>



1. Recopilación de fuentes de información y bases de datos

1.1. Actuaciones potenciales de repoblación forestal de bajo impacto:

Programa de Acción Nacional contra la Desertificación (PAND; 2008). Incluye cartografía a escala 1:50.000 de división del territorio nacional por polígonos de riesgo de desertificación. Existen cuatro categorías, de 'bajo' a 'muy alto'. El PAND incluye asimismo un mapa general de riesgo de desertificación en la Red Natura 2000, que puede ser útil para identificar de forma global la calificación de un terreno por este riesgo en cada una de los LIC o ZEPA de la Red Natura 2000.

https://www.mapa.gob.es/es/desarrollo-rural/temas/politica-forestal/desertificacion-restauracion-forestal/lucha-contr-la-desertificacion/lch_pand_descargas.aspx

Programa Nacional de Desarrollo Rural. Programación Fondo Europeo Agrario de Desarrollo Rural (FEADER 2014-2020). Las medidas que afectan se incluyen principalmente dentro del paquete Inversiones en el desarrollo de zonas forestales y mejora de la viabilidad de los bosques (SA.43021), y en particular dentro de las ayudas para la reforestación/creación de superficies forestales. Cada comunidad autónoma desarrolla su Programa.

<https://www.mapa.gob.es/es/desarrollo-rural/temas/programas-ue/periodo-2014-2020/programas-de-desarrollo-rural/programa-nacional/Informacion.aspx>

Sistema de Información y Ocupación del Suelo en España (SIOSE). Generada a escala 1:25.000 puede emplearse para determinar cubiertas forestales por grandes grupos (arbolada, matorral y herbácea). Identificar zonas de matorral es particularmente importante, dado que sobre ellas se concentran la mayor parte de las presiones relacionadas con la repoblación forestal.

<http://www.siose.es/>

Mapa Forestal de España 1:25.000/1:50.000. Permite distinguir las formaciones de matorral frente a las arboladas para la estimación de zonas donde podría llevarse a cabo una repoblación forestal con fines energéticos y especies invasoras.

https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/servicios/banco-datos-naturaleza/informacion-disponible/mfe25_informacion_disp.aspx

1.2. Actuaciones potenciales de extracción de biomasa (explotación forestal)

Catálogo de montes ordenados. Permite identificar los montes con planes de ordenación con la consiguiente propuesta de aprovechamiento. La información concreta correspondiente a los Planes Anuales de Aprovechamiento debe buscarse dentro de cada comunidad autónoma. Se presentan las principales fuentes de información por comunidad autónoma cuando esta presenta forma cartográfica:



- Castilla y León: cuenta con una cartografía muy completa y actualizada de montes ordenados, tanto públicos como privados.
<https://cartografia.jcyl.es/web/jcyl/Cartografia/es/Plantilla100/1200034565424/ / />
- Andalucía. Delimitación de Proyectos/Planes Técnicos de Ordenación de montes gestionados por la Consejería.
<http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/site/rediam>
- Aragón. Cartografía de Montes de Utilidad Pública. Montes Propios. Consorcios de Repoblación. En su gran mayoría ordenados.
<http://idearagon.aragon.es/descargas?COLECCION=Montes&ESQUEMA=aragon&UNIDAD=>

Mapa de Productividad Potencial Forestal (2000). Cartografía digital a escala 1:200.000 sobre la productividad potencial en $\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{año}^{-1}$. Es posible que exista cartografía más detallada en los sistemas de información ambiental de las comunidades autónomas.

https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/servicios/banco-datos-naturaleza/informacion-disponible/productividad_potencial.aspx

Mapa del IDAE de distribución de biomasa potencial disponible y de coste medio de extracción por municipio. Propone un método de cálculo de la productividad potencial de biomasa, los costos de extracción y el coste por hectárea que podría aplicarse a cada punto del territorio para determinar valores locales. De toda la cartografía existente, se debe prestar especial atención en la de Biomasa procedente del aprovechamiento de árbol completo en masas forestales existentes.

https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_11227_e14_biomasa_A_8d51bf1c.pdf

Geodatabase WISDOM de oferta y demanda de biomasa leñosa para Castilla y León (Drigo *et al.* 2009). Ofrece con resolución de cuadrícula 100x100 m un análisis del balance oferta/demanda para la definición de escenarios realistas del superávit inmediatamente disponible para iniciativas bioenergéticas. La metodología WISDOM se pretende aplicar al resto de España, aunque aún no existe cartografía disponible. Es un método más realista para acercarse a la 'susceptibilidad' de los terrenos de ser transformados en cultivos leñosos energéticos, ya que tiene en cuenta la distancia a centros de consumo y otras variables que afectan directamente a la potencialidad como la demanda energética comarcal. Solo recoge biomasa arbórea, al considerar al matorral como una fuente residual dentro de la oferta total.

<http://www.fao.org/docrep/012/i1320s/i1320s00.htm>

González-González *et al.* (2017) propone una metodología para elaborar la cartografía de disponibilidad de biomasa de matorral realmente aprovechable en España. Elaborada solo para las áreas donde existen datos del Mapa Forestal Nacional a escala 1:25.000.



2. Indicar qué información de 1 aplica para determinar impactos en el tipo de hábitat

Para las repoblaciones protectoras, deberán superponerse las capas propuestas en las cartografías de los planes nacionales de protección (PAND) con la cartografía de la Red Natura 2000²² o de los tipos de hábitat fuera de la Red Natura 2000, para saber en primer lugar si existe solape entre zonas potenciales de repoblación con las áreas protegidas. Ya existe, como se mencionó en el apartado 1, un mapa general de riesgo de desertificación en la Red Natura 2000. Por otra parte, conforme se elaboren las capas de los tipos de hábitat fuera de las zonas LIC o ZEC podrá incorporarse también esa información para obtener el riesgo potencial. En particular, las zonas con mayor riesgo de afectar por repoblación protectora al tipo de hábitat de interés comunitario, serán aquellas catalogadas como de riesgo muy alto.

Para las repoblaciones realizadas al amparo de subvenciones FEADER, deberán consultarse las actuaciones propuestas por cada comunidad autónoma dentro del Programa de Desarrollo Rural para las ayudas para la reforestación/creación de superficies forestales²³.

Se entiende que cuantos más fondos destinados a cofinanciar esta medida, mayor superficie potencial afectada por repoblación. Sin embargo, no existe de momento una clara definición de las zonas de actuación prioritarias en reforestación, siendo la iniciativa del propietario particular la que puede solicitar subvención para la repoblación de sus terrenos. Aunque sí se han identificado en cada comunidad autónoma zonas que no pueden ser forestadas, como ZEPA correspondientes a tipos de hábitat esteparios.

Para la explotación forestal con fines de producción maderera, la cartografía de montes ordenados que se sugiere en el apartado 1 puede servir para, por superposición con los tipos de hábitat protegidos, identificar zonas de riesgo.

Para la potencialidad de explotación forestal con fines energéticos de especies forestales clave deberán superponerse las capas del IDEA con las de los tipos de hábitat de interés comunitario. Ello nuevamente proporcionará una idea de la posible presión para estos aprovechamientos.

De forma similar, aunque no existe en la actualidad una cartografía de potencialidad de biomasa del matorral, las zonas donde con mayor probabilidad se realizarían aprovechamientos de esta naturaleza son las zonas de mayor productividad potencial y que al mismo tiempo tengan condiciones de accesibilidad y transitabilidad adecuadas. A falta de criterios específicos basados en experiencia consolidada, pueden emplearse los del Estudio Técnico de Evaluación del potencial de energía de la biomasa (Artigas & García 2011) mencionados anteriormente para la implantación de cultivos energéticos, pero en este caso aplicados a la posible explotación de la biomasa de matorral. Asimismo, González-González *et al.* (2017) proponen excluir las zonas con riesgo a tasas de erosión superiores a $50 \text{ t ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$. Con ello se podría elaborar una cartografía de zonas de potencialidad para el aprovechamiento de biomasa de matorral, que debería cruzarse con la de los tipos de hábitat de interés comunitario para detectar puntos sensibles que podrían ser objeto de esta presión por explotación forestal.

²² <http://sig.mapama.es/bdn/>

²³ <https://www.mapa.gob.es/es/desarrollo-rural/temas/programas-ue/periodo-2014-2020/ayudas-estado/AyuEstaM8.aspx>



En ambos casos (biomasa de origen arbóreo o de matorral), esta cartografía generada mediante intersección de coberturas daría las zonas de mayor probabilidad de actuaciones de intensificación forestal por explotación. El verdadero daño sería el provocado por las actuaciones realmente ejecutadas. Esto último podrá evaluarse mediante la revisión de los aprovechamientos. La administración forestal posee información de dichos aprovechamientos, especialmente si los montes donde se realizan cuentan con instrumento de planificación (Proyecto de ordenación, Plan Técnico de gestión). Para conocer el impacto real debería acudir a la administración de cada comunidad autónoma y extraer la información anual de los aprovechamientos autorizados.

Por último, para la posible incidencia de especies invasoras implantadas en las proximidades de los tipos de hábitat protegidos podría generarse una cartografía de susceptibilidad de tipos de hábitat a invasión por especies empleadas en cultivos energéticos en zonas colindantes. Para ello debería superponerse la cartografía de zonas potencialmente aptas para la implantación de cultivos energéticos leñosos (Productividad Potencial, cartografía de IDEA o *Geodatabase WISDOM*) con el SIOSE o el Mapa Forestal de España, que indican los territorios desarbolados donde podría realizarse una repoblación con fines energéticos. Esto daría una estimación de zonas donde podrían eventualmente realizarse plantaciones energéticas, que se superpondría con la cartografía de tipos de hábitat protegidos para analizar posibles colindancias y por tanto potencial afecciones por invasión.

3. Evaluar la sensibilidad del tipo de hábitat a la presión

Los tipos de hábitat de interés comunitario que podrían sufrir más probablemente transformaciones por las actuaciones subvencionadas dentro del Programa Nacional de Desarrollo Rural son los que se encuentran fuera de la Red Natura 2000. Es difícil establecer por tipos de hábitat su sensibilidad a actuaciones de repoblación subvencionadas, ya que estas son iniciativas de los particulares, y por lo general, salvo su carácter desarbolado, no se especifican otros criterios de prioridad. Y son los tipos de hábitat de matorral para los que los expertos han identificado posible presión por repoblación, por lo que puede decirse que todos ellos son igualmente sensibles a la presión intensificación forestal-repoblación.

A continuación, se relacionan los tipos de hábitat forestales y de matorral sobre los que se presume una potencial actividad de explotación de biomasa con fines energéticos. Se incluyen solo los situados en zonas de influencia atlántica, más productivos, tanto si los autores de los procedimientos han identificado la extracción de biomasa, como si no lo han hecho:

- Hayedos (*Fagus sylvatica*) montanos o supramediterráneos (11123).
- Quejigares de *Quercus faginea* (11131).
- Brezales montanos subatlánticos del arco hercínico (2121125). Para ellos se define explícitamente la extracción de biomasa como una presión.
- Jaral-brezal de *Cistus ladanifer* y *Erica australis*, *E. scoparia* y/o *E. arborea* (21211241). No se indica explícitamente, aunque por su productividad algunos de ellos podrían ser susceptibles de aprovechamiento.



- Formaciones singulares de *Erica erigena* y *E. ciliaris* (21211243). No se indica, aunque por su productividad algunos de ellos podrían ser susceptibles de aprovechamiento.
- Jaguarzales-aulagares psamófilos con matiz atlántico, del suroeste (2121121). Para ellos se define explícitamente la extracción de biomasa como una presión.

La explotación de hayedos y quejigares a turno corto para la obtención de biomasa es una alternativa considerada en alguno de los informes consultados (Artigas & García 2011). Se entiende que este aprovechamiento se realizaría en hayedos o quejigares que ya son montes bajos, procedentes de antiguos tallares para leña. En las actuales condiciones, la conversión de monte alto a monte bajo es ambientalmente indeseable, y no se esperan autorizaciones para ello. Sin embargo, la perpetuación de estructuras de monte bajo a turno corto supone un coste ambiental de oportunidad, dado que la conversión a monte alto supondría una mejora de la calidad del tipo de hábitat.

Para los tipos de hábitat de matorral, el trabajo mencionado de González-González *et al.* (2017) recoge criterios que deben cumplir las formaciones para ser potencialmente aprovechables. La sensibilidad al aprovechamiento puede calificarse de alta, dado que el aprovechamiento es mecanizado y se cosecha toda la biomasa aérea. Los efectos son difíciles de prever, aunque obviamente la estructura se verá completamente afectada, con efectos potenciales sobre las tasas de erosión por la pérdida temporal de cobertura y la compactación del suelo.

Para los siguientes tipos de hábitat se ha identificado la explotación forestal como presiones, aunque por su productividad potencial (zonas de marcada influencia mediterránea) es muy poco probable su aprovechamiento con estos fines:

- Jarales-Tojales béticos (*Staehelino-Ulicion baetici*) (2121126).
- Tojales de *Stauracanthus genistoides* (21211212).
- Tojales litorales de *Ulex australis* (21211213).

Los umbrales críticos, de menor a mayor presión por parte de intensificación forestal -replantación con procedimientos de baja densidad/impacto-, que se sugieren para los tipos de hábitat son:

- Categoría L (baja): en el tipo de hábitat no se ha realizado ninguna actuación de replantación.
- Categoría M (media): en el tipo de hábitat se ha realizado alguna actuación de replantación que afecta a menos del 50% de la superficie.
- Categoría H (alta): en el tipo de hábitat se ha realizado una replantación que afecta a más del 50% de la superficie.

Los umbrales críticos, de menor a mayor presión por parte de intensificación forestal para el aprovechamiento de la biomasa forestal en la totalidad de la superficie, que se sugieren para los tipos de hábitat son:

- Categoría L (baja): en el tipo de hábitat no se ha realizado ningún aprovechamiento.



- Categoría M (media): en el tipo de hábitat se ha realizado algún aprovechamiento que afecta a menos del 20% de la superficie.
- Categoría H (alta): en el tipo de hábitat se ha realizado un aprovechamiento que afecta a más del 20% de la superficie.

La definición de umbrales críticos para la explotación forestal sobre los tipos de hábitat arbolados de interés comunitario con destino biomasa, trituración o aserrío debe basarse en la intensidad de la explotación. La ordenación forestal define la posibilidad de un monte como su crecimiento medio para los años que corresponden al turno definido por el esquema de producción. De esta manera se garantiza la sostenibilidad de la producción. Por tanto, la primera condición que debe establecerse es que el volumen (o la biomasa) de cortas no exceda la posibilidad así definida. Asimismo, el sistema debe gestionarse siguiendo las prescripciones que establezca la legislación ambiental sobre conservación de la biodiversidad en lo que respecta a la creación de superficies libres de corta (rodales maduros) y de mantenimiento de un porcentaje de árboles maduros dentro de las zonas de explotación. Además, debe considerarse también la influencia del turno de corta sobre la complejidad estructural del sistema, siendo los turnos cortos para biomasa más simplificadoros de la estructura. Según esta secuencia de intensidad de explotación, la definición de umbrales críticos para esta presión podría ser:

- Categoría L (baja): monte aprovechado a turno largo (madera de grandes dimensiones). Se cumplen las prescripciones de posibilidad admisible y de prácticas de conservación de la biodiversidad.
- Categoría M (media): se establecen dos posibilidades:
 - Monte aprovechado a turno largo (madera de grandes dimensiones), pero no se cumple alguna de las dos prescripciones.
 - Monte aprovechado a turno corto, pero se cumplen las prescripciones de posibilidad admisible y de prácticas de conservación de la biodiversidad.
- Categoría H (alta): se establecen dos posibilidades:
 - Monte es aprovechado a turno largo (madera de grandes dimensiones), pero no se cumple ninguna de las dos prescripciones.
 - Monte aprovechado a turno corto, pero no se cumplen una o ambas prescripciones de posibilidad admisible y de prácticas de conservación de la biodiversidad.

4. Periodicidad en la aplicación de protocolos

Para la intensificación forestal es difícil establecer un protocolo, dada la elevada heterogeneidad de las causas que motivan las actuaciones. Los cambios en la incidencia de la intensificación forestal van ligados a medidas incluidas en las diferentes herramientas de planificación a nivel europeo, nacional o regional, con periodos desacoplados, así como a fluctuaciones del mercado de la biomasa y de la madera. Por ello, el plazo para aplicar cualquiera de los protocolos que se desarrollen a partir de las



indicaciones que se establecen en este procedimiento debe permitir acumular información suficiente emanada del periodo de aplicación de las diferentes herramientas de planificación como para apreciar tendencias del grado de incidencia de las medidas propuestas por las diferentes autoridades. Puede establecerse una periodicidad de unos cuatro años como mínimo para la revisión de los expedientes sobre actuaciones de intensificación forestal (replantaciones y aprovechamientos forestales).

5. Cautelas

Según el Anuario de Estadística Forestal de la superficie forestal española, un 14% se encuentra ordenada (una gran mayoría de los montes de titularidad pública). Muchos montes particulares no cuentan con instrumentos de planificación, siendo sobre ellos más difícil conocer las actuaciones y los aprovechamientos realizados con detalle. No obstante, la Administración forestal autonómica es quien concede, tras una evaluación de su alcance e impacto, permiso a todos y cada uno de los aprovechamientos que en esos montes se realizan, por lo que existe un registro con información más o menos detallada de las características de las actuaciones y aprovechamientos.

<https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/estadisticas/>

6. Referencias

Artigas J & García L. 2011. Evaluación del potencial de energía de la biomasa. Estudio Técnico PER 2011-2020 IDAE. Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. España.

Drigo D, Campanero N, Rodríguez F & Broto M. 2009. WISDOM Castilla y León. Evaluación de recursos leñosos para usos energéticos. Informe final FAO Departamento Forestal. Dendroenergía.

González-González B D, Sixto H, Alberdi I, Esteban L, Guerrero S, Pasalodos M, Vazquez A & Cañellas I. 2017. Estimation of shrub biomass availability along two geographical transects in the Iberian Peninsula for energy purposes. Biomass and Bioenergy. 105: 211-218.

Lindenmayer D B & Franklin J F. 2002. Conserving Forest Biodiversity. A comprehensive multiscaled approach. Island Press. 351 pp.

Lindenmayer D B, Franklin J F & Fischer J. 2006. General management principles and a checklist of strategies to guide forest biodiversity conservation. Biological Conservation. 131(3): 433-445

Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente 2016. Programa Nacional de Desarrollo Rural 2014-2020 Consolidado con el marco nacional 2014ES06RDNF001 - v1.2 - Adoptado por la CE.

Ministerio de Medio Ambiente, Rural y Marino 2008. Programa de Acción Nacional Contra La Desertificación. Ministerio de Medio Ambiente. Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación.



PA 6. Plagas y herbivoría

Autor: José Antonio Hódar Correa

PA 6.1. Procedimiento de presiones: parámetro 'Rango/Superficie ocupada'

PROCEDIMIENTO DE PRESIONES
PA 6. PLAGAS Y HERBIVORÍA
RANGO/SUPERFICIE OCUPADA
<p>Bajo el doble epígrafe de plagas y herbivoría hay que entender un mismo proceso básico, cuál es el consumo de la biomasa vegetal viva por parte de algún heterótrofo. Normalmente se estudian por separado, hablando entonces de herbivoría cuando el consumidor es un mamífero (usualmente ungulado, aunque lepóridos y roedores pueden ser eventualmente importantes) ramoneador, afectando a árboles y arbustos desde el nivel del suelo hasta unos 2 m de altura, y en cambio haciendo referencia a plagas cuando el consumo de la materia vegetal es efectuado por insectos, hongos o algún otro patógeno (llegado el caso, incluso por alguna planta, como el muérdago) y afectando a plantas de cualquier altura.</p> <p>La retirada de materia vegetal viva por parte de una pléyade de consumidores es un proceso absolutamente natural, y cabe suponer que incluso en condiciones absolutamente prístinas su efecto pudo determinar la distribución y la abundancia de muchas especies, tanto consumidoras como consumidas. La cuestión a abordar aquí, es en qué medida en un ambiente más o menos humanizado dichos procesos naturales alcanzan niveles en los que los resultados son diferentes a los esperables, y acaban afectando al rango/superficie ocupada de los tipos de hábitat de bosque y matorral ibéricos. Hay que considerar además que algunos de estos bosques y matorrales no son naturales, sino que derivan directamente de la actividad humana (por ejemplo, zonas forestadas con especies exóticas) y que igualmente los herbívoros o plagas pueden ser especies foráneas al sistema.</p> <p>Finalmente, hay que tener en cuenta que plagas y herbívoros afectan a la superficie cubierta por árboles o arbustos a diferentes escalas. Los herbívoros usualmente limitan la regeneración, por lo que solo provocarán a corto plazo una reducción en superficie, de otro modo, en especies longevas podría incluso no hacerse notorio el problema. En este sentido son más una amenaza constante que una presión inmediata. Las plagas, en cambio, sí pueden causar mortandades de árboles, arbustos y matorrales, pero en este caso suelen ser poblaciones vegetales que ya se encuentran estresadas por algún otro factor (sequía, por ejemplo) y a las que la plaga viene a 'dar la puntilla'. Por tanto, aunque su eventual ataque es siempre una amenaza, pueden considerarse más bien como presión.</p>
1. Recopilación de fuentes de información y bases de datos
<p>El primer y fundamental problema a la hora de acceder a la información sobre plagas y herbivoría es que no hay una metodología clara que uniformice los datos sobre su incidencia, ni siquiera dentro de cada uno de los dos bloques, y desde luego no hay un repositorio nacional donde dicha</p>



información esté centralizada. Además, en general se podrían obtener datos de incidencia, sin embargo, no tanto datos de cómo la incidencia afecta al área.

Para las plagas hay diversas capas de información, basadas fundamentalmente en datos de defoliación, que suele ser el parámetro más fácilmente detectable en los casos de plagas por insectos, aunque hay otros para plagas de tronco, muérdago, etc. Hay que decir, además, que en todo caso estos datos son básicamente para árboles, mientras que la información sobre arbustos y matorrales es escasa o nula.

El referente más claro es la Red Europea de Seguimiento de Daños en los Bosques²⁴. Cuenta con dos niveles de resolución, conocidos como Nivel I y Nivel II. La primera es una red de seguimiento a gran escala del estado de salud y vitalidad de los bosques, que cubre toda Europa mediante 7500 puntos de control dispuestos en una cuadrícula de 16x16 Km. Se estableció en 1986 de un modo sistemático y en ella se lleva a cabo con periodicidad anual el análisis del estado de salud del arbolado y de los principales factores que actúan negativamente sobre el mismo mediante la evaluación de parámetros rutinarios como la pérdida de follaje del arbolado (defoliación), la determinación de agentes causantes de daños en los árboles, el nivel de fructificación, etc. El número de puntos en España es actualmente de 620. Su diseño permite realizar actividades de seguimiento sobre aspectos de creciente actualidad como son los efectos del cambio climático en los bosques, la gestión sostenible y la preservación de la biodiversidad forestal. Sobre esta red se construyó el Nivel II en 2008. En principio la red constaba de 54 parcelas en España que representaban los principales sistemas forestales españoles, pero con la entrada en vigor en 2009 del proyecto comunitario Life + FutMon y las nuevas prioridades europeas, se decidió reducir el número de parcelas existentes en toda Europa, intensificando el nivel de detalle de los trabajos. Por ello el número actual de parcelas de seguimiento intensivo en España es de 14. En estos puntos se registran multitud de parámetros con periodicidad desde mensual hasta bianual, además de algunos otros muestreos puntuales.

La Red Europea de Seguimiento de Daños en los Bosques tiene la ventaja de su extensión y calidad, pero la enorme desventaja de su enorme escala y escaso número de puntos de muestreo (620 en toda España para la Nivel I, apenas 12 por provincia). Dada la enorme diversidad y heterogeneidad de los sistemas arbolados y matorrales españoles, sería necesaria una red de mucho mayor detalle. Un buen ejemplo a este respecto son las redes de seguimientos de algunas comunidades autónomas, con menor detalle en los datos, pero una mayor extensión. Por ejemplo, Andalucía cuenta con la red SEDA²⁵ (+ Red de Pinsapo).

Ambas redes se componen de una serie de parcelas de observación ubicadas en los nudos de una malla de 8x8 km coincidentes con masas forestales (1x1 km en el caso de la Red de Pinsapo, que basan su metodología en la desarrollada por la Red Europea de Seguimiento de Daños en los Bosques (la red de Nivel I anteriormente citada), implantada en España a través de una Red Nacional desde finales de la década de los ochenta. Y a estas redes de menor escala hay que añadir los

²⁴ <https://www.mapa.gob.es/es/desarrollo-rural/temas/politica-forestal/inventario-cartografia/redes-europeas-seguimiento-bosques/default.aspx>

²⁵ http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/site/rediam/menuitem.04dc44281e5d53cf8ca78ca731525ea0/?vgnnextoid=b95c5d1a9f7b2410VgnVCM2000000624e50aRCRD&vgnnextchannel=92a709661f042310VgnVCM2000000624e50aRCRD&vgnnextfmt=rediam&lr=lang_es



sistemas de seguimiento para plagas específicas de especial interés como la procesionaria o los escolítidos. De nuevo en Andalucía²⁶, destacan tres: procesionaria del pino (*Thaumetopoea pityocampa*), lagarta peluda (*Lymantria dispar*) y perforadores.

Aparte de Andalucía hay otras comunidades autónomas con bases de datos similares. La procesionaria, por ejemplo, se sigue de forma similar en prácticamente toda España, pero la información no siempre está accesible. Así, Cataluña lleva mucho tiempo haciendo un seguimiento similar al andaluz, pero solo recientemente se ha implementado la construcción de una verdadera base de datos alimentada con sus registros. El primer reto que habría que acometer para usarlas es centralizarlas en una única base de datos que además tuviera una estructura coherente. La dispersión de la toma de datos por CCAA dificulta sobremanera esta armonización.

A todo esto, se añade la información sobre mortalidades súbitas (decaimientos, etc.) ocurridos en los últimos años en determinadas masas forestales de muy diversas zonas. Aquí se podrían incluir desde fenómenos como la seca de las quercíneas hasta los decaimientos de coníferas registrados en el sureste peninsular. Muchos de ellos son fenómenos sobrevenidos, más parecidos en su forma de actuar y en sus consecuencias a un incendio que a una plaga al uso.

En cuanto a los herbívoros, hasta donde se sabe no hay una recopilación de datos de daños por herbívoros. Lo más parecido podrían ser los inventarios de cabaña ganadera, en el caso de herbivoría por animales domésticos, y de especies cinegéticas, caso de animales salvajes. Ninguna de las dos informaciones es fácilmente accesible y hay muchas dudas sobre en qué medida las cifras que podrían aportar dichos inventarios serían fiables. En el caso de animales domésticos se supone que todos deben estar registrados y localizados geográficamente, pero eso no deja de ser una suposición. Sobre los animales salvajes, la propia dificultad de su censo, la disparidad de fuentes (desde cazadores a científicos) y la heterogeneidad en sus gestiones haría muy difícil aunar dichos datos. Además, si la única información disponible es número de cabezas, habrá que tener en cuenta que una misma densidad de ganado puede ser tolerable en un determinado sitio en un año bueno y en cambio devastadora en un año malo, de forma que la dinámica de sus efectos es diametralmente opuesta a la de las plagas, que causan daño básicamente por incremento en sus efectivos.

El ganado doméstico se registra por provincias, cada seis meses, en:

<https://www.mapa.gob.es/es/estadistica/temas/estadisticas-agrarias/ganaderia/encuestas-ganaderas/#para4>

Posiblemente en alguna parte estos datos estén desglosados a un nivel más detallado (comarcas, municipios), pero seguiría siendo una escala un tanto grosera.

Sobre herbívoros silvestres no hay un registro general, no hay datos detallados depositados en bases generales. Hay estudios concretos, en áreas de muy diferente amplitud, centrados en especies (o grupos de especies) concretos, así como registros puntuales de afecciones elevadas (conejo, por ejemplo, sobre cultivos). Estos estudios están efectuados por científicos y/o técnicos generalmente interesados en la dinámica de las poblaciones de ungulados silvestres en áreas protegidas o de

²⁶<http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/site/portalweb/menuitem.220de8226575045b25f09a105510e1ca/?vgnextoid=d9cfe6f1563d6510VgnVCM1000001325e50aRCRD&vgnnextchannel=882c545f021f4310VgnVCM10001325e50aRCRD>



especial interés natural (cabra montés en Cazorla, Sierra Nevada o Gredos, rebeco en Pirineos, etc.) Por ejemplo: Granados *et al.* (2001) y Marco *et al.* (2011).

Hay que hacer notar, que todo lo referido son bases de datos, muchas de ellas espacialmente explícitas, pero no son capas GIS *per se*.

2. Indicar qué información de 1 aplica para determinar impactos en el tipo de hábitat

Debido a la dispersión y heterogeneidad de los datos, convendría seguir un protocolo que reuniera y normalizara la información disponible, entre otras cosas para detectar cuáles son las principales carencias para un análisis adecuado. Pueden definirse los siguientes pasos:

1. Determinar la escala a la que pueden homogeneizarse los datos de presencia/densidad/incidencia de herbívoros y/o plagas. Debería ser lo más baja posible (1x1 km, 5x5 km), dados los tipos de hábitat que hay que evaluar, pero teniendo claro que, para algunas fuentes de información, como las de ganado doméstica, probablemente habrá que partir de una muy superior (provincial).
2. Determinar qué especies plaga/herbívoro van a ser especial foco de interés. Los herbívoros son pocos, pero las plagas son enormemente diversas, y será imposible centrar la atención en todas. Aun manteniendo en marcha un sistema de alerta para la aparición de alguna especie plaga no registrada hasta ahora, dentro de lo posible habrá que restringirse a las especies mejor conocidas y de las que ya se cuenta con un recorrido en manejo y gestión (procesionaria, lagarta peluda, escolítidos, seca, etc.)
3. Cruzar las distribuciones de presencia de especies plaga, densidad de herbívoros o fenómenos de defoliación/mortalidad, atribuibles a ellas con las distribuciones de los diferentes tipos de hábitat y comprobar el grado de coincidencia.
4. Incluso en los casos en que hay coincidencia, valorar en qué medida son realmente plagas y/o herbívoros los causantes de pérdidas de superficie en los tipos de hábitat a estudiar. Dado que la mayor parte de las afecciones por plaga que provocan mortalidad vienen precedidas de un cambio en las condiciones climáticas que provoca estrés en las plantas (incremento de temperatura, reducción en la precipitación, o ambas), debería considerarse la necesidad de cruzar la información de esta presión/amenaza con la del Cambio climático y con la de intensificación del uso forestal (esto se analizará más en detalle en el procedimiento de amenazas).

3. Evaluar la sensibilidad del tipo de hábitat a la presión

La superposición de las capas GIS *per se*, puede dar una idea aproximada de dónde pueden esperarse problemas de pérdida de superficie en los diferentes tipos de hábitat analizados. Sin embargo, y con independencia de los resultados que pueda aportar dicho análisis, lo esperable es que los problemas más graves se encuentren en aquellos lugares donde el tipo de hábitat en cuestión se encuentra en retirada como consecuencia del incremento de temperatura y reducción en la precipitación, lo que se conoce en la literatura científica como '*rear edge*', pero a la vez pueden encontrarse nuevas afecciones en el '*front edge*' de las plagas siempre y cuando encuentren un hospedador adecuado al que atacar. Será necesario igualmente cruzar los datos con los referidos a



especies invasoras, dado que algunas de ellas se comportan como herbívoros dañinos (muflón, arruí) o plagas (nematodo del pino, picudo rojo, etc.).

Los umbrales críticos, de menor a mayor presión por parte de plagas y herbívoros, que se sugieren para los tipos de hábitat son:

- Categoría L (baja): en el tipo de hábitat no se ha registrado ninguna defoliación masiva por plaga, mortalidad generalizada, o carencias en la regeneración por daños por herbívoro, en los últimos seis años.
- Categoría M (media): en el tipo de hábitat se ha registrado alguna defoliación masiva por plaga, alguna mortalidad generalizada (de pequeña superficie) o se aprecia un bloqueo en la regeneración por daños por herbívoro, en los últimos seis años.
- Categoría H (alta): en el tipo de hábitat se ha registrado más de una defoliación masiva por plaga, mortalidad masiva generalizada (de mediana a gran superficie) o no hay regeneración por daños por herbívoro, en los últimos seis años.

Tratar de establecer umbrales críticos para los diferentes tipos de hábitat sin saber siquiera de qué información se dispone sobre el daño que infligen las diferentes plagas y tipos de herbivoría es un ejercicio arriesgado. Se requiere de un conocimiento amplio de cada tipo de hábitat, de sus especies vegetales predominantes, de cuáles son sus potenciales consumidores y de qué efectos tiene su actividad sobre las poblaciones de las plantas. En consecuencia, ante la falta de información, se ha optado por un enfoque lo más preventivo posible, asumiendo el peor de los escenarios posibles, suponiendo que cualquier incidencia de plagas y herbivoría va a afectar negativamente al tipo de hábitat y que su efecto negativo una vez detectado no hará sino crecer. Los parámetros son fácilmente reconocibles al menos para plagas, no tanto para herbivoría, donde se puede requerir de tomas de datos adicionales y conocimiento experto, ya que bajo ningún concepto parece válido usar simplemente los datos de densidad de individuos como un buen estimador de riesgo para los tipos de hábitat. Además, hay que tener en cuenta que la asignación L, M y H debería ser espacialmente explícita. Por ejemplo, para calcular la superficie del tipo de hábitat con nivel H se solapa el mapa de zonas que han registrado más de una defoliación masiva por plaga en los últimos seis años con el mapa del tipo de hábitat correspondiente, y si la intersección de ambos es de más del 1% de la superficie del tipo de hábitat se considera que la perspectiva de ese tipo de hábitat frente a las plagas es desfavorable.

4. Periodicidad en la aplicación de protocolos

Como ya ha quedado dicho, tanto plagas como herbívoros pueden mostrar importantes variaciones (en su población o en sus efectos sobre la vegetación) de año en año, y dichos efectos pueden arrastrarse en años sucesivos aun cuando cambien las condiciones ambientales o los niveles poblacionales de plaga o herbívoros. Se insiste, por tanto, en que para ambos grupos de organismos es recomendable mantener la periodicidad anual en la aplicación de los protocolos de muestreo.



5. Cautelas

Hay que considerar la falta de información de la que se dispone para trabajar sobre las amenazas del cambio global a la vegetación. Por un lado, faltan datos contrastados sobre incidencia de plagas y herbívoros, por otro los datos existentes no están debidamente centralizados. Además, la mayor parte de la información, se centra en tipos de hábitat de bosque. No hay (o es muy escasa) para tipos de hábitat de matorral, donde con suerte se conoce la existencia de organismos consumidores, pero no se sabe nada sobre su dinámica y su posible respuesta a los cambios en el ambiente. En consecuencia, se puede establecer alguna predicción sobre algunos sistemas bien conocidos (p. ej. procesionaria del pino) pero no sobre la gran mayoría, sin descartar que cualquier organismo que hasta ahora era relativamente inocuo pase a ser agresivo. Esto quiere decir, en resumen, que buena parte de lo aportado en este procedimiento no deja de ser una desiderata basada en muchos conocimientos teóricos y escasos datos tomados a pie de campo, por lo que la probabilidad de error es elevada. Todo esto debe tomarse con precaución y para corregir lo dicho aquí se necesita una cantidad, calidad y procesado de nuevos datos ingente, así que hay que ponerse a producirla.

6. Referencias

Granados J E, Pérez J M, Márquez F J, Serrano E, Soriguer R C & Fandos P. 2001. La cabra montés (*Capra pyrenaica*, Schinz 1838). *Galemys*. 13(1): 3-37.

Marco J, Herrero J, Escudero M A, Fernández-Arberas O, Ferreres J, García-Serrano A, Giménez-Anaya A, Labarta J L, Monrabal L & Prada C. 2011. Veinte años de seguimiento poblacional de ungulados silvestres de Aragón. *Pirineos, Revista de Ecología de Montaña*. 166: 135-153.



PA 6.2. Procedimiento de presiones: parámetro 'Estructura y función'

PROCEDIMIENTO DE PRESIONES

PA 6. PLAGAS Y HERBIVORÍA

ESTRUCTURA Y FUNCIÓN

El consumo de materia vegetal viva por parte de plagas y herbívoros es un factor determinante de la estructura y función de los ecosistemas. Aunque en lugares tan humanizados como la península ibérica, la vegetación ha estado tradicionalmente sometida a elevadas cargas ganaderas y sufre periódicamente episodios de plagas, la estructura y función de los tipos de hábitat puede quedar fuertemente modificada porque el consumo (sobre todo si es excesivo) de la biomasa vegetal causa uno o más de los siguientes procesos:

- Pérdida de biomasa aérea.
- Pérdida de crecimiento.
- Pérdida de capacidad reproductora.
- Mortalidad, generalmente asociada con alguna otra perturbación en caso de que queden individuos vivos (sequía) en el caso de plagas, y generalmente directa sobre individuos juveniles en el caso de herbivoría.
- Movilización (tanto reciclaje como pérdida) y redistribución de nutrientes.
- Limitación de la regeneración poblacional.
- Compactación del suelo (herbivoría).

Estas modificaciones sobre la estructura y función de los tipos de hábitat pueden ser temporales o irreversibles a largo plazo, en función de la comunidad presente y las condiciones ambientales en las que se desarrolla. No necesariamente los impactos más intensos, pero menos constantes (una defoliación masiva, por ejemplo) son peores que los de baja intensidad pero sostenidos en el tiempo (herbivoría por ungulados).

1. Recopilación de fuentes de información y bases de datos

En las plagas, el principal cambio funcional sobre la vegetación va a venir por un cambio en la frecuencia de las superpoblaciones de la especie plaga. En zonas hasta recientemente limitadas por temperatura, aparecerán nuevas plagas, en zonas hasta ahora óptimas la frecuencia de *outbreaks* puede incrementar, en zonas al límite de distribución, la combinación del incremento de temperaturas y reducción de precipitación provocará cambios en la virulencia de plagas ya presentes, pero hasta ahora inocuas, que pueden llevar a un cambio en el tipo de hábitat (vía fenómenos de decaimiento). En cuanto a la herbivoría, si en un escenario de incremento de temperaturas y reducción de precipitación se mantienen o incrementan las cabañas ganaderas (doméstica y salvaje), lo más probable es que al reducir la producción primaria neta el efecto del



ramoneo sea cada vez más nocivo sobre las especies más palatables, conduciendo eventualmente a una limitación en la regeneración y por tanto a un cambio en la formación vegetal.

2. Indicar qué información de 1 aplica para determinar impactos en el tipo de hábitat

Las alteraciones de los tipos de hábitat en su estructura y función por plagas y herbivoría pueden ser detectados por múltiples vías, pero por un lado la vía puede ser diferente para cada tipo de hábitat y por otro lado un mismo cambio puede ser importante en un tipo de hábitat y en otro no. Posiblemente la vía más aparente para detectar cambios en estructura y función que no supongan, al menos en el momento presente, cambios (= pérdidas) en superficie cubierta por el tipo de hábitat sean los cambios en composición específica. Asumiendo que al menos las principales especies vegetales presentes en el tipo de hábitat aportan un elemento a su estructura y una función a su funcionamiento, una alteración de las abundancias relativas de estas especies principales comportará cambios en su estructura y función. No se hace referencia, por tanto, a cambios muy evidentes de tipo desaparición de los pinos en un pinar como consecuencia de una plaga, sino otros más sutiles del tipo falta de regeneración del pino en un pinar por ser más susceptible a los herbívoros y en cambio entrada de plántulas y juveniles de encina.

De lo dicho puede deducirse que es necesaria más información local y regional para poder definir con fundamento la sensibilidad de cada tipo de bosque o matorral. En algunas de las referencias citadas, en el apartado referencia, hay datos muy concretos sobre algunos tipos de hábitat, en los que se ha examinado la capacidad de regeneración de la especie más característica del tipo de hábitat, mediante el examen de la cantidad y proporción de individuos juveniles y de su capacidad de crecimiento. Pero incluso para estos tipos de hábitat falta información adicional sobre cómo estos procesos se ven condicionados por efecto de las plagas y la herbivoría.

Una propuesta conservadora puede ser usar la misma información que para las afecciones a la superficie de los tipos de hábitat, y sobre ella aplicar los mismos umbrales críticos (ver apartado 3).

3. Evaluar la sensibilidad del tipo de hábitat a la presión

Teniendo en cuenta que se están estimando los impactos potenciales, se proponen tres categorías de umbrales críticos para evaluar la sensibilidad en la estructura y función de una determinada especie/tipo de hábitat siguiendo un enfoque conservador. Así, se considera que los distintos tipos de impactos pueden estar estrechamente relacionados, con lo que la detección de un tipo de impacto posiblemente acarreará nuevos impactos en un futuro cercano, debido al empeoramiento de las condiciones climáticas y al aumento en la frecuencia e intensidad de los eventos climáticos extremos.

- Categoría baja (L): se ha detectado al menos un tipo de impacto para la especie/tipo de hábitat y potencialmente puede ocurrir en menos de un 20% de su distribución (existe menos de un 20% de solapamiento entre la capa de distribución y la de estrés climático).
- Categoría media (M): se ha detectado al menos un tipo de impacto para la especie/tipo de hábitat y potencialmente puede ocurrir en una superficie de entre un 20 y un 40% de su distribución (existe entre un 20 y un 40% de solapamiento entre la capa de distribución y la de estrés climático).



- Categoría alta (H): se ha detectado al menos un tipo de impacto para la especie/tipo de hábitat y potencialmente puede ocurrir en más de un 40% de su distribución (existe más de un 40% de solapamiento entre la capa de distribución y la de estrés climático).

Cabe destacar que las perspectivas futuras de las zonas con categoría H seguirán siendo desfavorables, es decir, seguirán estando en la categoría H. Sin embargo, las perspectivas futuras de las zonas con categoría M podrían en un futuro cercano ser desfavorables (pasando a la categoría H) debido a un empeoramiento de las condiciones climáticas y a un aumento en la intensidad y frecuencia de los impactos.

4. Periodicidad en la aplicación de protocolos

La información referente a la periodicidad en la aplicación de protocolos puede verse en el apartado 4 de PA 6.1. Procedimientos de presiones: parámetro 'Rango/Superficie ocupada'.

5. Cautelas

La información referente a las cautelas puede verse en el apartado 5 de PA 6.1. Procedimientos de presiones: parámetro 'Rango/Superficie ocupada'.

6. Referencias

Ayres M P & Lombardero M J. 2000. Assessing the consequences of global change for forest disturbance from herbivores and pathogens. *Science of the Total Environment*. 262(3): 263-286.

Baraza E, Zamora R & Hódar J A. 2006. Conditional outcomes in plant-herbivore interactions: neighbours matters. *Oikos*. 113(1): 148-156.

Battisti A. 2008. Forests and climate change - lessons from insect. *iForest*. 1:1-5.

Benavides R, Rabasa S G, Granda E, Escudero A, Hódar J A, Martínez-Vilalta J, Rincón A M, Zamora R & Valladares F. 2013. Direct and indirect effects of climate on demography and early growth of *Pinus sylvestris*: changing roles of biotic and abiotic factors at the rear edge. *PLoS One*. 8(3): e59824.

de la Fuente-León J, Lafuente-Jiménez E, Hermosilla D, Broto-Cartagena M & Gasco A. 2014. Soil development mediated by traditional practices shape the stand structure of Spanish juniper woodland. *Forest Systems*. 23(1): 167-170.

Gómez J M, Hódar J A, Zamora R, Castro J & García D. 2001. Ungulate damage on Scots pines in Mediterranean environments: effects of association with shrubs. *Canadian Journal of Botany*. 79(6): 739-746.

Herrero A, Zamora R, Castro J & Hódar J A. 2012. Limits of pine forest distribution at the treeline: herbivory matters. *Plant Ecology*. 213: 459-469.

Herrero A, Almaraz P, Zamora R, Castro J & Hódar J A. 2016. From the individual to the landscape and back: time-varying effects of climate and herbivory on tree sapling growth at distribution limits. *Journal of Ecology*. 104(2): 430-442.



Hódar J A & Zamora R. 2004. Herbivory and climatic warming: a Mediterranean outbreaking caterpillar attacks a relict, boreal pine species. *Biodiversity and Conservation*. 13: 493-500.

Moore B & Allard G. 2008. Climate change impacts on forest health. Forest Resources Development Service, Forest Management Division, Forestry Department FAO, Working Paper FBS/34E. Rome. 45 pp.

Navarro-Cerrillo R M, Camarero J J, Manzanedo R D, Sánchez-Cuesta R, López J & Sánchez R. 2014. Regeneration of *Abies pinsapo* within gaps created by *Heterobasidion annosum*- induced tree mortality in southern Spain. *iForest*. 7: 209-215.

Rabasa S, Granda E, Benavides R, Kunstler G, Espelta J, Ogaya R, Peñuelas J, Scherer-Lorenzen M, Gil W, Grodzki W, Ambrozy S, Bergh J, Hódar J A, Zamora R & Valladares F. 2013. Disparity in elevational shifts of European trees in response to recent climate warming. *Global Change Biology*. 19(8): 2490-2499.

Jaworski T & Hilszczański J. 2013. The effect of temperature and humidity changes on insects development their impact on forest ecosystems in the expected climate change. *Forest Research Papers*. 74(4): 45-355.

Valladares F, Benavides R, Rabasa S G, Díaz M, Pausas J G, Paula S & Simonson W D. 2014. Global change and Mediterranean forests: current impacts and potential responses. In: Coomes D A, Burslem D F R P & Simonson W D (eds.) *Forests and Global Change*. Pp. 47-76. Cambridge University Press-British Ecological Society.

Zamora R, Gómez J M, Hódar J A, Castro J, García D. 2001. Effect of browsing by ungulates on sapling growth of Scots pine in a Mediterranean environment: consequences for forest regeneration. *Forest Ecology and Management*. 144(1-3): 33-42.



PA 6.3. Procedimiento de amenazas: parámetro 'Rango/Superficie ocupada'

PROCEDIMIENTO DE AMENAZAS

PA 6. PLAGAS Y HERBIVORÍA

RANGO/SUPERFICIE OCUPADA

En el documento de presiones ya se ha puesto de manifiesto la dificultad de trabajar con este epígrafe, en especial el referido a herbivoría, por la falta de datos concretos sobre los que elaborar análisis o proponer medidas; algo menos con las plagas, aunque la situación es similar. Si esta es la situación para trabajar con datos presentes, abordar lo que puede ocurrir en el futuro entra en el terreno de la conjetura. Los niveles de daños por herbivoría dependen mucho más de la PAC (Política Agraria Comunitaria, ya que a través de ella se condiciona la existencia de las explotaciones extensivas de ganado doméstico) y de la gestión de las poblaciones de ungulados silvestres por cazadores y, en su caso, gestores de zonas protegidas, del cambio en las condiciones ambientales como consecuencia del cambio climático. Cabría suponer que incluso si sus *stocks* permanecen estables su efecto negativo va a incrementar como consecuencia de los efectos negativos del cambio climático en la vegetación de la que se alimentan. Caso diferente es el de las plagas, ya que son todas poblaciones naturales, aunque puedan usar tipos de hábitat humanizados, y en general son muy dependientes de las condiciones ambientales, por lo que su perspectiva futura puede ligarse a las predicciones de evolución del clima.

1. Recopilación de fuentes de información y bases de datos

Los sitios que pueden verse amenazados en el futuro por ataque de plagas, comprometiendo su superficie actual, pero aún no lo han sido, son sitios que se encuentran estresados por algún otro factor, básicamente el climático. Las mortalidades por plagas suelen causarse en plantas estresadas atacadas por plagas o patógenos especializados en plantas en esta situación, a diferencia de lo que ocurre con los defoliadores, que suelen atacar a plantas vigorosas y saludables y solo causan mortalidades más raramente. Dado que el estrés habitual al que las plantas están siendo sometidas es por sequía, debido a una combinación de reducción de las precipitaciones e incremento de las temperaturas, la forma de reconocer sitios potencialmente atacables en el futuro es usar las capas de condiciones climáticas pasadas y presentes, combinarlas, y examinar en qué zonas se está registrando una tendencia a déficit hídrico cerca o por encima de lo que puede resistir la especie de planta presente. La Agencia Española de Meteorología²⁷ (AEMET) dispone de bases de datos que permitirían elaborar estos marcos climáticos con condiciones pasadas y estimas de condiciones futuras. Combinando estas capas con datos GIS de coberturas actuales de los tipos de hábitat, se tendría una estima bastante objetiva de por dónde pueden venir los principales problemas de plagas. Cuanto más cerca esté un tipo de hábitat de los límites de tolerancia de sus especies principales, más probable es que haya alguna mortalidad masiva, *per se* por clima o ayudado por plaga oportunista. En estas zonas es donde habrá que establecer los mecanismos de alerta

²⁷ <http://www.aemet.es/es/serviciosclimaticos/>



temprana y los muestreos correspondientes para comprobar si efectivamente se aprecia una situación de estrés en las plantas y un repunte de plagas donde se están traspasando los límites.

En cuanto a la herbivoría por ganado doméstico o salvaje, la evidencia de un problema con vistas al futuro debe venir por reconocimiento de la desaparición o estado precario de las especies más palatables. En todos los sistemas ibéricos hay especies que son especialmente apetecibles al ganado y que desaparecen rápidamente con un pastoreo excesivo, y otras que por su resistencia al ganado por toxicidad o lo que sea florecen en situaciones de sobrepastoreo. Pero de esto no hay datos registrados y solo podría establecerse tomando datos sobre el terreno y estableciendo el orden de preferencia de consumo de las especies de herbívoros presentes sobre las especies de plantas presentes. Una fuerte desproporción entre frecuencia de plantas reproductoras y plántulas/juveniles en una especie palatable indicaría sin lugar a dudas un problema de regeneración debido a un exceso de herbivoría por unguilado, pero esto son datos que requieren de un buen conocimiento de la susceptibilidad a la herbivoría por la(s) especie(s) en cuestión y son parámetros que deben recopilarse en campo; no pueden estimarse a partir de otros indicadores. Eso debe ser reconocido e incorporado a los sistemas de alerta.

2. Indicar qué información de 1 aplica para determinar impactos en el tipo de hábitat

El análisis propuesto necesita de

1. Una buena cobertura GIS de precipitación y temperatura a nivel nacional durante los últimos decenios, que permita señalar qué sitios están viendo recientemente una reducción de precipitación, un incremento de temperatura, o ambos. Las bases de datos de AEMET pueden ser el sitio adecuado para recopilar esta información y manejarla. Podría usarse un índice sintético para facilitar la tarea.
2. Una equivalente buena cobertura GIS de precipitación y temperatura a nivel nacional para escenarios futuros, que permita señalar en qué sitios las condiciones van a empeorar debido a una reducción de precipitación, un incremento de temperatura, o ambos. De nuevo, las bases de datos de AEMET pueden ser el sitio adecuado para recopilar esta información y manejarla. El grado de empeoramiento en las condiciones ambientales vendría dado por la relación entre los escenarios recientes y los previsibles escenarios futuros. Podría usarse un índice sintético para facilitar la tarea.
3. Un buen conocimiento de los límites de tolerancia de las especies vegetales principales en cada uno de los tipos de hábitat. Probablemente esto solo sea posible para la mayor parte de las especies arbóreas, sobre todo aquellas que tienen interés en forestación, y en cambio puede ser complicado para la mayoría de las especies arbustivas. Ello obligaría a una importante revisión bibliográfica que permitiera tabular estos datos para todas las especies señeras en los tipos de hábitat amenazados.

La superposición de las capas GIS de índices de estrés y de tolerancia de las especies presentes *per se* puede dar una idea aproximada de dónde pueden esperarse problemas de pérdida de superficie en los diferentes tipos de hábitat analizados. Así, se encuentran lugares donde no ha habido un empeoramiento significativo de las condiciones ambientales, sitios en los que las condiciones han empeorado pero no se han salido de los límites de tolerancia de las especies presentes, y sitios donde sí se han salido. Lo esperable es que los problemas más graves se encuentren en aquellos



lugares donde el tipo de hábitat en cuestión se encuentra en retirada como consecuencia del incremento de temperatura y reducción en la precipitación, lo que se conoce en la literatura científica como *rear edge*, pero a la vez pueden encontrarse nuevas afecciones en el *front edge* de las plagas, siempre y cuando estas encuentren un hospedador adecuado al que atacar. Será necesario igualmente cruzar los datos con los referidos a especies invasoras, dado que algunas de ellas se comportan como herbívoros dañinos (muflón, arruí) o plagas (nematodo del pino, picudo rojo, etc.).

3. Evaluar la sensibilidad del hábitat a la amenaza

En la línea de lo sugerido para presiones, los umbrales críticos, de menor a mayor presión por parte de plagas y herbívoros, que se sugieren para los tipos de hábitat son:

- Categoría L (baja): en el tipo de hábitat no hay superficies que hayan estado en condiciones abióticas fuera de los límites de tolerancia en los últimos doce años, pero es previsible que dichas condiciones puedan darse en los próximos doce años.
- Categoría M (media): en el tipo de hábitat hay superficies que han estado en condiciones abióticas fuera de los límites de tolerancia al menos una vez en los últimos doce años, y la perspectiva es que la superficie y la frecuencia de dichas condiciones para los próximos doce años incrementen.
- Categoría H (alta): en el tipo de hábitat hay superficies que han entrado en condiciones abióticas fuera de los límites de tolerancia por las principales especies del tipo de hábitat más de una vez en los últimos doce años, y hay perspectivas de que dicha superficie va a incrementar de modo significativo y con mayor frecuencia para los próximos doce años.

Al igual que ocurría en el procedimiento de presiones, tratar de establecer umbrales críticos para los diferentes tipos de hábitat sin saber siquiera de qué información se dispone sobre límites fisiológicos de las especies implicadas es un ejercicio arriesgado. Se requiere de un conocimiento amplio de cada tipo de hábitat, de sus especies vegetales predominantes, de cuáles son sus potenciales consumidores y de qué efectos tiene su actividad sobre las poblaciones de las plantas. En consecuencia, ante la falta de información, se ha optado por un enfoque preventivo en extremo, asumiendo el peor de los escenarios posibles, suponiendo que cualquier entrada en estrés climático de las especies principales del tipo de hábitat incrementará la incidencia de plagas (y la herbivoría) y que esto va a afectar negativamente al tipo de hábitat; y que su efecto negativo una vez detectado no hará sino crecer. Hay que tener en cuenta que la asignación L, M y H debería ser espacialmente explícita. Por ejemplo, para calcular la superficie del tipo de hábitat con nivel H de amenaza se solapan los mapas de cambio a peor en las condiciones ambientales, y si la intersección de ambos es de más del 1% de la superficie del tipo de hábitat se considera que la perspectiva de ese tipo de hábitat frente a las plagas es desfavorable.

Aunque las categorías se han centrado en la entrada de la formación vegetal en zona de estrés, ya que las plagas que afectan a especies estresadas suelen ser mucho más mortales para la vegetación, conviene no olvidar que puede darse (probablemente se dará) un repunte de plagas de tipo defoliador en los sitios del tipo de hábitat cuyo estado general ha mejorado al incrementar la temperatura, porque las especies plaga suelen responder más rápidamente a este tipo de cambios



que las especies nutricias de dichas plagas. Como norma general los defoliadores son menos nocivos (en términos de mortalidad) que los fluidófagos típicos de plantas estresadas, pero si su incidencia se hace repetitiva pueden también dar lugar a mortalidades masivas. Si la defoliación es solo episódica y no viene acompañada de una reducción en el reclutamiento de la especie atacada (por razones climáticas no debería ser así, pero aquí puede entrar el efecto de la herbivoría por ungulado, no predecible) el efecto no será negativo en conjunto.

A *priori* puede afirmarse que las principales amenazas serán para tipos de hábitat de montaña, en los que la progresión de las plagas puede ser mucho más rápida que la de sus formaciones vegetales asociadas, y las vegetaciones de tipo árido en el sureste peninsular y las islas Canarias, donde la precipitación ya es bastante escasa y un pequeño incremento en el grado de estrés puede sacar totalmente de sitio al tipo de hábitat amenazado. Son además los tipos de hábitat en general con superficies ya reducidas, lo que acrecienta el problema.

4. Periodicidad en la aplicación de protocolos

Dada la gran capacidad de respuesta de las plagas a cambios en las condiciones ambientales, la aplicación de protocolos debería reevaluarse con la mayor frecuencia posible, incorporando las zonas que, en función de los datos climáticos de cada año, colocan a los tipos de hábitat fuera de sus límites de tolerancia. Una vez implementado no sería especialmente complicado reevaluar el sistema anualmente, pero dado que la esencia del análisis consiste en analizar tendencias, una frecuencia mínima podría ser cada seis años. En todo caso, una posibilidad interesante sería correr el protocolo con alguno de los escenarios del *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) y comparar cómo de precisas son dichas predicciones con los datos reales. Sería, además, un procedimiento de alerta temprana que permitiría extremar las precauciones en aquellas zonas donde la predicción del IPCC pronostica una mayor probabilidad de estrés para las formaciones vegetales.

5. Cautelas

Aparte de las indicadas para presiones, hay que tener en cuenta que, al hablar de amenazas, se trabaja sobre proyecciones de lo que puede ocurrir. En la valoración propuesta se parte de una predicción climática para analizar dónde puede ser más posible una mayor incidencia de plagas y herbívoros, y es sabido que, aunque la tendencia general en el clima es clara, la forma en que esa tendencia sea concreta a nivel local (lo que se conoce como *downscaling*) es mucho menos obvia. Sin embargo, para cruzar los datos climáticos de incidencia de estrés con los de cobertura del tipo de hábitat ambos deben tener la misma resolución, lo cual implica que o se relaja la precisión en la cobertura del tipo de hábitat o se incrementa la capacidad resolutoria y predictiva en la de clima. Es posible, además, que algunas de las presiones/amenazas interactúen y deban valorarse conjuntamente, por ejemplo, las especies invasoras que constituyen plaga (nematodo del pino, avispa del castaño) o provocan daños por herbivoría (arruí). Y, desde luego, harán falta datos de campo que confirmen en qué medida los ejercicios teóricos aquí realizados ofrecen predicciones mínimamente creíbles.



PA 6.4. Procedimiento de amenazas: parámetro 'Estructura y función'

PROCEDIMIENTO DE AMENAZAS

PA 6. PLAGAS Y HERBIVORÍA

ESTRUCTURA Y FUNCIÓN

Como se ha visto para el caso de las presiones, la estructura y función de los tipos de hábitat queda fuertemente modificada como consecuencia de la actividad de plagas y herbívoros, a través de una serie de procesos ya detallados. Resulta evidente que si el tipo de hábitat desaparece (afección al rango/superficie ocupada) la estructura y función de los tipos de hábitat cambia; menos obvio resulta que, aunque el tipo de hábitat permanezca, una alteración en los niveles de afección por plagas y/o herbivoría cambiaría la estructura y función de los tipos de hábitat de forma difícilmente predecible.

1. Recopilación de fuentes de información y bases de datos

En el apartado de afecciones al rango/superficie ocupada se ha propuesto un sistema basado en la relación del nivel de estrés sufrido por los tipos de hábitat en los últimos años, en relación con el estrés previsible para los años venideros, para tratar de determinar el efecto que dichos niveles de estrés tendrían en la mortalidad de las especies más importantes del tipo de hábitat (y por lo tanto afectar a su superficie) vía actividad de las plagas.

Es evidente que una reducción en superficie del tipo de hábitat alterará la estructura y función del tipo de hábitat, pero dichas alteraciones deben empezar desde el momento en que las especies más comunes en el tipo de hábitat comienzan a experimentar una situación de estrés abiótico (cambio en el clima) combinado con biótico (defoliación por plaga, por ejemplo). Esto suele conllevar incrementos en la movilización de nutrientes, lo que sería un notable cambio en la función del ecosistema; sin embargo, dependiendo de cómo esta movilización interactúe con precipitación y temperatura, podrá dar lugar a reciclaje, si hay organismos capaces de capturar esos nutrientes movilizados, o a pérdidas si no es así.

Algunas referencias en este sentido pueden verse en el apartado referencias.

2. Indicar qué información de 1 aplica para determinar impactos en el tipo de hábitat

A falta de información de otra índole, habrá que suponer que las amenazas a la estructura y función de los tipos de hábitat ocurrirán en aquellas zonas en que la incidencia de plagas afecte a los tipos de hábitat según el procedimiento previsto en las amenazas para el rango/superficie ocupada. No parece que haya posibilidad de prever en qué sentido va a moverse la amenaza por herbivoría por ungulados en años venideros, aunque lo más probable, como ya se ha dicho anteriormente, es que su efecto general incremente.



3. Evaluar la sensibilidad del tipo de hábitat a la amenaza

Las afecciones a la estructura y función son esperables en los mismos sitios para los que es esperable una afección a la superficie. Probablemente los cambios en la estructura y función vayan por delante de las pérdidas en superficie. Por ejemplo, es posible que el incremento de temperaturas y la reducción en precipitación en una zona que empieza a entrar en estrés abiótico vea alteradas funciones como el reciclaje de nutrientes bastante antes de que las especies más características del tipo de hábitat comiencen a morir (y por tanto den lugar a una reducción en la superficie cubierta por dicho tipo de hábitat), pero probablemente también sean mucho más difíciles de detectar sin un seguimiento muy directo sobre el terreno. En este sentido, la categoría intermedia de amenaza a la superficie podría usarse como una alerta temprana de amenaza a la estructura y función, pero de nuevo esto debería ratificarse con una toma de datos a pie de campo. En consecuencia, se mantienen las categorías especificadas para amenazas a la superficie:

- Categoría L (baja): en el tipo de hábitat no hay superficies que hayan estado en condiciones abióticas fuera de los límites de tolerancia en los últimos doce años, pero es previsible que dichas condiciones puedan darse en los próximos doce años.
- Categoría M (media): en el tipo de hábitat hay superficies que han estado en condiciones abióticas fuera de los límites de tolerancia al menos una vez en los últimos doce años, y la perspectiva es que la superficie y la frecuencia de dichas condiciones para los próximos doce años incrementen.
- Categoría H (alta): en el tipo de hábitat hay superficies que han entrado en condiciones abióticas fuera de los límites de tolerancia por las principales especies del tipo de hábitat más de una vez en los últimos doce años, y hay perspectiva de que dicha superficie va a incrementar de modo significativo y con mayor frecuencia para los próximos doce años.

En línea con lo descrito para amenazas a la superficie, *a priori* puede afirmarse que las principales amenazas serán para tipos de hábitat de montaña, en los que la progresión de las plagas puede ser mucho más rápida que la de sus formaciones vegetales asociadas, y las vegetaciones de tipo árido en el sureste peninsular y las islas Canarias, donde la precipitación ya es bastante escasa y un pequeño incremento en el grado de estrés de las plantas puede cambiar totalmente el signo de la interacción que las plantas mantienen con sus plagas asociadas. En todo caso, es interesante señalar que, mientras que el cambio en las condiciones ambientales (mayor aridez por incremento de temperatura y reducción en la precipitación) puede ralentizar algunos procesos ecosistémicos como el reciclaje de nutrientes, el incremento de actividad de plagas y herbívoros podría ir en sentido contrario, al obligar a la movilización de nutrientes secuestrados por la vegetación y que son colocados en formas sencillas fácilmente adquiribles por las plantas via excrementos de plagas o herbívoros. Predecir cuál va a ser el resultado neto de esas dos interacciones contrapuestas diría cuál va a ser el efecto final del cambio en la función ecosistémica concreta.

4. Periodicidad en la aplicación de protocolos

Ver PA 6.2. Procedimientos de presiones: parámetro 'Estructura y función'.



5. Cautelas

Ver PA 6.2. Procedimientos de presiones: parámetro 'Estructura y función'.

6. Referencias

Bonan G B. 2008. Forests and climate change: forcings, feedbacks, and the climate benefits of forests. *Science*. 320(5882): 1444-1449.

Cornelissen T. 2011. Climate change and its effects on terrestrial insects and herbivory patterns. *Neotropical Entomology*. 40(2): 155-163.

Dale V H, Joyce L A, McNulty S, Neilson R P, Ayres M P, Flannigan M D, Hanson P J, Irland L C, Lugo A E, Peterson C J, Simberloff D, Swanson F J, Stocks B J & Wotton B M. 2001. Climate change and forest disturbances. *BioScience*. 51(9): 723-734.

Evans E W. 2016. Biodiversity, ecosystem functioning, and classical biological control. *Applied Entomology and Zoology*. 51: 173-184.

Fischer A, Marshall P & Camp A. 2013. Disturbances in deciduous temperate forest ecosystems of the northern hemisphere: their effects on both recent and future forest development. *Biodiversity & Conservation*. 22: 1863-1893.

Fox N J, Davidson R S, Marion G & Hutchings M R. 2015. Modelling livestock parasite risk under climate change. *Advances in Animal Biosciences*. 6(1): 32-34.

Iyengar S V, Balakrishnan J & Kurths J. 2016. Impact of climate change on larch budmoth cyclic outbreaks. *Nature Scientific Reports*. 6: 27845.

Knops J M H, Tilman D, Haddad N M, Naeem S, Mitchell C E, Haarstad J, Ritchie M E, Howe K M, Reich P B, Siemann E & Groth J. 1999. Effects of plant species richness on invasion dynamics, disease outbreaks, insect abundances and diversity. *Ecology Letters*. 2(5): 286-293.

le Mellec A, Karg J, Bernacki Z, Slowik J, Korczynski I, Krummel T, Mazur A, Vogt-Altena H, Gerold G & Reinhardt A. 2010. Effects of insect mass outbreaks on throughfall composition in even aged European pine stands - implications for the C and N cycling. *Journal of Earth Science and Climatic Change*. 1(1): 101.

Maguire D Y, James P M A, Buddle C M & Bennett E M. 2015. Landscape connectivity and insect herbivory: A framework for understanding tradeoffs among ecosystem services. *Global Ecology and Conservation*. 4: 73-84.

Seidl R, Spies T A, Peterson D L, Stephens S L & Hicke J A. 2016. Searching for resilience: addressing the impacts of changing disturbance regimes on forest ecosystem services. *Journal of Applied Ecology*. 53(1): 120-129.

Sidder A M, Kumar S, Laituri M & Sibold J S. 2016. Using spatiotemporal correlative niche models for evaluating the effects of climate change on mountain pine beetle. *Ecosphere*. 7(7): e01396.



Weisser W W & Siemann E. 2004. The various effects of insects on ecosystem functioning. In: Weisser W W & Siemann E. (eds.) *Insects and Ecosystem Function*. Ecological Studies, Vol. 173. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.

Yang L H & Gratton C. 2014. Insects as drivers of ecosystem processes. *Current Opinion in Insect Science*. 2: 26–32.



PA 7. Erosión

Autor: Margarita Roldán Soriano

PA 7.1. Procedimiento de presiones: parámetro 'Rango/Superficie ocupada'

PROCEDIMIENTO DE PRESIONES
PA 7. EROSIÓN - EROSIÓN HÍDRICA SUPERFICIAL
RANGO/SUPERFICIE OCUPADA
<p>La erosión hídrica superficial es uno de los principales procesos de riesgo de desertificación en España, es decir, es un proceso que conduce a la degradación del suelo y, por tanto, a la pérdida de su productividad en áreas de clima árido, semiárido o subhúmedo seco y por la acción de factores climáticos y antrópicos. Los condicionantes indicados se dan en una gran superficie en España, con índices de aridez elevados, ya que más de dos tercios del territorio español entra en la categoría de árido, semiárido o subhúmedo seco, y actividades antrópicas generadoras de erosión.</p> <p>El principal causante de erosión hídrica es la erosividad de la lluvia y su escorrentía asociada, en áreas medioambientalmente proclives a la erosión, es decir, con pendientes elevadas y escasa cubierta. Los factores de presión más importantes son las actividades humanas que eliminan la cubierta vegetal o favorecen su deterioro como pueden ser: roturaciones inadecuadas, gestión inadecuada de la cubierta, laboreos excesivos, cultivos intensivos, sobrepastoreo o urbanismo en áreas con una vulnerabilidad medio alta a la erosión.</p> <p>Los impactos ocasionados por el riesgo erosivo pueden producirse '<i>on site</i>', y '<i>off site</i>'. En los impactos '<i>on site</i>', es decir en el lugar donde se está produciendo la pérdida, se produce la reducción de fertilidad del suelo por pérdida de los elementos finos del suelo, reducción de espesor y, por tanto, reducción de capacidad de almacenamiento de agua, y deterioro de las propiedades físicas del suelo. Todo ello conduce a pérdida de productividad del suelo y de capacidad de mantenimiento de cubierta, por lo que es un proceso que se retroalimenta. Además, los sedimentos producidos y que son transportados por la escorrentía pueden ocasionar impactos '<i>off site</i>', es decir, pueden llegar a los cursos de agua, deteriorar su calidad, enterrar cultivos, colmar obras de infraestructura, embalses, etc., reduciendo en muchas ocasiones la capacidad de evacuación y favoreciéndose las inundaciones. Además, dichos sedimentos, pueden llevar contaminantes y deteriorar los ecosistemas acuáticos.</p>
1. Recopilación de fuentes de información y bases de datos
<ul style="list-style-type: none">■ Agresividad de la lluvia en España. Valores del factor R de la Ecuación de Pérdidas de Suelo. Escala 1/1.000.000. Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación o MAPA (1998). También tiene aplicación informática dentro del MAPA.■ Aplicación interactiva de cálculo de Factor R_{10}, severidad de la lluvia, en '<i>New methodology to calculate the erosivity of a storm with a 10 year recurrence (R_{10}) for application of RUSLE in Spain</i>'. Roldán et al. (2017). Aplicación informática en: http://www.ecogesfor.org/recursos/



- El poder de la lluvia. Características de la precipitación y erosividad. Nueva formulación para la estimación de la erosividad. Aplicación al cálculo del factor R de la USLE (Ecuación Universal de Pérdidas de Suelo; Roldán 2006).
- Mapas de Estados Erosivos de las grandes Cuencas Hidrográficas y las Islas. En estos estudios se aplicó la USLE. Escala: 1/400.000. Instituto Nacional para la Conservación de la Naturaleza. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Varias fechas (1987-1994). Incluyen Mapas de: Pérdidas de suelo, Factor K (factor suelo), Factor LS (factor topográfico), Factor C (factor vegetación).
- Inventario Nacional de Erosión de Suelos (proyecto INES). Ministerio de Medio Ambiente 2002-2012. Escala: 1/250.000. Son mapas de erosión a nivel provincial. En estos estudios se utilizó el modelo de la RUSLE 1 (Ecuación Universal de Pérdidas de Suelo Revisada). Incluyen mapas de: pérdida de suelo, Factor K (factor suelo), Factor LS (factor topográfico), y Factor C (factor vegetación). Actualmente, este proyecto está en curso.
- Mapa de aridez.
https://www.mapa.gob.es/es/desarrollo-rural/temas/politica-forestal/1_Aridez_red1_tcm30-152810.jpg
- Mapa de riesgo a desertificación.
https://www.mapa.gob.es/es/desarrollo-rural/temas/politica-forestal/mapariesgo_desertificacion_tcm30-152875.jpg
- Proyecto LUCDEME (proyecto de Lucha a la desertificación en el Mediterráneo). Dentro de este proyecto hay numerosas publicaciones relacionadas con el proceso de erosión hídrica superficial, considerado como el principal proceso de degradación del suelo (desde principios de los 80). Monografías del Proyecto LUCDEME, editadas por el Ministerio de Medio Ambiente.
 - En 1995 en el marco del Proyecto LUCDEME se puso en marcha la Red de Estaciones Experimentales de Seguimiento y evaluación de la erosión del Proyecto LUCDEME (RESEL). La instalación de dicha red se realizó por toda España, principalmente en el ambiente Mediterráneo, a estas estaciones hay asociadas multitud de publicaciones.
- Proyectos de restauración-hidrológico-agroforestales incluidos en los Planes hidrológicos nacionales. En dichos proyectos se hace un estudio de erosión de cuencas.
- Capacidad de uso y erosión de suelos: una aproximación a la evaluación de tierras en Andalucía. Junta de Andalucía. Sevilla. Moreira Madueño (1991). En dicha publicación el autor hace una asimilación de las tablas originales de Wischmeier y Smith del factor C de cultivos con los cultivos tradicionales de la cuenca del Guadalquivir.
- Son muchos los proyectos de estudio de erosión que se han desarrollado en España en Universidades, Organismos Oficiales y Empresas de Ingeniería.



2. Indicar qué información de 1 aplica para determinar impactos en el tipo de hábitat

Con la información recogida en el apartado 1 es posible saber qué áreas de España tienen mayor riesgo a erosión debido a erosividad de lluvia y/o a la severidad de la lluvia y si la cubierta existente es o no protectora frente a esa entrada de energía en el sistema.

En cuanto a los mapas de erosión, tanto a escala de cuenca hidrográfica como a nivel provincial, por la propia estructura del modelo utilizado (USLE o RUSLE) es posible conocer cuál es el factor desencadenante o de mayor influencia en el proceso de erosión hídrica superficial, si es el suelo, la topografía o la cubierta y el valor del factor causante el Factor R (Factor Lluvia) y su situación. De todos ellos es posible conocer su intensidad en el proceso erosivo, dado que son factores cuantificables, pudiendo deducir de ellos la erosibilidad del suelo a la erosión, el potencial erosivo de la topografía y la capacidad de protección de la cubierta del suelo.

Para determinar el impacto que ocasiona la erosión del suelo sobre el rango o la superficie ocupada de los tipos de hábitat, la conveniencia de utilizar una u otra información del apartado 1 depende de la escala de trabajo que se esté manejando. En principio, la actualización del proyecto INES, con el uso de nuevas metodologías y de información medioambiental actualizada, hace que su uso para la estimación de los impactos que la erosión superficial ocasiona en la superficie y extensión de los tipos de hábitat se pueda considerar como la más indicada.

3. Evaluar la sensibilidad del tipo de hábitat a la presión

Para establecer los umbrales o pérdida de suelo admisible, denominada tolerancia, se ha manejado un valor guía para poder establecer medidas de restauración de suelos desde el punto de vista erosivo que es de 12 t/ha y año (Wischmeier & Smith 1978). Existe una categorización de la pérdida de suelo según FAO, Directrices de Naciones Unidas, UNESCO y PNUMA, en la cual la consideración de pérdida nula o ligera no se aleja mucho del valor utilizado habitualmente de 12 t/ha y año. La clasificación de categorías de pérdida según FAO se muestra en la Tabla PA 7.1.1.

Tabla PA 7.1.1 Categorización de la pérdida de suelo en t/ha y año y mm/año. Fuente: elaboración propia adaptada de la información de la FAO.

Clase de erosión	t/ha y año	Espesor de suelo mm/año
L	< 10	< 0,6
M	10-50	0,6-3,3
H	50-200	3,3-13,3

Actualmente, se están desarrollando estudios para asignación de tolerancias de pérdida de suelo en función de las características intrínsecas del suelo. En cuanto a la fragilidad del medio que indica como de susceptible es el medio al riesgo potencial de erosión, en el caso de que no existiese cubierta, y que viene dada por el producto de los factores de la lluvia (R), del suelo (K) y topografía (LS), indicando en que caso habría que tomar medidas de protección de cubierta cuando la fragilidad fuese pequeña, pero las pérdidas fuesen altas.



Tabla PA 7.1.2 Grado de fragilidad del suelo en el caso de que no existiese cubierta y pérdida del mismo en t/ha y año y mm/año. Fuente: elaboración propia.

Fragilidad ($R \cdot K \cdot LS$)	t/ha y año	Espesor de suelo mm/año
No erosivo	< 15	< 0,6
Moderadamente erosivo	15-50	0,6-3,3
No erosivo	50-100	3,3-13,3
Muy erosivo	> 100	> 13,3

4. Periodicidad en la aplicación de protocolos

La periodicidad en el seguimiento de la erosión vendrá determinada por las variaciones que se produzcan en el entorno medioambiental, con relación a la cubierta vegetal, la modificación en la topografía, en el suelo y las prácticas, estas variaciones se podrían producir por las actividades humanas en el ámbito agrícola, forestal, de construcción, urbano, de minería, etc. Cualquier actividad humana que modificase la cubierta o cualquiera de las variables medioambientales cambiaría su respuesta frente al proceso de erosión hídrica.

Además, con la certeza del cambio climático que se está produciendo a una velocidad alta, sobre todo en lo relacionado con las temperaturas y las precipitaciones, y su influencia sobre la cubierta vegetal, haría que fuese razonable el ampliar la serie de datos de dichos parámetros climáticos para la obtención de nuevos valores de erosividad de lluvia y de nuevos valores de factores de vegetación en relación a la erosión.

Para ello sería interesante analizar los mapas e índices de variación de dichos parámetros climáticos y su previsión de cambio en el futuro, ya elaborados por los expertos de cambio climático²⁸.

La periodicidad en la publicación de información y cartografía relativa al proceso de erosión hídrica no está claramente establecida, pero como se recoge en el apartado 1, el estudio de la erosión es continuo por parte de los organismos oficiales incorporando nuevas tecnologías y las posibles variaciones que se han ido produciendo en el entorno medioambiental.

5. Cautelas

El clima está cambiando como consecuencia de las actividades humanas, singularmente por las emisiones de gases de efecto invernadero asociadas a la utilización de combustibles fósiles y a la deforestación²⁸.

Esto supone una serie de incertidumbres en los cambios producidos en el factor desencadenante de la erosión hídrica superficial, la lluvia. Además, incertidumbre en los cambios producidos en las temperaturas que junto con los cambios en la lluvia determinan la cubierta existente en un área, la cual debe tenerse en cuenta. Actualmente se está estudiando cómo estos cambios influirían en la cubierta existente, si dicha cubierta podría adaptarse a los cambios producidos o qué tipo de cubierta ocuparía su lugar. En cualquiera de los casos estos cambios influirían en la pérdida de suelo por erosión hídrica superficial.

²⁸ http://www.aemet.es/es/serviciosclimaticos/cambio_climat/result_graficos



6. Referencias

Roldán M. 2006. El poder de la lluvia: características de la precipitación y erosividad: nueva formulación para la estimación de la erosividad: aplicación al cálculo del factor de la USLE. Organismo Autónomo Parques Nacionales. Madrid.



PA 7.2. Procedimiento de presiones: parámetro 'Estructura y función'

PROCEDIMIENTO DE PRESIONES

PA 7. EROSIÓN - EROSIÓN HÍDRICA SUPERFICIAL

ESTRUCTURA Y FUNCIÓN

Los impactos ocasionados por el riesgo erosivo se derivan de la pérdida de suelo y sus consecuencias, tanto en el suelo en sí como en la influencia que este puede tener en la cubierta vegetal y la fauna, como en la población de las áreas sometidas a dichos impactos. La función primordial del suelo de poder sustentar la cubierta vegetal se puede ver limitada o incluso puede desaparecer por su erosión. Además, esta pérdida de suelo modifica su función hidrológica al reducirse su espesor y modificarse sus características físicas, consecuencias que también influyen en el mantenimiento de la cubierta vegetal.

Esta reducción o pérdida de cubierta a su vez aumenta el riesgo a erosión del suelo por ser el principal agente natural de protección del suelo frente a erosión hídrica superficial.

1. Recopilación de fuentes de información y bases de datos

La reducción de función del suelo para la capacidad de mantener la cubierta vegetal debida a erosión se podría inducir a través de la información existente sobre vegetación y sobre el riesgo erosivo. La recopilación de fuentes de información y bases de datos son las siguientes:

- Mapas de Estados Erosivos de las grandes Cuencas Hidrográficas y las Islas. En estos estudios se aplicó la USLE. Escala: 1/400.000. Instituto Nacional para la Conservación de la Naturaleza. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (1987-1994). https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/servicios/banco-datos-naturaleza/informacion-disponible/Mapas_estados_erosivos_descargas.aspx
- Inventario Nacional de Erosión de Suelos (Proyecto INES). Ministerio de Medio Ambiente 2002-2012. Escala: 1/250.000. Son mapas de erosión a nivel provincial. <https://www.mapa.gob.es/es/desarrollo-rural/temas/politica-forestal/inventario-cartografia/inventario-nacional-erosion-suelos/>
- Mapa Forestal de España. Escala: 1/50.000. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Instituto Nacional para la Conservación de la Naturaleza (ICONA). Incluye todas las provincias. <https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/servicios/banco-datos-naturaleza/>
- Mapas de Cultivos y Aprovechamientos. Escala 1/200.000. Escala 1.50.000. Incluye todas España. <https://www.mapa.gob.es/es/cartografia-y-sig/publicaciones/agricultura/>
- El proyecto CORINE *Land Cover* (CLC). Escala 1:100.000 sobre la Cobertura y/o Uso del Territorio (Ocupación del suelo) en el ámbito europeo. Base de datos multitemporal de tipo



numérico y geográfico sobre la Cobertura y/o Uso del Territorio (Ocupación del suelo) en el ámbito europeo.

https://www.mapa.gob.es/es/desarrollo-rural/planes-y-estrategias/informacion-territorial/mapa-de-ocupacion-del-suelo-corine-/default2010-11-11_20.53.58.7639.aspx

- Fotografía aérea. Todos los vuelos desde 1956 hasta la actualidad.
- Datos LiDAR (*Light Detection and Ranging*).
- Imágenes *Sentinel* sobre vegetación.
<https://sentinel.esa.int/web/sentinel/sentinel-data-access>
- Mapa de aridez.
https://www.mapa.gob.es/es/desarrollo-rural/temas/politica-forestal/1_Aridez_red1_tcm30-152810.jpg
- Mapa de riesgo a desertificación.
https://www.mapa.gob.es/es/desarrollo-rural/temas/politica-forestal/mapariego_desertificacion_tcm30-152875.jpg
- Bibliografía relativa a valores umbrales de precipitación, suelo, pendientes, etc., para la existencia de diferentes especies vegetales.
- Estudios y mapas sobre capacidades agrológicas existentes.

2. Indicar qué información de 1 aplica para determinar impactos en el tipo de hábitat

Al estar la estructura y función de los tipos de hábitat íntimamente ligados con la capacidad de los suelos para sustentar la cubierta vegetal, esta capacidad estará ligada, también, con la pérdida del suelo. Y el efecto que la erosión hídrica puede tener sobre los tipos de hábitat podría reflejarse con los mapas de pérdida de suelo, que junto con los mapas de vegetación estarían indicando la influencia que tiene el proceso erosivo en la capacidad de un terreno para mantener la cubierta vegetal. Con esta información se podrían analizar los diferentes factores medioambientales que podrían ser los causantes de que el proceso erosivo en ese tipo de hábitat fuese elevado y preocupante y fuese el causante de las limitaciones en la función y estructura de los tipos de hábitat.

Actualmente, existen mapas de vegetación tanto forestal como agrícola que están recogiendo que tipo de cubierta es la que hay en un determinado lugar y sus características (tipo, densidad, altura, composición, etc.) y que por tanto se podría determinar su estructura y valoración de su función ecológica. Esta información junto con la suministrada con los mapas de erosión existentes puede indicar la relación que podría haber entre la erosión y la estructura y función de los tipos de hábitat.

Actualmente, como se recoge en el apartado 1, hay además imágenes de satélite y de fotografía aérea actualizada de las que se podría inferir el estado de los tipos de hábitat a partir de la cubierta vegetal. Incluso la existencia de fotos aéreas en diferentes épocas podría indicar el cambio estructural de los tipos de hábitat.

Los estudios sobre los riesgos de desertificación están basados en una serie de factores que



indicarían que elementos del medio podrían ser los causantes potenciales de riesgo a desertificación, entre estos factores se encuentran la lluvia, el suelo, el riesgo erosivo, y la cubierta vegetal.

Se recomienda para analizar la estructura y función de los tipos de hábitat, desde el punto de vista erosivo, el uso de los estudios de erosión existentes, el más reciente es el proyecto INES que además de utilizar una metodología más actualizada presenta una escala de trabajo de mayor detalle. Esta información se podría superponer con la de vegetación obtenida a partir de los mapas de vegetación actualizados y las imágenes de satélite o fotografías aéreas recientes, que permiten replantear las diferentes áreas de vegetación que pudiesen obtenerse de dichos mapas. Con esta superposición se podría conocer qué tipo de hábitat tendría un determinado valor de erosión.

Aunque no hay que olvidar que el proyecto INES también incluye un mapa de vegetación y de Factor C o Factor vegetación que han manejado información muy reciente.

3. Evaluar la sensibilidad del tipo de hábitat a la presión

Para evaluar la sensibilidad de los tipos de hábitat a la erosión se tendría que determinar qué umbrales críticos tendrían cada uno de ellos.

- Dentro de cada tipo de hábitat se podría indicar cuál sería su factor limitante, suelo, pendiente, lluvia, es decir cuál es la capacidad del tipo de hábitat y que factor desde el punto de vista erosivo podría ser el limitante. Se sabe que los valores de los factores medioambientales para que determinadas especies puedan estar o no presentes en un determinado lugar, deben de encontrarse dentro de unos determinados rangos de variación fuera de los cuales las especies no pueden subsistir.
- Desde el punto de vista erosivo, la clasificación actualmente utilizada para categorizar la erosión es la de la FAO (ver Tabla PA 7.1.1).

4. Periodicidad en la aplicación de protocolos

La periodicidad recomendable vendría definida por los cambios que se viniesen causando principalmente en la cubierta por las actividades antrópicas o por la influencia que en los parámetros climáticos se están produciendo.

Esta periodicidad podría, también, venir impuesta por la incorporación de las nuevas metodologías que sobre todo a nivel de disposición de información (LiDAR, CORINE *Land Cover*, *Sentinel*, etc.) y de manejo de datos (GIS, etc.) se está produciendo actualmente a una gran velocidad.

La periodicidad en la publicación de información y cartografía relativa al proceso de erosión hídrica no está claramente establecida, pero como se recoge en el apartado 1, el estudio de la erosión es continuo por parte de los organismos oficiales incorporando nuevas tecnologías y las posibles variaciones que se han ido produciendo en el entorno medioambiental.

La periodicidad va a venir dada por la renovación en la base de datos recogida en el apartado 2. El proyecto INES ha tenido un periodo de realización de diez años, este valor podría ser indicativo del periodo de aplicación para la presión que sobre el tipo de hábitat podría ejercer la erosión.



5. Cautelas

Reseñar las limitaciones de los procedimientos propuestos. Por ejemplo:

- Existencia o necesidad de validaciones de los valores propuestos para los umbrales. Actualmente se están estudiando las posibles adaptaciones de diferentes especies a los cambios climáticos, principalmente a los correspondientes a temperaturas y precipitaciones.
- Incorporación de las nuevas metodologías de manejo de imágenes de satélite y de fotos aéreas actualizadas y de mayor resolución, así como de manejo de datos.
- Incorporación de nuevas metodologías para los estudios de erosión.

5. Referencias

Moreira J M. 1991. Capacidad de uso y erosión de suelos: una aproximación a la evolución de tierras de Andalucía. Agencia de Medio ambiente. Consejería de Agricultura. Sevilla.

Roldán M, Carrero L & Salas L. 2017. New methodology to calculate the erosivity of a storm with a 10 year recurrence (R_{10}) for application of RUSLE in Spain.

Wischmeier W H & Smith D D. 1978. Predicting rainfall erosion losses. A guide to conservation planning. U.S. Department Agriculture.



PA 7.3. Procedimiento de amenazas: parámetro 'Rango/Superficie ocupada'

PROCEDIMIENTO DE AMENAZAS

PA 7. EROSIÓN - EROSIÓN HÍDRICA SUPERFICIAL

RANGO/SUPERFICIE OCUPADA

La erosión es la principal causante de la degradación del suelo en España y los impactos que ocasiona son la pérdida de espesor del suelo y la emisión de sedimentos, afectando directamente a los ecosistemas y principalmente a la cubierta vegetal, siendo en sí mismo un fenómeno que se retroalimenta. La escasez de cubierta hace que los procesos erosivos sean más intensos. Los impactos que se producen en el tipo de hábitat son principalmente pérdida de productividad del suelo con la consiguiente reducción de la capacidad de mantener la cubierta vegetal.

En un futuro podrían aparecer áreas que por el cambio climático y/o por las actividades humanas podrían estar sometidas a procesos de erosión intensos y que podrían por tanto convertirse en eriales.

1. Recopilación de fuentes de información y bases de datos

- Mapas de Estados Erosivos de las grandes Cuencas Hidrográficas y las Islas. Escala: 1/400.000. Instituto Nacional para la Conservación de la Naturaleza. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Varias fechas (1987-1994).
- Inventario Nacional de Erosión de Suelos (Proyecto INES). Ministerio de Medio Ambiente 2002-2012. Escala: 1/250.000. Son Mapas de Erosión a Nivel Provincial. Página MAPAMA.
- Mapa de aridez.
https://www.mapa.gob.es/es/desarrollo-rural/temas/politica-forestal/1_Aridez_red1_tcm30-152810.jpg
- Mapa de riesgo a desertificación.
https://www.mapa.gob.es/es/desarrollo-rural/temas/politica-forestal/mapariesgo_desertificacion_tcm30-152875.jpg
- El mapa de desertificación es un mapa de riesgo en el que se han tendido en cuenta los diferentes factores que potencialmente incrementan el riesgo de desertificación, entre ellos la erosión hídrica superficial. En este estudio se puede identificar espacialmente donde se produciría el mayor riesgo a desertificación debido a la erosión hídrica.
- Información relativa al cambio climático:
http://www.aemet.es/es/serviciosclimaticos/cambio_climat/result_graficos
En este enlace se incluye información tanto numérica como gráfica relativa a las proyecciones de cambio climático para el siglo XXI, regionalizadas sobre España y correspondientes a diferentes escenarios de emisión de utilidad para ser empleada, en el marco del Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC), en trabajos de



evaluación de impactos y vulnerabilidad. Esta información podría ser interesante para estudiar esta variación y como podría influir en un futuro en la erosión. Actualmente, se está avanzando en el uso de modelos de simulación de cambio climático y su repercusión en la cubierta vegetal.

- El Ministerio de Agricultura junto con la Agencia Estatal de Meteorología está elaborando estudios sobre las variaciones que en los tipos de hábitat se están produciendo debido al cambio climático, se están estudiando los posibles escenarios que en un futuro se podrían establecer.
- Actualmente se están estudiando la supervivencia de las diferentes especies vegetales en los ecotonos y su posible adaptación a los cambios de temperatura y precipitación, así como la posible entrada de otro tipo de cubierta en los vacíos que presumiblemente dejarían otras especies.

2. Indicar qué información de 1 aplica para determinar impactos en el tipo de hábitat

- Mapa de erosión por impacto laminar y en regueros de la página web del proyecto INES, referido en la página web bajo el nombre 'erosión laminar'. Este mapa facilita las pérdidas de suelo t/ha año.

En cuanto a la información existente que podría ayudar a determinar los impactos que las posibles amenazas ocasionarían en los tipos de hábitat, sería recomendable desde el punto de vista erosivo analizar los estudios que sobre la variable precipitación se están produciendo y con ellos poder estimar la erosividad de la lluvia futura para poder valorar el riesgo potencial erosivo de la lluvia sobre los diferentes escenarios a los que presumiblemente se podría llegar.

Actualmente, como se indica en este apartado, el Ministerio para la Transición Ecológica está elaborando unos mapas sobre las variaciones que en los tipos de hábitat se prevé habrá en un futuro, y por tanto la posible respuesta que podrían tener frente a la lluvia. Sin embargo, esta información no está disponible en la actualidad.

Por otro lado, el mapa a desertificación se ha elaborado teniendo en cuenta los factores determinantes para ese riesgo, de tal manera que la información suministrada por el Ministerio se puede localizar espacialmente el área de mayor susceptibilidad al riesgo a desertificación.

Con la información y los mapas ya existentes actualmente suministrados por el Proyecto INES se pueden deducir las áreas cuya amenaza a la pérdida de suelo no es tolerable, pudiendo determinar espacialmente con los mapas, que tipo de hábitat se está viendo sometido a riesgo erosivo no admisible.

Una metodología recomendable es conocer la fragilidad o sensibilidad del medio a la erosión con datos de precipitación actualizados. Para ello se podrían superponer las capas que sobre erosividad de lluvia se podrían obtener a partir de los mapas y de la información elaborada por AEMET junto con los mapas de los factores K y LS que se integran en los Estudios de Erosión, recomendado el proyecto INES.



3. Evaluar la sensibilidad del tipo de hábitat a la amenaza

La categorización de pérdida viene dada por FAO (ver Tabla PA 7.1.1).

En el caso de amenazas y en el supuesto de que no hubiese vegetación y prácticas de conservación, es decir considerando la fragilidad o sensibilidad del medio a la erosión definidas por la lluvia, el suelo y la topografía, los umbrales a considerar serían:

Tabla PA 7.3.1 Grado de fragilidad del suelo en el caso de que no existiese cubierta vegetal ni prácticas de conservación y pérdida del mismo en t/ha. Fuente: elaboración propia.

Fragilidad (R*K*LS)	t/ha y año
L	< 15
M	15-50
H	> 50-100

4. Periodicidad en la aplicación de protocolos

Los estudios que se han llevado a cabo sobre erosión hídrica, presentan una continuidad en el tiempo desde que a finales de los años 80 se comenzaron a elaborar en España. La preocupación que existe sobre las consecuencias que en la erosión puede tener el cambio climático, pone de manifiesto los estudios que se están llevando a cabo incluidos los relativos a erosión hídrica superficial.

5. Cautelas

La incertidumbre es grande porque son muchas las amenazas que sobre los tipos de hábitat pueden desencadenar los procesos erosivos, que pueden ser naturales o antrópicas. Y, por tanto, todas las estimaciones que se hagan presentarán una incertidumbre elevada y no dejarán de ser potenciales.



PA 7.4. Procedimiento de amenazas: parámetro 'Estructura y función'

PROCEDIMIENTO DE AMENAZAS PA 7. EROSIÓN - EROSIÓN HÍDRICA SUPERFICIAL
ESTRUCTURA Y FUNCIÓN
<p>Los impactos que se produce en el tipo de hábitat son degradación del suelo por pérdida de espesor, pérdida de materia orgánica, pérdida de estructura, reducción de permeabilidad, pérdida de productividad, deterioro de cubierta y todo ello conduce a pérdida de capacidad de mantenimiento de cubierta vegetal.</p>
1. Recopilación de fuentes de información y bases de datos
<p>La reducción de función del suelo de capacidad de mantener cubierta vegetal debida a erosión se podría inducir a través de la información existente sobre vegetación y sobre el riesgo erosivo. La Recopilación de fuentes de información y bases de datos:</p> <ul style="list-style-type: none">■ Mapas de Estados Erosivos de las grandes Cuencas Hidrográficas y las Islas. Escala: 1/400.000. Instituto Nacional para la Conservación de la Naturaleza. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Varias fechas (1987-1994).■ Inventario Nacional de Erosión de Suelos (Proyecto INES). Ministerio de Medio Ambiente 2002-2012. Escala: 1/250.000. Son mapas de erosión a nivel provincial.■ Mapa de aridez. https://www.mapa.gob.es/es/desarrollo-rural/temas/politica-forestal/1_Aridez_red1_tcm30-152810.jpg■ Mapa de riesgo a desertificación. https://www.mapa.gob.es/es/desarrollo-rural/temas/politica-forestal/mapariesgo_desertificacion_tcm30-152875.jpg■ Información tanto numérica como gráfica relativa a las proyecciones de cambio climático para el siglo XXI. http://www.aemet.es/es/serviciosclimaticos/cambio_climat/result_graficos■ Estudios de los efectos de cambio climático sobre la biodiversidad http://www.mapama.gob.es/es/biodiversidad/temas/■ El Ministerio de Agricultura junto con la Agencia Estatal de Meteorología está elaborando estudios sobre las variaciones que en los tipos de hábitat se están produciendo debido al cambio climático, se están estudiando los posibles escenarios que en un futuro se podrían establecer.



2. Indicar qué información de 1 aplica para determinar impactos en el tipo de hábitat

Podría usarse la información que tanto gráfica como numérica está elaborando el AEMET en el marco del Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC), para la evaluación de impactos y vulnerabilidad del medio. Esta información podría ser interesante para estudiar las variaciones que se prevén, y como podrían influir en un futuro en la erosión. Actualmente, se está avanzando en el uso de modelos de simulación de cambio climático y su repercusión en la cubierta vegetal.

Con la información y los mapas, ya existentes actualmente, suministrados por el Proyecto INES se pueden deducir las áreas cuya amenaza a la pérdida de suelo no es tolerable, pudiendo determinar espacialmente con los mapas qué tipo de hábitat se está viendo sometido a riesgo erosivo no admisible y, por tanto, su continua degradación erosiva y reducción de su funcionalidad.

Teniendo en cuenta las tendencias de cambio de clima, sería recomendable cruzar la información elaborada por el AEMET y por el Ministerio para la Transición Ecológica sobre las variaciones que se prevén se están produciendo en los tipos de hábitat en relación a su composición, estructura y por tanto su función.

3. Evaluar la sensibilidad del tipo de hábitat a la presión-amenaza

Los umbrales críticos que se utilizan actualmente en cuanto a:

- Pérdida de suelo es de 10-12 t/ha y año.
- Fragilidad del Medio es de 15 t/ha y año.

4. Periodicidad en la aplicación de protocolos

Revisar los protocolos cada 5-10 años. Actualmente los estudios que se han ido sucediendo a nivel Nacional sobre erosión han sido de 8-10 años.

5. Cautelas

Reseñar las limitaciones de los procedimientos propuestos. Por ejemplo:

- Existencia o necesidad de validaciones de los valores propuestos para los umbrales.
- Mejoras de la periodicidad de la obtención de información.
- Mejora de la calidad de bases de datos teniendo en cuenta las nuevas metodologías que actualmente existen y que están apareciendo para la obtención de la información.
- Actualización de los métodos de estimación.



PA 9. Invasiones biológicas

Autor: Belinda Gallardo Armas

PA 9.1. Procedimiento de presiones: parámetro 'Rango/Superficie ocupada'

PROCEDIMIENTO DE PRESIONES PA 9. INVASIONES BIOLÓGICAS
RANGO/SUPERFICIE OCUPADA
<p>Las especies exóticas invasoras (EEI) constituyen una de las cinco principales causas de pérdida de biodiversidad en el mundo, tan solo por detrás de la destrucción del tipo de hábitat (Bellard <i>et al.</i> 2016; Díaz <i>et al.</i> 2019). Históricamente se creía que los bosques eran ambientes relativamente resistentes a las EEI por su baja accesibilidad (alejados de las fuentes habituales de propágulos invasores, como por ejemplo en las zonas de alta montaña) y buen grado de conservación (y, por tanto, elevada resistencia biótica). Sin embargo, recientes estudios han puesto en evidencia que los bosques también son susceptibles a la invasión, sobre todo por especies arbóreas de géneros como <i>Acacia</i>, <i>Pinus</i> y <i>Eucalyptus</i> (Godoy <i>et al.</i> 2011; Pauchard <i>et al.</i> 2009, 2014). Si bien, los niveles de invasión son en algunos casos bajos, se espera que aumenten en el futuro a medida que las EEI ya presentes se expandan y lleguen nuevas especies, en parte favorecidas por cambios en el clima, la dinámica del fuego, y transformaciones del uso del suelo.</p> <p>Algo similar ocurre con los matorrales alpinos y subalpinos, en los que apenas se ha detectado presencia de especies invasoras (Vilà <i>et al.</i> 2007). Por contra, los matorrales alterados de tierras bajas se encuentran entre los tipos de hábitat más afectados por flora invasora en España (Dana <i>et al.</i> 2003; Vilà <i>et al.</i> 2007), favorecidos en gran medida por los cambios de uso del suelo de las últimas décadas (Vilà <i>et al.</i> 2003) y el fuego (Brooks <i>et al.</i> 2004). Entre las especies invasoras de matorral destacan los géneros <i>Acacia</i> y <i>Opuntia</i>.</p> <p>Existen en la actualidad más de 14 000 especies no nativas en territorio europeo, de acuerdo a las bases de datos centralizadas por EASIN²⁹ (<i>European Alien Species Information Network</i>). Afortunadamente, la mayoría no causan (al menos de momento) graves problemas ecológicos. De entre ellas, el Catálogo Español de Especies Exóticas Invasoras³⁰ incluye un listado de 181 EEI que suponen una amenaza para las especies autóctonas en España.</p> <p>El establecimiento y dispersión de EEI afectan al rango o superficie ocupada de los tipos de hábitat de bosque y matorral por medio del desplazamiento, y en último término desaparición local, de especies de flora y fauna nativas. Esto se produce fundamentalmente por la competición por espacio y recursos, particularmente por parte de especies arbóreas de rápido crecimiento como <i>Acacia</i> spp., capaces de colonizar espacios abiertos (por ejemplo, tras un incendio) y dificultar al mismo tiempo la colonización de especies nativas poco tolerantes a la sombra. La alelopatía (por ejemplo el ailanto o la acacia) y la transmisión de parásitos o enfermedades (por ejemplo el</p>

²⁹ <https://easin.jrc.ec.europa.eu/>

³⁰ <https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/temas/conservacion-de-especies/especies-exoticas-invasoras/ce-eei-catalogo.aspx>



nematodo del pino transmitido por el longicornio *Monochamus*) también pueden contribuir a disminuir la superficie del tipo de hábitat de bosque y matorral.

1. Recopilación de fuentes de información y bases de datos

Existe abundante información relativa a la distribución espacial de EEI con potencial de afectar a los tipos de hábitat de bosque, si bien dicha información se encuentra dispersa en diversas bases de datos a escala europea, nacional y regional. Se distinguen dos tipos de fuentes:

1. Sin información geográfica asociada. Bases de datos que ofrecen un listado de EEI presentes en una zona en particular con información acerca de sus características e impactos. Estas bases de datos pueden ser útiles de cara a recopilar un primer listado de EEI de interés. El siguiente listado no es exhaustivo y es posible que algunas páginas web cambien de estado, o se creen nuevas.
 - *Invasive Species Compendium* (CABI-ISC; <http://www.cabi.org/isc/>). Todos los grupos taxonómicos. Escala global. Aunque no incluye información espacial georreferenciada, se puede realizar una búsqueda por país para obtener un listado de EEI presentes en España.
 - *IUCN (International Union for Conservation of Nature) Global Invasive Species Database* (GISD; <http://www.iucngisd.org/gisd/>). Todos los grupos taxonómicos. Escala global. Como en el caso anterior, se puede utilizar para obtener un listado de EEI presentes en España.
 - Especies Exóticas Invasoras de la península ibérica (Invasiber; <http://invasiber.org/>). Todos los grupos taxonómicos. Escala nacional. Describe la distribución conocida de la especie.
 - Plantas invasoras en España: un nuevo problema en las estrategias de conservación (Dana *et al.* 2003). Incluye un listado de 75 especies de flora con comportamiento invasor demostrado en el país.
 - Inventarios Nacionales (<https://www.mapa.gob.es/es/>). Incluye una gran variedad de información sobre aves, mamíferos, invertebrados y flora vascular, si bien en la mayoría de los casos no se especifica si la especie es nativa o no, y no incluyen información espacial georreferenciada asociada.
 - Galicia (<http://cmaot.xunta.gal/>). Todos los grupos taxonómicos. Escala regional. Incluye datos de distribución de EEI (mapas en papel) pero no digitalizada.
 - Andalucía (<http://www.juntadeandalucia.es/>). Todos los grupos taxonómicos. Escala regional. Contiene información de distribución de especies invasoras, aunque no georreferenciada. Existe un visor geográfico (REDIAM; <http://laboratorioriediam.cica.es/VisorRediam/>) que de momento tan solo incluye especies nativas y un mapa de invasoras marinas.
 - Aragón (<http://www.aragon.es/>). Incluye una serie de fichas sobre EEI presentes o peligrosas en el futuro. No contiene información georreferenciada asociada, pero en las fichas se incluye una descripción de la distribución actual.



- Principado de Asturias (<https://www.asturias.es/>). Incluye sendos informes sobre la flora y fauna invasoras, incluyendo mapas de distribución no digitalizados.
 - La Rioja (<http://www.larioja.org/>). Incluye informes sobre la flora y fauna invasoras, pero sin información georreferenciada asociada.
 - Comunidad Foral de Navarra (<https://www.navarra.es/>). Incluye informes sobre la flora y fauna invasoras, pero sin información georreferenciada asociada.
2. Con información geográfica asociada. Bases de datos que ofrecen información geográfica (coordinadas o cuadrículas UTM de gran valor para evaluar la distribución de una EEI y su efecto potencial sobre la superficie o extensión del tipo de hábitat de bosque).
- *Global Biodiversity Information Facility* (GBIF; <http://www.gbif.org/>). Todos los grupos taxonómicos. Escala global. Incluye datos georreferenciados de miles de especies a nivel global. Es un buen punto de partida para investigar la distribución de una EEI particular, aunque está sujeta a importantes sesgos de muestreo, por lo que la información siempre ha de ser revisada y completada con otras fuentes.
 - *Integrated Digitized Biocollections* (iDigBio; <https://www.idigbio.org/>). Todos los grupos taxonómicos. Escala global. Contiene información adicional con la que complementar los datos de GBIF.
 - eBird (<http://ebird.org/content/ebird/>). Aves. Escala global. Incluye información georreferenciada para un gran número de aves tanto nativas como invasoras.
 - *European Alien Species Information Network* (EASIN; <https://easin.jrc.ec.europa.eu/>). Todos los grupos taxonómicos. Incluye una *geodatabase* que recopila registros de otras fuentes como CABI, DAISIE, GISD, NOBANIS a una escala de 10x10 km. Permite buscar varias especies al mismo tiempo y generar un mapa.
 - *European map of alien plant invasions based on the quantitative assessment across habitats* (Chytrý *et al.* 2009). Plantas vasculares. Contiene información espacial acerca de la distribución de plantas naturalizadas, incluyendo invasoras.
 - Anthos (<http://www.anthos.es>). Plantas vasculares. Escala nacional. Incluye fichas descriptivas y mapas de distribución para un gran número de plantas naturalizadas, incluyendo invasoras.
 - Grupo de Aves Exóticas de Seo-Birdlife (GAE; <http://www.seo.org/>). Aves. Escala nacional. Contienen amplia información espacial acerca de la distribución de aves nativas e invasoras.
 - Inventario Español de Especies Terrestres (IEET; <https://www.miteco.gob.es/es/cartografia-y-sig/ide/descargas/biodiversidad/ieet.aspx>). Información cartográfica en cuadrículas 10x10 km.



- País Vasco (<http://www.ingurumena.ejgv.euskadi.eus>). Todos los grupos taxonómicos. Escala regional. Contiene datos espaciales (coordenadas geográficas, UTM 1x1 o UTM 10x10 km).
- Aragón (<https://www.invasara.es>). Todos los grupos taxonómicos. Escala regional. Contiene sendos mapas de citas de especies de flora y fauna exótica. Coordenadas geográficas.
- Islas Baleares (BioAtlas; <http://bioatles.caib.es/>). Todos los grupos taxonómicos. Escala regional. Contiene información georreferenciada sobre especies invasoras en cuadrículas 1x1, 5x5 o 10x10 km.
- Cataluña (Exocat; <http://mediambient.gencat.cat/>). Todos los grupos taxonómicos. Escala regional. Contiene información geográfica en cuadrículas UTM 10x10 km.
- Islas Canarias (Atlantis; <http://www.biodiversidadcanarias.es/>). Incluye fichas por especie muy completas y datos georreferenciados asociados, además de un listado de localidades y tipos de hábitat afectados.
- Comunidad Valenciana (BDB; <http://bdb.cma.gva.es/>). Contiene información georreferenciada en cuadrículas 1x1 o 10x10 km.
- Aplicaciones de ciencia ciudadana como 'Invasores' (<https://natusfera.gbif.es/projects/invasores-en-la-red-de-parques-nacionales>). Este tipo de aplicaciones son recientes, pero se espera que su potencial aumente a medida que lo hacen el número de registros enviados.

2. Indicar qué información de 1 aplica para determinar impactos en el tipo de hábitat

Dado que la información disponible está dispersa en varias bases de datos, se hace necesario realizar en primer lugar una recopilación de los datos disponibles para las EEI de interés. Se propone la siguiente metodología:

1. Definición de los objetivos del estudio. En primer lugar, es necesario definir la escala (nacional/regional/local), tipo de hábitat (estudio general/tipo de bosque o matorral en particular) y grupo taxonómico (todas las EEI/plantas invasoras/fauna invasora) de interés.
2. Listado de EEI de interés. Se recomienda comenzar con aquellas incluidas en el Catálogo Español de EEI como referencia. Como mínimo, se debería incluir en la evaluación las plantas invasoras listadas en este Catálogo (ver apartado 3) y que tienen un mayor potencial de influir sobre la distribución de las especies de flora características de bosque y matorral. Más allá del Catálogo, se pueden utilizar las bases de datos mencionadas en el apartado 1 para derivar un listado más amplio de EEI de interés por sus impactos potenciales, sobre todo de cara a la evaluación de amenazas.
3. Distribución de las EEI de interés. Buscar toda la información georreferenciada disponible en las bases de datos mencionadas en el apartado 1 acerca de la distribución actual de las EEI de interés. Cuando no exista información georreferenciada, sino una descripción genérica de la distribución, listado de localidades afectadas, o mapas en formato papel no



digitalizados, se pueden utilizar herramientas de georreferenciación *online* (Iberpix; <http://www.ign.es/>) o sistemas de información geográfica (como ArcGIS de Esri o QGIS) para digitalizar esta información.

4. Limpieza de datos. Es fundamental comprobar la validez de los datos recabados, y eliminar todos aquellos que generen dudas.
5. Riqueza de EEI. Combinar la información recopilada para crear un mapa de riqueza a la escala (local, regional o nacional) y resolución (cuadrículas de 1x1, 5x5 o 10x10 km) de interés. Se recomienda utilizar la máxima resolución posible en base a los datos recabados (normalmente 30 segundos de arco que corresponden a 1x1 km).
6. Impacto de EEI sobre la superficie del tipo de hábitat. Una vez creado el mapa de riqueza de EEI, se cruza con el mapa del tipo de hábitat de interés y se calcula: el grado de solapamiento (% del tipo de hábitat ocupado por la EEI), y el número total de EEI presentes en la zona (riqueza).

Opcional. De forma ideal, se deberían realizar muestreos sistemáticos que permitan delinear de forma más precisa el área de distribución de cada EEI, así como la detección temprana de nuevas especies.

3. Evaluar la sensibilidad del tipo de hábitat a la presión

3.1. Sensibilidad del tipo de hábitat a la presión de las EEI

Es de esperar que los distintos tipos de bosque y matorral muestren diferente sensibilidad a los efectos de las EEI. Así, por ejemplo, se ha observado un mayor número de EEI en bosques caducifolios, que en bosques perennes y en coníferas (Arianoustsou *et al.* 2013; Vilà *et al.* 2007); los matorrales alterados y riparios acumulan un gran número de EEI, mientras los matorrales alpinos y espinares bajo condiciones ambientales más extremas, se encuentran menos afectados (Vilà *et al.* 2007). También, se han observado diferencias en los niveles de invasión entre distintas zonas biogeográficas, donde la región mediterránea parece estar más afectada que la atlántica o la alpina (Chytrý *et al.* 2008), probablemente por sus condiciones ambientales más benignas para el establecimiento de especies. Finalmente, existen diferencias en cuanto a los grupos de EEI más frecuentes en los tipos de hábitat de bosque en Europa (Pyšek *et al.* 2010), que de mayor a menor frecuencia incluyen: insectos> plantas> aves> mamíferos> reptiles. La secuencia en el caso de los tipos de hábitat de matorral incluiría (Pyšek *et al.* 2010): plantas> insectos> reptiles> mamíferos> aves.

La sensibilidad de los tipos de hábitat depende por un lado del número total de invasoras y su impacto individual, y por otro del número de endemismos presentes en el tipo de hábitat. Es decir, un tipo de hábitat puede ser vulnerable por el elevado número de invasoras que lo acosan (es el caso de bosques riparios), o bien por el elevado número de endemismos potencialmente afectados, aunque el número de invasoras no sea tan alto (por ejemplo en la laurisilva canaria).

El Catálogo Español de EEI incluye a fecha de 2019, 37 especies que afectan a bosques. Si bien las fichas descriptivas no ofrecen suficiente información como para asignarlas de manera unívoca a un tipo de hábitat de bosque en concreto, se sugiere en la Tabla PA 9.1.1 una relación aproximada.



Tabla PA 9.1.1 Aproximación de las especies exóticas invasoras presentes en cada tipo de bosque. Fuente: elaboración propia a partir del Catálogo Español de Especies Exóticas Invasoras.

Tipo de bosque (código)	EEl del Catálogo Español
Bosques naturales y artificiales (general)	Ailanto (<i>Ailanthus altissima</i>), perejil gigante (<i>Heracleum mantegazzianum</i>), oreja de gato (<i>Tradescantia fluminensis</i>), mariquita asiática (<i>Harmonia axyridis</i>), milpiés portugués (<i>Ommatoiulus moreletii</i>), avispón asiático (<i>Vespa</i> spp.), culebra del maizal (<i>Elaphe guttata</i>), tórtola roságrisa (<i>Streptopelia roseogrisea</i>), minás, (<i>Acridotheres</i> spp.), cotorra de Kramer (<i>Psittacula krameri</i>), cotorra argentina (<i>Myiopsitta monachus</i>), bulbul cafre y orfeo (<i>Pycnonotus cafer</i> y <i>P. jocosus</i>), arruí (<i>Ammotragus lervia</i>), erizo pigmeo africano (<i>Atelerix albiventris</i>), erizo egipcio (<i>Hemiechinus auritus</i>), coatí (<i>Nasua</i> spp.), perro mapache (<i>Nyctereutes procyonoides</i>) y ardillas de la familia <i>Sciuridae</i>
Fayal-brezal y laurisilva (11MX_15a, 11MX_15b)	Madroño (<i>Arbutus unedo</i>), ailanto (<i>Ailanthus altissima</i>), mimosa (<i>Acacia</i> spp.), retama negra (<i>Cytisus scoparius</i>), flechilla (<i>Nassella neesiana</i>), matospuma (<i>Ageratina adenophora</i> y <i>A. riparia</i>), hierba de San Jorge (<i>Centranthus ruber</i>), helecho acebo (<i>Cyrtomium falcatum</i>), oreja de gato (<i>Tradescantia fluminensis</i>), tojo (<i>Ulex europaeu</i>), milpiés portugués (<i>Ommatoiulus moreletii</i>), murciélago frugívoro egipcio (<i>Rousettus aegyptiacus</i>), rata parda (<i>Rattus norvegicus</i>)
Coníferas (11111-11113, 11151-11152, 11161- 11164)	Chinche americana del pino (<i>Leptoglossus occidentalis</i>), jengibre blanco (<i>Hedychium gardnerianum</i>), amapola de California (<i>Eschscholzia californica</i>), madroño (<i>Arbutus unedo</i>), nematodo de la madera del pino (<i>Bursaphelenchus xylophilus</i>), <i>Monochamus</i> spp., milpiés portugués (<i>Ommatoiulus moreletii</i>), ruiseñor del Japón (<i>Leiothrix lutea</i>), rata parda (<i>Rattus norvegicus</i>) y tojo (<i>Ulex europaeu</i>)
Bosques mixtos/caducifolios (3122)	Ailanto (<i>Ailanthus altissima</i>), mimosa (<i>Acacia dealbata</i>), hormiga argentina (<i>Linepithema humile</i>), ruiseñor del Japón (<i>Leiothrix lutea</i>), mapache (<i>Procyon lotor</i>)
Sabinares y enebrales (2113, 113111, 113121, 11MX_16, 11MX_16, 11MX_17, 11161)	Tunera común (<i>Opuntia maxima</i>), flechilla (<i>Nassella neesiana</i>), amapola de California (<i>Eschscholzia californica</i>), pitera común (<i>Agave americana</i>)
Castañares (11122)	Ailanto (<i>Ailanthus altissima</i>), retama negra (<i>Cytisus scoparius</i>)
Pino canario (11171)	Ailanto (<i>Ailanthus altissima</i>), rabogato (<i>Pennisetum setaceum</i>), amapola de California (<i>Eschscholzia californica</i>)
Robledal (11132)	Ailanto (<i>Ailanthus altissima</i>)
Encinar (11141 y 11142)	Miraguano (<i>Araujia sericifera</i>)
Quejigares (11131)	Miraguano (<i>Araujia sericifera</i>)
Encinares (11141- 11142)	Ruiseñor del Japón (<i>Leiothrix lutea</i>)

En cuanto a los matorrales, el Catálogo incluye 30 organismos como amenazas potenciales. Si bien en la mayoría de los casos se trata de invasiones en matorrales altamente degradados, la mayoría de las EEl listadas son generalistas en cuanto a sus requerimientos y podrían afectar a otro tipo de formaciones arbustivas (Tabla PA 9.1.2).



Tabla PA 9.1.2 Aproximación de las especies exóticas invasoras presentes en cada tipo de matorral. Fuente: elaboración propia a partir del Catálogo Español de Especies Exóticas Invasoras.

Tipo de matorral (código)	EEl del Catálogo Español
Matorral degradado (matorrales de medianías, matorral antropizado, matorral de sustitución, cercanías de repoblaciones)	Pitera común (<i>Agave americana</i>), matoespuma (<i>Ageratina adenophora</i>), ailanto (<i>Ailanthus altissima</i>), miraguano (<i>Araujia sericifera</i>), esparraguera africana (<i>Asparagus asparagoides</i>), algodón seda (<i>Calotropis procera</i>), hierba de San Jorge (<i>Centranthus ruber</i>), <i>Cylindropuntia</i> spp., helecho acebo (<i>Cyrtomium falcatum</i>), retama negra (<i>Cytisus scoparius</i>), viña del Tíbet (<i>Fallopia baldschuanica</i>), pitera abierta (<i>Furcraea foetida</i>), campanilla morada (<i>Ipomoea indica</i>), tartaguero (<i>Ricinus communis</i>), araña roja (<i>Dysdera crocata</i>), retama de olor (<i>Spartium junceum</i>), muflón (<i>Ovis musimon</i>), rata negra (<i>Rattus rattus</i>), tabaco moruno (<i>Nicotiana glauca</i>), tunera (<i>Opuntia dillenii</i> y <i>O. maxima</i>), vinagrera (<i>Oxalis pes-caprae</i>), rabogato (<i>Pennisetum setaceum</i>), senecio del Cabo (<i>Senecio inaequidens</i>), hormiga argentina (<i>Linepithema humile</i>)
Formaciones arbustivas termoxerófilas macaronésicas (11222, 2116)	Acacia (<i>Acacia farnesia</i> y <i>A. salicina</i>), algodón seda (<i>Calotropis procera</i>), hierba de San Jorge (<i>Centranthus ruber</i>), pitera abierta (<i>Furcraea foetida</i>), aroma blanco (<i>Leucaena leucocephala</i>), retama de olor (<i>Spartium junceum</i>), araña roja (<i>Dysdera crocata</i>), muflón (<i>Ovis musimon</i>)
Matorral halófilo subdesértico mediterráneo (12331-12333)	Pitera común (<i>Agave americana</i>), tunera india (<i>Opuntia dillenii</i>), tunera común (<i>Opuntia maxima</i>), rabogato (<i>Pennisetum setaceum</i>), hormiga argentina (<i>Linepithema humile</i>)
Matorral halófilo canario (12371-12374)	Acacia (<i>Acacia farnesia</i>), algodón seda (<i>Calotropis procera</i>), tartaguero (<i>Ricinus communis</i>), araña roja (<i>Dysdera crocata</i>)
Alta montaña canaria (11341)	Retama negra (<i>Cytisus scoparius</i>), retama de olor (<i>Spartium junceum</i>), tojo (<i>Ulex europaeus</i>), muflón (<i>Ovis musimon</i>)
Enebrales de <i>Juniperus</i> (2113, 113111, 113121)	Tunera (<i>Opuntia maxima</i> , <i>O. dillenii</i>), jengibre blanco (<i>Hedychium gardnerianum</i>)
Matorral atlántico (212131-212133, 1131124)	Viña del Tíbet (<i>Fallopia baldschuanica</i>)
Turberas (113125)	Jengibre blanco (<i>Hedychium gardnerianum</i>)

Si bien el ámbito de aplicación del Catálogo Español de EEl comprende para la mayoría de las especies la totalidad del estado español (para 34 de las 58 EEl listadas en las tablas anteriores, 58%), existe un número de EEl cuyo ámbito de aplicación se restringe a las islas (22 EEl, 38%), y en menor medida a la Península (es el caso de *Acacia dealbata* y *Opuntia stricta*). Esto puede ser bien porque se trate de EEl que de momento solo han mostrado carácter invasor en uno de esos dos ámbitos, o incluso que se trate de EEl nativas en la Península, pero invasoras en las islas (por ejemplo, el tojo, el madroño o la retama). Tales diferencias en cuanto al ámbito de aplicación del Catálogo aconsejan la evaluación de la presión asociada a EEl de forma separada para la región macaronésica.

3.2. Umbrales críticos

En la Tabla PA 9.1.3 se establecen las categorías de menor a mayor presión por parte de EEl.



Tabla PA 9.1.3 Umbrales críticos propuestos para evaluar la sensibilidad de los tipos de hábitat de bosque y matorral a las EEI. Fuente: elaboración propia.

Categoría	Umbral crítico
Categoría L (baja)	Ninguna EEI presente en el área de estudio
Categoría M (media)	Ninguna EEI del Catálogo Español presente en el área de estudio, aunque pueden aparecer otras EEI que no estén listadas en el Catálogo
Categoría H (alta)	Presencia de EEI incluidas en el Catálogo Español

3.3. Justificación de los umbrales

Establecer umbrales críticos requiere de una gran cantidad de conocimiento respecto al potencial invasor y capacidad de desplazamiento de cada EEI, así como sobre la sensibilidad del tipo de hábitat correspondiente, información que no siempre está disponible. Es más, el impacto de las EEI depende en gran medida del contexto abiótico (condiciones ambientales) y biótico (estructura de la comunidad nativa) así como de la fase de invasión en la que se producen (tiempo transcurrido desde el establecimiento inicial).

Ante la dificultad de establecer umbrales claros de invasión, se aplica un enfoque de precaución, es decir, se asume el peor escenario posible en base a la evidencia científica disponible. Para ello, se toma como referencia el Catálogo Español de EEI, que incluye especies para las que ya existen suficientes evidencias científicas y técnicas que indiquen que constituyen una amenaza grave para las especies autóctonas, los tipos de hábitat y los ecosistemas. Por tanto, si una EEI del Catálogo está presente en un tipo de hábitat de bosque, y a falta de información adicional que justifique lo contrario, se asume que su impacto es negativo y potencialmente grave.

3.4. Superficie del tipo de hábitat con nivel H

Para calcular la superficie del tipo de hábitat con nivel H, se solapa el mapa de riqueza de EEI elaborado de acuerdo a las recomendaciones del punto 2 con el mapa del tipo de hábitat correspondiente. Si la superficie del tipo de hábitat de bosque o matorral ocupada por una EEI del Catálogo supera el 1%, se considerará que las perspectivas del tipo de hábitat son desfavorables.

4. Periodicidad en la aplicación de protocolos

El mapa de ocupación y riqueza de EEI propuesto en el apartado 2 debe actualizarse cada cierto tiempo para contemplar: 1) cambios en la distribución de las EEI del Catálogo, 2) la aparición de nuevas EEI del Catálogo y 3) la inclusión de nuevas EEI al Catálogo.

En primer lugar, las invasiones biológicas constituyen un proceso dinámico y muestran cambios rápidos en su distribución que han de verse reflejados en el mapa de riqueza de EEI. Por ejemplo, para 45 de las 75 especies de flora invasora descritas en España por Dana *et al.* (2003), se observa una tendencia expansiva. En segundo lugar, el Catálogo Español de EEI se actualiza de forma continua, a medida que se realizan solicitudes de inclusión o exclusión que serán evaluadas por el Ministerio para la Transición Ecológica. Así, por ejemplo, en su última actualización el Catálogo



incluye 53 nuevas EEI y elimina tres. No especifica de momento la periodicidad con la que se publicarán tales actualizaciones, pero de realizarse habría que actualizar los mapas de riqueza correspondientes.

Para el caso de los tipos de hábitat de bosque y matorral peninsulares, y teniendo en cuenta la falta de redes de monitorización que permitan actualizar de forma rápida la distribución de las EEI, se propone una periodicidad en la aplicación del protocolo de 5-6 años, siempre y cuando no se produzcan situaciones excepcionales que recomienden una actualización más frecuente.

No obstante, considerando la elevada vulnerabilidad de los bosques y matorrales macaronésicos a las EEI, y la disponibilidad de mayor información para actualizar los mapas (a través de los servidores regionales listados en el apartado 1), se recomienda incrementar la periodicidad a 2-3 años, lo que permitirá detectar cambios y actuar en consecuencia de forma más rápida.

5. Cautelas

A pesar de que la mayoría de los organismos internacionales reconocen la grave amenaza para la biodiversidad que representan las EEI, la información disponible para evaluar esta presión es todavía insuficiente y sujeta a numerosas cautelas:

- EEI fuera del Catálogo Español. Por motivos prácticos, se limita la presente valoración a las especies listadas en el Catálogo Español de EEI. No obstante, es de destacar que de forma local pueden aparecer EEI de grave impacto para la conservación de bosques y matorrales que no estén en el Catálogo, sobre todo en el caso de las islas. Así mismo, existe un número de EEI que no aparecen incluidas en el Catálogo por estar reguladas por otra legislación, como es el ejemplo de insectos defoliadores sujetos a la política fitosanitaria.
- Sesgos en la información disponible. A nivel taxonómico, existe mayor información relativa a las invasiones de flora (árboles y arbustos) que fauna, sobre todo de invertebrados. A nivel espacial, los datos que proceden de proveedores como GBIF están sujetos a un importante sesgo de esfuerzo de muestreo. Entre comunidades autónomas también se observan grandes diferencias en cuanto al esfuerzo realizado en la evaluación y monitorización de EEI.
- Actualización de las fuentes de datos. La mayoría de las fuentes de datos listadas en el apartado 1 no se actualizan con regularidad, lo que impide realizar un seguimiento correcto de la expansión de EEI. A pesar de que numerosos organismos aconsejan la creación de redes de alerta y monitorización, estos todavía no se han desarrollado.
- Sobreestimación del área invadida. Es posible que en algunos casos una EEI haya desaparecido de una localidad invadida (por ejemplo, por un cambio en las condiciones ambientales, o porque haya sido erradicada localmente). A falta de tal información, y partiendo de un principio de precaución, se aconseja incluir todas las localidades donde se haya detectado la especie. Es decir, se prioriza sobreestimar antes que subestimar la distribución actual de una EEI.
- Resolución. La resolución utilizada para trasladar los datos de presencia de EEI (que pueden estar en forma de coordenadas o de cuadrículas UTM) a un mapa de riqueza determinará en gran medida el cálculo del área invadida. Por ejemplo, se supone la presencia de un solo



individuo de acacia, que apenas ocupa unos metros cuadrados de superficie. Si se utiliza una resolución de 1x1 km, se asume que el área invadida es de 1 km². Si se utilizan resoluciones más groseras, por ejemplo, de 10x10 km, se estará calculando a un área invadida muy superior, de 100 km². Por este motivo, y en la medida de lo posible, se recomienda utilizar la máxima resolución disponible (1x1 km o incluso superior si es posible).

7. Referencias

Arianoutsou M, Delipetrou P, Vilà M, Dimitrakopoulos P G, Celesti-Grappow L, Wardell-johnson G, Henderson L, Fuentes N, Ugarte-Mendes E & Rundel P W. 2013. Comparative Patterns of Plant Invasions in the Mediterranean Biome. *Plos one*. 8(11): e79174.

Bellard C, Cassey P & Blackburn T M. 2016. Alien species as a driver of recent extinctions. *Biology Letters*. 12(2): 1-4

Brooks M L, D'Antonio C M, Richardson D M, Grace J B, Keely J E, DiTomaso J M, Hobbs R J, Pellant M & Pyke D. 2004. Effects of invasive alien plants on fire regimes. *Bioscience*. 54(7): 677-688.

Chytrý M, Pyšek P, Wild J, Pino J, Maskell L C & Vilà M. 2009. European map of alien plant invasions based on the quantitative assessment across habitats. *Diversity and Distributions*. 15(1): 98-107.

Chytrý M, Maskell L C, Pino J, Pyšek P, Vilà M, Font X & Smart S M. 2008. Habitat invasions by alien plants: a quantitative comparison among Mediterranean, subcontinental and oceanic regions of Europe. *Journal of Applied Ecology*. 45(2): 448-458.

Dana E D, Sobrino E & Sanz-Elorza M. 2003. Plantas invasoras en España: un nuevo problema en las estrategias de conservación. pp. 1009-1027. En: Bañares A, Blanca G, Güemes J, Moreno J C & Ortiz S (eds.) Atlas y libro rojo de la flora vascular amenazada de España. Dirección General de Conservación de la Naturaleza. Ministerio del Medio Ambiente. Madrid.

Díaz S, Settele J & Brondizio E. 2019. Summary for policymakers of the global assessment report on biodiversity and ecosystem services. IPBES –Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services.

Godoy O, Saldaña A, Fuentes N, Valladares F & Gianoli E. 2011. Forests are not immune to plant invasions: phenotypic plasticity and local adaptation allow *Prunella vulgaris* to colonize a temperate evergreen rainforest. *Biological Invasions*. 13(7): 1615-1625.

Pauchard A, Kueffer C, Dietz H, Daehler C C, Alexander J, Edwards P J, Arévalo J R, Cavieres L A, Guisan A, Haider S, Jakobs G, McDougall K, Millar C I, Naylor B J, Parks C G, Rew L J & Seipel T. 2009. Ain't no mountain high enough: plant invasions reaching new elevations. *Frontiers in Ecology and the Environment*. 7(9): 479-486.

Pauchard A, García R, Langdon B & Nuñez M. 2014. Invasiones de Plantas en Ecosistemas Forestales: Bosques y Praderas Invasadas. En: Donoso C, González M & Lara A (eds.) Ecología forestal: bases para el manejo sustentable y conservación de los bosques nativos de Chile. Ediciones Universidad Austral de Chile. Valdivia.

Pyšek P, Bacher S, Chytrý M, Jarosik V, Wild J, Celesti-Grappow L, Gassó N, Kenis M, Lambdon P W, Nentwig W, Pergl J, Roques A, Sádlo J, Solarz W, Vilà M & Hulme P E. 2010. Contrasting patterns in



the invasions of European terrestrial and freshwater habitats by alien plants, insects and vertebrates. *Global Ecology and Biogeography*. 19(3): 317-331.

Vilà M, Pino J & Font X. 2007. Regional assessment of plant invasions across different habitat types. *Journal of Vegetation Science*. 18(1): 35-42.

Vilà M, Burriel J A, Pino J, Chamizo J, Llach E, Porteiros M & Vives M. 2003. Association between *Opuntia* species invasion and changes in land-cover in the Mediterranean region. *Global Change Biology*. 9(8): 1234-1239.



PA 9.2. Procedimiento de presiones: parámetro 'Estructura y función'

PROCEDIMIENTO DE PRESIONES PA 9. INVASIONES BIOLÓGICAS

ESTRUCTURA Y FUNCIÓN

Los principales impactos que pueden causar las Especies Exóticas Invasoras (EEI) sobre los tipos de hábitat de bosque y matorral incluyen:

Cambios en la composición de especies y la biodiversidad a través de:

- **Competición:** desplazamiento y en último término desaparición local de especies nativas. Por ejemplo, las especies de *Acacia* spp. o el agave (*Agave americana*) conducen a comunidades florísticamente pobres por competencia. El miraguano (*Araujia sericifera*) compete agresivamente por la luz en parches de encinares, llegando a ahogar el arbolado natural. En cuanto a fauna invasora, se ha documentado ampliamente la capacidad de la hormiga argentina (*Linepithema humile*) de desplazar especies nativas con las que compete agresivamente, interrumpiendo de ese modo interacciones planta-hormiga.
- **Depredación/herbivoría.** La culebra del maizal (*Elaphe guttata*) es un depredador generalista capaz de reducir notablemente la diversidad de pequeños vertebrados (anfibios, reptiles, mamíferos y aves), sobre todo en islas. Lo mismo ocurre con depredadores como el avisón asiático (*Vespa* spp.), la araña roja (*Dysdera crocata*) y la mariquita asiática (*Harmonia axyridis*) capaces de desplazar pequeños invertebrados.
- **Hibridación.** El madroño (*Arbutus unedo*) es capaz de hibridarse con el madroño canario (*A. canariensis*), provocando su desaparición local. La tórtola rosigris (*Streptopelia roseogrisea*) se hibrida con la tórtola turca (*Streptopelia decaocto*). Los erizos (*Atelerix albiventris* y *Hemiechinus auritus*) se hibridan con las especies autóctonas con las que también compiten por los mismos recursos.
- **Alelopatía.** Numerosas especies de flora invasora producen compuestos alelopáticos que impiden la colonización de la flora nativa como es el caso de la acacia, el ailanto (*Ailanthus altissima*), la retama negra (*Cytisus scoparius*), el tartaguero (*Ricinus communis*) o el senecio del Cabo (*Senecio inaequidens*).
- **Transformación y fragmentación del tipo de hábitat.** A través de cambios en la disponibilidad de luz o agua, composición del suelo, o creación de barreras a la dispersión de fauna. Invasoras como el agave o la esparraguera africana (*Asparagus asparagoides*) desarrollan formaciones muy densas, desplazando especies nativas poco tolerantes a la sombra. El ailanto produce toxinas en hojas y corteza que al acumularse en el suelo inhiben el crecimiento de otras especies. Las espinas de *Cylindropuntia* pueden herir e incluso producir la muerte de pequeñas aves y mamíferos.
- **Transmisión de parásitos y/o enfermedades.** La culebra del maizal es portadora de *Cowdria ruminantium*, que produce enfermedades en otros animales. El minás (*Acridothores* spp.) también es portador de diferentes parásitos aviares como *Oxyspirrura*. Tanto el minás como el ruiseñor del Japón (*Leiothrix lutea*) son capaces de transmitir la malaria aviar, causando la



desaparición de aves endémicas, sobre todo en islas. El perro mapache (*Nyctereutes procyonoides*) es portador de triquinosis y la tenia del zorro.

Cambios en las funciones y servicios del ecosistema a través de:

- Alteración de ciclos de nutrientes, particularmente del nitrógeno, generándose una interacción positiva que facilita el mantenimiento de la invasora. Por ejemplo, se ha observado un aumento en el contenido de nitrógeno en áreas invadidas por ailanto, disminuyendo el cociente C/N y aumentando el pH del suelo.
- Alteración de la degradación de materia orgánica y el ciclo del carbono, modificando la capacidad del tipo de hábitat de mitigar el cambio climático. La gran cantidad de biomasa generada por la esparraguera africana afecta a los microorganismos del suelo, la descomposición de hojarasca y el reciclaje de nutrientes.
- Alteración del ciclo del agua, sobre todo por parte de especies arbóreas de crecimiento rápido como la acacia, además de especies arbustivas como la retama (*Cytisus scoparius* y *Spartium junceum*) o la tunera (*Opuntia* spp.).
- Alteración del régimen del fuego (frecuencia, intensidad, severidad, extensión y estacionalidad). Al mismo tiempo, el fuego favorece la colonización de especies invasoras, creando una retroalimentación positiva invasión-fuego. Las especies de acacia y el rabogato (*Pennisetum setaceum*) son conocidas por su capacidad para germinar y rebrotar tras un incendio, dificultando la regeneración de otras especies nativas.
- Alteración de la cadena trófica, incluyendo cambios en la relación planta-animal con consecuencias sobre la disponibilidad de recursos, polinización, la dispersión de semillas y la regeneración del bosque. Por ejemplo, la tunera (*Opuntia* spp.) compite por el uso de polinizadores y dispersores de semillas con otras especies nativas. En el matorral mediterráneo, la hormiga argentina conduce a la desaparición de hormigas dispersantes de semillas, e interfiere en procesos de polinización. Las ardillas invasoras de la familia *Sciuridae* perturban la dispersión de semillas de plantas nativas con frutos carnosos y promueven la dispersión de invasoras como la tunera.

Los ejemplos citados se han obtenido de las fichas descriptivas del Catálogo Español de EEI, donde se pueden encontrar referencia a los numerosos estudios que documentan el impacto de las EEI listadas. Además, se pueden consultar otras revisiones internacionales (Aranoustsou & Vilà 2012; Brooks *et al.* 2004; Cameron *et al.* 2016; González-Moreno *et al.* 2015; Pauchard *et al.* 2014; Traveset & Richardson 2006; Vilà *et al.* 2000, 2006 a, b). Se destacan los dos siguientes meta-análisis: Cameron *et al.* (2016) y Vilà *et al.* (2011).

1. Recopilación de fuentes de información y bases de datos

Fuentes que recopilan la evidencia disponible acerca del impacto ecológico de las EEI

- *Invasive Species Compendium* (CABI-ISC; <http://www.cabi.org/isc/>). Todos los grupos taxonómicos.
- *IUCN Global Invasive Species Database* (GISD; <http://www.iucngisd.org/gisd/>). Todos los grupos taxonómicos.



- *European Alien Species Information Network* (EASIN; <https://easin.jrc.ec.europa.eu/>). Todos los grupos taxonómicos. Incluye fichas de impacto de otras fuentes como CABI, DAISIE, GISD o NOBANIS.
- *Especies Exóticas Invasoras de la península ibérica* (Invasiber; <http://invasiber.org/>). Todos los grupos taxonómicos.
- *Catálogo Español de Especies Exóticas Invasoras*. 2013. Real Decreto 630/2013, de 2 de agosto, por el que se regula el Catálogo español de especies exóticas invasoras.
- Galicia (<http://cmaot.xunta.gal/>). Plan estratégico para la gestión de EEU. Incluye análisis de riesgos.
- Andalucía (<http://www.juntadeandalucia.es/>). Todos los grupos taxonómicos.
- Aragón (<http://www.aragon.es/>). Incluye una serie de fichas sobre EEI presentes o peligrosas en el futuro.
- Principado de Asturias (<https://www.asturias.es/>). Incluye sendos informes sobre la flora y fauna invasoras.
- La Rioja (<http://www.larioja.org/>). Incluye informes sobre la flora y fauna invasoras.
- Comunidad Foral de Navarra (<https://www.navarra.es/>). Incluye informes sobre la flora y fauna invasoras.
- País Vasco (<http://www.ingurumena.ejgv.euskadi.eus>). Diagnóstico de la flora y fauna exótica invasoras.
- Islas Baleares (BioAtlas; <http://bioatles.caib.es/>). Todos los grupos taxonómicos.
- Cataluña (Exocat; <http://mediambient.gencat.cat/>). Todos los grupos taxonómicos.
- Islas Canarias (Atlantis; <http://www.biodiversidadcanarias.es/>). Incluye fichas por especie muy completas.
- Extremadura (Invasep; <http://www.invasep.eu/>). Proyecto europeo de lucha contra las EEI.

2. Indicar qué información de 1 aplica para determinar impactos en el tipo de hábitat

Para determinar los impactos de las EEI sobre los tipos de hábitat de bosque y matorral se recomienda utilizar análisis estandarizados de riesgo. Los análisis de riesgo reúnen toda la evidencia y experiencia disponible respecto al impacto actual y potencial de una EEI. Existen en la actualidad numerosos protocolos de análisis de riesgo que difieren en cuanto al grupo evaluado (aves, plantas, organismos acuáticos), escala de trabajo (local, regional, continental) y tipo de impacto considerado (ecológico, económico, sobre la salud). Se pueden comparar las ventajas e inconvenientes de cada uno en las revisiones publicadas (González-Moreno *et al.* 2019; Roy *et al.* 2018).

El protocolo estandarizado EICAT (*Environmental Impact Classification for Alien Taxa*; Blackburn *et al.* 2014) permite clasificar las EEI en cinco categorías siguiendo un enfoque similar al de la Lista Roja de Especies Amenazadas de la IUCN. Este protocolo ya ha sido aplicado con éxito para un gran número de animales y plantas (Evans *et al.* 2016; Kumschichk *et al.* 2015; Turbé *et al.* 2017). EICAT considera los siguientes grandes mecanismos de impacto:



- Herbivoría
- Competición
- Depredación
- Transmisión de enfermedades
- Hibridación
- Toxicidad
- Transformación del tipo de hábitat (química, física o estructural)
- Interacción con otras EEI

Utilizando la información extraída de las fuentes de datos mencionadas en el apartado 1, a cada EEI se le asigna un valor de 0-sin impacto (o no conocido), a 5-graves impactos irreversibles, junto con un nivel de confianza en la respuesta (baja, media, alta). De forma ideal, la puntuación de una EEI debería basarse en estudios contrastados y controlados de campo en España, pero si tal evidencia no existiese todavía, se utilizará la información disponible en las bases de datos listadas en el apartado 1 y la literatura científica, asumiendo el peor escenario posible.

Para evaluar el nivel de riesgo de la especie, EICAT coge como referencia el valor más alto asignado a cualquiera de los ocho mecanismos mencionados. Es decir, basta que una EEI obtenga una puntuación de 5 en uno de los mecanismos de impacto para que sea considerada de alto riesgo. Como resultado, a cada EEI se le asigna uno de los siguientes niveles de riesgo:

- DD (*Data Deficient*): sin impacto conocido o sin suficiente información para evaluar el impacto.
- ML (*Minimal*): impacto mínimo.
- MI (*Minor*): impacto negativo a nivel de individuo, pero no de población.
- MO (*Moderate*): impacto a nivel de población, pero no de comunidad.
- MR (*Major*): impacto a nivel de comunidad/ecosistema que puede ser reversible.
- MA (*Massive*): impacto a nivel de comunidad/ecosistema que no es reversible.

Una descripción más amplia de estas categorías se puede encontrar en Blackburn *et al.* (2014) y en la página web de la IUCN (<https://www.iucn.org/theme/species/our-work/invasive-species/eicat>).

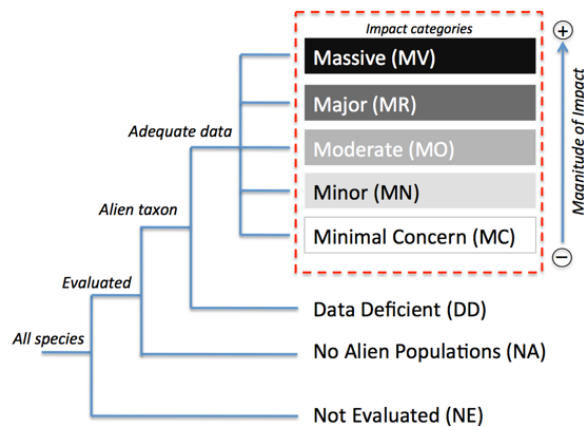


Figura PA 9.2.1 Categorías de riesgo o impacto de las EEl y relación entre ellas. Fuente: extraída de Blackburn *et al.* (2014).

3. Evaluar la sensibilidad del tipo de hábitat a la presión

3.1. Sensibilidad de los bosques a la presión de las EEl

La sensibilidad de cada tipo de bosque a las EEl vendrá determinada por: el número de EEl, su cobertura, el impacto *per capita* de cada EEl y la capacidad de recuperación o regeneración del bosque nativo. Los ecosistemas insulares son especialmente vulnerables a la introducción y establecimiento de EEl. Esto se debe a la elevada proporción de especies endémicas de flora y fauna, que han co-evolucionado en condiciones relativamente aisladas (Simberloff 1995). En islas, las EEl no encuentran grandes competidores, depredadores ni parásitos que controlen su crecimiento, lo que les permite alcanzar todo su potencial invasor. De hecho, el 86% de las especies de flora y fauna extintas como consecuencia (entre otros factores) de las EEl eran endemismos de islas (Bellard *et al.* 2016), y son de sobra conocidos las devastadoras consecuencias de mamíferos introducidos por el hombre (como la rata, el gato, el conejo o la cabra).

En España, las laurisilvas, sabinares y enebrales canarios combinan una elevada tasa de endemidad con la presencia de numerosas especies invasoras como el ailanto, la mimosa, la matoespuma, la tunera, la pitera común o la rata negra.

Dada la diferencia fundamental en cuanto a la vulnerabilidad de tipos de hábitat insulares, se recomienda aplicar los análisis de riesgo por separado. En cuanto a los tipos de hábitat peninsulares, se pueden evaluar conjuntamente en el caso de EEl generalistas con potencial de afectar a distintos tipos de bosque, o bien por tipo de hábitat, en el caso de EEl específicas de un tipo de bosque o matorral concreto (como por ejemplo algunas de las invasoras más específicas, listadas anteriormente).

Los bosques mixtos (11MX_15 - 11MX_17) y las formaciones arbustivas termoxerófilas (2116, 11222), macaronésicas, caracterizados por un elevado número de endemismos y presencia constatada de numerosas EEl, podrían ser considerados como los más sensibles a la presión de las EEl. No obstante, es necesaria más información local y regional para poder definir con mayor claridad la sensibilidad de cada tipo de bosque.



3.2. Umbrales críticos

A efectos de evaluar la sensibilidad de los tipos de hábitat de bosque y matorral a las EEI, se definen una serie de umbrales críticos.

Tabla PA 9.2.1 Umbrales críticos propuestos para evaluar la sensibilidad de los tipos de hábitat de bosque y matorral a las EEI. Fuente: elaboración propia.

Nota: MO= impacto moderado; DD= sin datos; MN= impacto menor; MC= impacto mínimo; MR= impacto alto; MA= impacto masivo.

Categoría	Umbral crítico
Categoría L (baja)	Sin presencia confirmada de EEI clasificadas como MO o superior aunque puedan existir especies catalogadas como DD, MN o MC.
Categoría M (media)	Presencia confirmada en el tipo de hábitat de al menos una EEI de la categoría MO.
Categoría H (alta)	Presencia confirmada en el tipo de hábitat de al menos una EEI de la categoría MR o MA.

3.3. Justificación de los umbrales

La presencia confirmada de EEI con graves impactos sobre la comunidad justifica la clasificación del tipo de hábitat como categoría H. La principal diferencia entre las categorías de EICAT impacto alto (MR) e impacto masivo (MA) estriba en la reversibilidad de los impactos. En la práctica, sin embargo, poco se sabe acerca de la capacidad tanto de erradicar una EEI establecida, como de recuperar el sistema al estado previo a la invasión (a excepción de notables planes de erradicación llevados a cabo en las islas Canarias). Por tanto, aplicando el principio de precaución, se considera que la presencia de una especie de la categoría MR, es decir, con graves impactos a nivel de comunidad, justifica la clasificación del tipo de hábitat como categoría H. Es posible que una especie inicialmente considerada MR pase a MA si se confirma la irreversibilidad de los impactos o la extinción local de especies nativas.

4. Periodicidad en la aplicación de protocolos

Dada la especial vulnerabilidad de los bosques macaronésicos, se recomienda una periodicidad de 2-3 años, mientras que, en el caso de los bosques peninsulares, 5-6 años puede ser suficiente.

En la práctica, el análisis de riesgo propuesto debería actualizarse cuando se genere nueva información que pueda modificar el nivel de riesgo asociado a una EEI. Efectivamente, los impactos de una EEI pueden cambiar en el tiempo en función de las condiciones ambientales y de la fase de invasión (relacionada con el tiempo transcurrido desde la introducción). Así, por ejemplo, se ha visto que especies que aparentemente no causaban problema alguno, comienzan a expandirse de forma descontrolada por un cambio en las condiciones ambientales (en el clima, la calidad del suelo, la dinámica de perturbación, la interacción con otras especies) o simplemente por una cuestión de dinámica poblacional (Crooks 2005). Es importante, por tanto, repetir los análisis de riesgo cada cierto tiempo, con el doble objeto de actualizar la categoría de riesgo en la que se clasifica cada especie, y analizar el riesgo asociado a nuevas EEI que hayan podido aparecer desde entonces.



5. Cautelas

- Falta de datos. La falta de estudios locales y regionales obliga a usar como referencia estudios realizados en otras zonas del mundo. Sin embargo, los impactos de las especies invasoras son muy complejos y altamente dependientes del contexto tanto abiótico como biótico de la invasión. Así, por ejemplo, se puede esperar que las condiciones semiáridas de ambientes mediterráneos influyan en el éxito e impacto de la invasión de manera muy diferente a las condiciones más húmedas de ambientes atlánticos.
- Incertidumbre. Existe una notable falta de estudios científicos contrastados, sobre todo a largo plazo, que evalúen los efectos de las EEI a distintos niveles, desde genético a comunidades enteras, lo que puede dificultar seguir el protocolo de riesgos EICAT. Por este motivo, cada respuesta lleva asociada un valor de confianza. Una manera de reducir la incertidumbre, es repetir el análisis de riesgo por parte de diferentes evaluadores, de modo que se pueda contrastar las puntuaciones dadas por cada uno.
- Interacción entre presiones. Una de las dificultades en la evaluación de EEI estriba en poder separar el efecto de las invasoras del de otros impactos antrópicos que habitualmente ocurren al mismo tiempo, como la contaminación, el cambio climático, el fuego o cambios en el uso del suelo.
- Falta de datos de campo. Los impactos de las EEI varían espacio-temporalmente y por tanto sería recomendable realizar estudios de campo para aquellas EEI del Catálogo identificadas dentro de los tipos de hábitat de interés terrestres. Para evaluar consistentemente el impacto de una EEI, sería necesario seleccionar un número de parcelas invadidas y sin invadir, a lo largo de un gradiente medioambiental. En caso de existir datos históricos, también es interesante realizar una valoración del estado de conservación del tipo de hábitat antes y después de la llegada de la EEI, aunque en este caso suele ser más difícil separar el efecto de las EEI de otros cambios (de uso del suelo, clima, contaminación) que han ocurrido en el mismo periodo de tiempo.

6. Referencias

Aranoutsou M & Vilà M. 2012. Fire and Invasive Plant Species in the Mediterranean Basin. *Israel Journal of Ecology & Evolution*. 58(2-3): 195-203.

Bellard C, Cassey P & Blackburn T M. 2016. Alien species as a driver of recent extinctions. *Biology Letters*. 12(2): 1-4.

Blackburn T M, Essl F, Evans T, Hulme P E, Jeschke J M, Kühn I, Kumschick S, Marková Z, Mrugala A, Nentwig W, Pergl J, Pyšek P, Rabitsch W, Ricciardi A, Richardson D M, Sendek a, Vilà M, Wilson J R U, Genovesi P & Bacher S. 2014. Unified Classification of Alien Species Based on the Magnitude of their Environmental Impacts. *PLoS Biol*. 12(5): e1001850.

Brooks M L, D'Antoni C M, Richardson D M, Grace J B, Keeley J E, DiTomaso J M, Hobbs R J, Pellant M & Pyke D. 2004. Effects of invasive alien plants on fire regimes. *Bioscience*. 54(7): 677-688.



- Cameron E K, Vilà M & Cabeza M. 2016. Global meta-analysis of the impacts of terrestrial invertebrate invaders on species, communities and ecosystems. *Global Ecology and Biogeography*. 25(5): 596-606.
- Crooks J A. 2005. Lag times and exotic species: The ecology and management of biological invasions in slow-motion. *Ecoscience*. 12(3): 316-329.
- Evans T, Kumschick S & Blackburn T M. 2016. Application of the Environmental Impact Classification for Alien Taxa (EICAT) to a global assessment of alien bird impacts. *Diversity and Distributions*. 22(9): 919-931.
- González-Moreno P, Delgado J D & Vilà M. 2015. Una visión a escala de paisaje de las invasiones biológicas. *Revista Ecosistemas*. 24(1): 84-92.
- González-Moreno P, Lazzaro L, Vilà M, Preda C, Adriaens T, Bacher S, Brundu G, Copp G H, Essl F, García-Berthou E *et al.* 2019. Consistency of impact assessment protocols for non-native species. *NeoBiota*. 44: 1-25.
- Kumschick S, Bacher S, Evans T, Marková Z, Pergl J, Pyšek P, Vaes-Petignat S, van der Veer G, Vilà M & Nentwig W. 2015. Comparing impacts of alien plants and animals in Europe using a standard scoring system. *Journal of Applied Ecology*. 52(3): 552-561.
- Pauchard A, García R, Langdon B & Nuñez M. 2014. Invasiones de Plantas en Ecosistemas Forestales: Bosques y Praderas Invasadas. En: Donoso C, González M & Lara A (eds.) *Ecología forestal: bases para el manejo sustentable y conservación de los bosques nativos de Chile*. Ediciones Universidad Austral de Chile. Valdivia.
- Roy H E, Rabitsch W, Scalera R, Stewart A, Gallardo B, Genovesi P, Essl F, Adriaens T, Bacher S, Booy O, Branquart E, Brunel S, Copp G H, Dean H, D'Hondt B, Josefsson M, Kenis M, Kettunen M, Linnamagi, M, Lucy F, Martinou A, Moore N, Nentwig W, Nieto A, Pergl J, Peyton J, Roques A, Schindler S, Schönrogge K, Solarz W, Stebbing P D, Trichkova T, Vanderhoeven S, van Valkenburg J & Zenetos A, 2018. Developing a framework of minimum standards for the risk assessment of alien species. *Journal of Applied Ecology*. 55(2): 526-538.
- Simberloff D. 1995. Why do introduced species appear to devastate islands more than mainland areas? *Pacific Science*. 49(1): 87-97.
- Traveset A & Richardson D M. 2006. Biological invasions as disruptors of plant reproductive mutualisms. *Trends in ecology & evolution*. 21(4): 208-216.
- Turbé A, Strubbe D, Mori E, Carrete M, Chiron F, Clergeau P, González-Moreno P, Le Louran M, Luna A, Menchetti M, Nentwig W, Pârâu L G, Postigo J L, Rabitsch W, Senar J C, Tollington S, Wanderhoeven S, Weiserbs A & shwartz A. 2017. Assessing the assessments: evaluation of four impact assessment protocols for invasive alien species. *Diversity and Distributions*. 23(3): 297-307.
- Vilà M, Bacher S, Hulme P, Kenis M, Kobelt M, Nentwig W, Sol D & Solarz W. 2006. Impactos ecológicos de las invasiones de plantas y vertebrados terrestres en Europa. *Revista Ecosistemas*. 15(2): 13-23.
- Vilà M, Espinar J L, Hejda M, Hulme P E, Jarošík V, Maron J L, Pergl J, Schaffner U, Sun Y & Pyšek P. 2011. Ecological impacts of invasive alien plants: a meta-analysis of their effects on species, communities and ecosystems. *Ecology Letters*. 14(7): 702-708.



Vilà M, Tessier M, Suehs C M, Brundu G, Carta L, Galanidis A, Lambdon P, Manca M, Médail F, Moragues E, Traveset A, Troumbis A Y & Hulme P E. 2006. Local and regional assessments of the impacts of plant invaders on vegetation structure and soil properties of Mediterranean islands. *Journal of Biogeography*. 33(5): 853-861.

Vilà M, Weber E & Antonio C M. 2000. Conservation implications of invasion by plant hybridization. *Biological Invasions*. 2(3): 207-217.



PA 9.3. Procedimiento de amenazas: parámetro 'Rango/Superficie ocupada'

PROCEDIMIENTO DE AMENAZAS PA 9. INVASIONES BIOLÓGICAS

RANGO/SUPERFICIE OCUPADA

La amenaza asociada a las Especies Exóticas Invasoras (EEI) sobre los tipos de hábitat de bosque y matorral aumenta en el tiempo a medida que:

1. Las EEI expanden su distribución espacial desde los puntos de introducción, generalmente localizados en zonas fuertemente antropizadas, hacia zonas más naturalizadas.
2. Aparecen nuevas EEI, favorecidas por cambios en el uso del suelo, incendios forestales, o el cambio climático.

En un reciente estudio, Seebens *et al.* (2017) ponen de manifiesto cómo a pesar de los esfuerzos de prevención y control de las últimas décadas, el número de nuevas EEI registradas en todo el mundo y todo tipo de hábitat no para de crecer, sin indicio aparente de estar llegando a un punto de saturación. La globalización, a través de un incremento sin precedentes en el transporte de personas y mercancías en todo el mundo, se relaciona con tal incremento registrado en especies invasoras (Hulme 2009; Seebens *et al.* 2015).

La curva de invasión ilustra, de forma simplificada, el aumento en cobertura de una EEI en el tiempo, desde que llega a una nueva zona, se establece, comienza a reproducirse, y se expande hasta alcanzar la capacidad de carga del sistema:

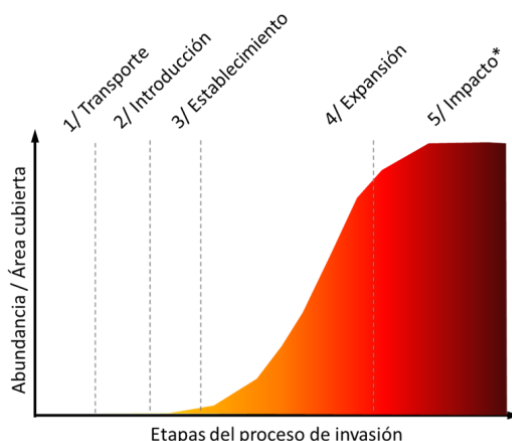


Figura PA 9.3.1 Curva de invasión de una especie invasora a medida que atraviesa las distintas etapas del proceso de invasión. Fuente: elaboración propia adaptada del *Department of Primary Industries* (2010).

Las EEI actualmente presentes en un determinado tipo de hábitat de bosque o matorral (mencionadas en el procedimiento de presiones) se encuentran en distintos puntos de esta curva, en función de su fecha de introducción y capacidad de dispersión. Algunas especies permanecen 'latentes' a bajas densidades mientras que otras se expanden rápidamente, mostrando diferentes 'time lags' o retrasos entre las sucesivas etapas del proceso de invasión (Crooks 2005). Los impactos



de las EEI sobre la superficie del tipo de hábitat alcanzan su máxima expresión al final del proceso. Esta curva ofrece dos mensajes importantes a tener en cuenta a la hora de valorar la amenaza asociada a las EEI. En primer lugar, los efectos de las EEI no son inmediatos, sino que constituyen un proceso dinámico complejo que cambia en el tiempo. Por tanto, no se debe subestimar el potencial invasor de especies en aparente estado 'latente', sobre todo cuando se trata de organismos con comportamiento invasor en otras zonas del mundo, dado que es relativamente habitual para las EEI tardar un tiempo, que en ocasiones puede ser hasta de décadas, entre su establecimiento y su máxima expansión. En segundo lugar, cuanto antes se tomen medidas de prevención y control, mayor probabilidad se tendrá de neutralizar esta amenaza y minimizar los impactos asociados a las EEI así como los costes de intervención.

1. Recopilación de fuentes de información y bases de datos

En el apartado 1 del procedimiento de presiones se proporciona un listado exhaustivo de fuentes de información sobre especies invasoras a distintas escalas con las que elaborar un mapa de distribución actual de EEI del Catálogo Español con potencial de afectar a bosques y matorrales.

Si bien, en el apartado de presiones se centra en las EEI con presencia contrastada en el tipo de hábitat de interés, a la hora de valorar la amenaza se tendrá también en cuenta otras especies del Catálogo que todavía no estén presentes, pero puedan llegar en los próximos 12 años dadas sus preferencias ambientales, o su localización en áreas cercanas.

Se listan a continuación diversas fuentes de datos medioambientales con las que evaluar las preferencias de la especie:

- *World-Clim Global Climate Data* (WorldClim; <http://worldclim.org/>). Proporciona información climática sobre escenarios presente y futuro a resolución máxima de 30 arcos de segundo (1x1 km aproximadamente). Los escenarios futuros corresponden al 5º Informe del Panel Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (5 IPCC). En total, están disponibles 126 escenarios de futuro diferentes, que combinan dos marcos temporales (2050 y 2070), 19 Modelos Globales de Circulación (entre los más utilizados: CCSM4, HadGEM2 y CNRM-CM5) y cuatro opciones de tendencias de emisión de gases de efecto invernadero (desde la más optimista, RCP 2.6, a la más pesimista, RCP 8.5).
- *Climatologies at high resolution for the earth's land surface areas* (CHELSEA; <http://chelsea-climate.org/>). Proporciona datos a alta resolución (30 arcos de segundo) de temperatura y precipitación similares a los de WorldClim. Permite obtener series temporales de datos mensuales entre enero de 1979 y diciembre de 2013. También incluye escenarios futuros.
- Agencia Española de Meteorología (AEMET; <http://www.aemet.es/es/serviciosclimaticos/>). Ofrece proyecciones regionalizadas de cambio climático para el periodo 2000-2100. Al igual que el caso anterior, existen múltiples opciones en función de trayectorias de emisión, periodo temporal de interés, y método utilizado para desarrollar el modelo.
- Geoportal de la Infraestructura de Datos Espaciales de España (IDEE; <http://www.idee.es/>). Proporciona datos de: clima, cubierta terrestre (uso y cobertura del suelo, vegetación, NDVI), hidrografía, elevación, densidad de población o redes de transporte, entre otros. Capas



disponibles a distinta resolución dependiendo de la escala (local, autonómica o nacional). A través de este portal se puede acceder al IDE de las distintas comunidades autónomas para consultar la información cartográfica disponible.

- Centro Nacional de Información Geográfica (CNIG; <http://centrodedescargas.cnig.es/>). Proporciona mapas topográficos a distintas escalas (de 1:25.000 a 1:500.000), ocupación del suelo (SIOSE a 1:25.000 y CORINE *Land Cover* a 1:10.000) y Modelo Digital del Terreno a resolución de 5, 25 y 200 m.
- *World Soil Information* (ISRIC; <https://soilgrids.org/>). Características del suelo (proporción de arena/ limo/ arcilla, cantidad de materia orgánica, pH) a escala global y resolución de 30 arcos de segundo. Esta información puede ser especialmente relevante para explicar la distribución de la vegetación invasora.
- *Human Influence Index* (HII; <http://sedac.ciesin.columbia.edu/>). Combina información de diversos factores asociados con la introducción y el éxito de las EEI como el uso del suelo, núcleos urbanos, redes de transporte o contaminación.
- Accesibilidad (<https://www.vividmaps.com/2018/01/global-map-accessibility.html>). Mide el tiempo (en días/horas/minutos) que se tardaría en acceder a cada píxel (resolución de 30 arcos de segundo) desde la ciudad de >50 000 habitantes más cercana. Proporciona una medida indirecta de la presión de propágulos.
- Núcleos urbanos y redes de transporte (<https://globalmaps.github.io/datasets.html>, <http://www.diva-gis.org/gdata>). Formato vectorial (líneas y polígonos). Se puede utilizar para generar una capa de distancia a fuentes potenciales de propágulos mediante GIS. Esta información se considera fundamental para explicar los patrones espaciales de numerosas especies invasoras (Arévalo *et al.* 2005; Gallardo *et al.* 2015; Joly *et al.* 2011; Mortensen *et al.* 2009; Real *et al.* 2008).
- Proyecto Europeo ALARM (*Assessing LArge-scale environmental Risks for biodiversity with tested Methods*; <http://www.alarmproject.net/>). En el marco de este proyecto se han desarrollado tres escenarios futuros de uso del suelo para 2050: *Growth Applied Strategy*, *Business as might be usual*, y *Sustainable European Development Goal*. Aunque existen varias publicaciones donde se analizan los resultados de estos escenarios (Rounsevell *et al.* 2006), de momento estos datos solo están disponibles bajo petición.
- La plataforma interactiva CLIMSAVE (<http://www.climsave.eu/climsave/outputs.html>) permite simular escenarios de cambio climático y socio-económico en Europa. Opera a una resolución baja, de 10 arcos de minuto (16x16 km aproximadamente), pero permite desarrollar escenarios de cambio en el uso del suelo para 2020 y 2050. Contiene cuatro escenarios socio-económicos principales combinando diferentes niveles de desarrollo económico y de efectividad de las soluciones innovadoras para hacer frente a los retos sociales (Holman *et al.* 2017).



2. Indicar qué información de 1 aplica para determinar impactos en el tipo de hábitat

Los Modelos de Distribución de Especies (MDE), también denominados modelos bioclimáticos o de nicho ecológico, proporcionan una herramienta fundamental con la que evaluar la amenaza asociada a las EEI y comparar los posibles efectos del cambio climático o el uso del suelo bajo diferentes escenarios. Los MDE utilizan las preferencias ambientales de la especie para localizar las zonas más susceptibles a la invasión. Los MDE son especialmente indicados para evaluar la expansión potencial de una EEI, pero no tanto para evaluar su abundancia o impacto en las zonas afectadas, que serán considerados en el apartado de estructura y función.

En comparación con otras metodologías de modelización (como los modelos de dinámica poblacional), los MDE tienen como principal ventaja su relativa sencillez, pudiendo ser calibrados con un mínimo de información y por parte de personal con un mínimo de conocimientos de GIS. De hecho, en países donde las EEI tienen un grave impacto, como Australia, los MDE se utilizan de forma sistemática para evaluar la amenaza asociada a EEI todavía no presentes en su territorio.

Más allá del clima o las condiciones ambientales, recientes estudios han demostrado que incluir como predictores variables relacionadas (aunque sea de forma indirecta) con la presión de propágulos, tales como el índice de influencia humana o la accesibilidad, incrementa significativamente la capacidad predictiva del modelo (Gallardo *et al.* 2015).

El protocolo a seguir para evaluar la amenaza asociada a las EEI sobre la superficie de bosque o matorral es el siguiente:

- Presencia actual de la especie. Recopilación de coordenadas geográficas de las EEI, extraídas conforme a la metodología propuesta en el procedimiento de presiones. Es importante tener en cuenta no solo las EEI con presencia confirmada en el tipo de hábitat, sino también aquellas que puedan colonizarlo en los próximos 10-12 años.
- Predictores ambientales. Fundamentalmente climáticos, pero también ambientales (topográficos, uso del suelo, propiedades del suelo, vegetación) y relacionados con el hombre (HII, accesibilidad). Fuentes de datos listadas en el apartado 1. Es importante homogeneizar los predictores procedentes de diferentes fuentes para asegurar que todos tengan la misma extensión y resolución. Existen herramientas en GIS para automatizar esta operación (a través del *plugin* 'QSDM' en QGIS, la extensión 'SDMToolbox' de ArcGIS o el paquete de R Ntbox). También es importante utilizar la máxima resolución posible para mejorar la capacidad del modelo de discriminar las preferencias de la especie, así como evitar sobreestimar el área potencialmente afectada.
- Escenarios de futuro. Listados en el apartado 1: escenarios futuros de clima y uso del suelo. Para otros predictores sin proyección de futuro (topografía, características del suelo, variables humanas), se asume que se mantienen constantes. Aunque este supuesto puede ser razonable en el caso de variables como la topografía, hay que tener en cuenta que se subestimarán el desarrollo urbano y de la red de transportes en el futuro, que muy probablemente favorecerán la introducción y dispersión de EEI.



- Calibración del modelo. Existen varios *software* con los que calibrar MDE entre los que destaca por su sencillez Maxent³¹. En la propia página de descarga están disponibles tutoriales en varios idiomas. Para conocer más detalles del algoritmo, los supuestos de los que parte, las cautelas que deben tenerse en su interpretación, y compararlo con otros algoritmos, se pueden consultar los estudios de Barbet-Massin *et al.* (2012), Elith *et al.* (2010 a, b), Elith & Leathwick (2009) Jiménez-Valverde *et al.* (2011) o Merow *et al.* (2013, 2016). Otras opciones más sofisticadas incluyen el uso del *software* estadístico libre R, mediante los paquetes '*biomod2*' (Thuiller *et al.* 2014), '*dismo*' (Hijmans *et al.* 2013), '*ecospat*' (Broenniman *et al.* 2015), '*sdm*' (Naimi & Araújo 2016) o Ntbox (Osorio-Olvera *et al.* 2016). Estas opciones permiten realizar modelizaciones mucho más complejas, así como combinar los resultados del modelo con otras técnicas estadísticas, como por ejemplo análisis de cambio de rango.
- Proyección del modelo. Una vez calibrado, el modelo se proyecta utilizando en primer lugar el propio escenario presente, lo que ofrece indicación de vulnerabilidad a la invasión a corto o medio plazo. Además, se proyecta el modelo sobre escenarios de futuro para anticipar cambios en la vulnerabilidad a la invasión en el tiempo (2050-2070). El resultado de la proyección es un mapa de idoneidad con valores que van de 0-poco o nada idóneo para el establecimiento de la especie, a 1-completamente idóneo para el establecimiento de la especie. Finalmente se puede transformar este mapa continuo en uno binario más sencillo de presencia/ausencia predicha. Comparando el mapa de presencia/ausencia bajo el escenario presente y los de futuro se puede evaluar la tendencia expansiva o contractiva de la especie.
- Riqueza potencial de EEI. Mediante la suma de los mapas de presencia/ausencia predicha de cada especie se obtiene un mapa de riqueza potencial de EEI. Comparando el mapa de riqueza bajo el escenario presente y los de futuro se puede evaluar la tendencia de aumento o disminución del número de EEI.
- Solapar el mapa de riqueza de EEI y el mapa del tipo de hábitat. Esto permite calcular el área potencialmente idónea para el establecimiento de cada EEI por separado, y el número medio de EEI con riesgo de establecimiento o expansión.

El objetivo de este protocolo es por tanto doble: en primer lugar, evaluar el potencial de expansión de EEI que ya estén presentes en el tipo de hábitat. En segundo lugar, evaluar la amenaza de colonización de EEI que todavía no están presentes.

3. Evaluar la sensibilidad del tipo de hábitat a la amenaza

3.1. Sensibilidad del tipo de hábitat a la amenaza de las EEI

Si bien la presión de invasión actual sobre algunos ecosistemas forestales y arbustivos puede ser considerada en términos generales baja (alta de forma puntual, como por ejemplo en los bosques mixtos caducifolios y las formaciones arbustivas termoxerófilas), es de esperar que la amenaza vaya en aumento en el futuro.

³¹ http://biodiversityinformatics.amnh.org/open_source/maxent/



En términos generales, y en base a la información científica disponible, se puede especular que los tipos de hábitat terrestres más amenazados por las EEI incluyen:

- Los tipos de hábitat sometidos a una elevada presión potencial de propágulos por su cercanía a zonas invadidas como otros bosques/matorrales degradados, núcleos urbanos o redes de transporte.
- Los tipos de hábitat que ya tienen presencia de un elevado número de invasoras (por ejemplo, bosques caducifolios, bosques de coníferas, matorral halófilo) en los que las EEI siguen expandiendo. De hecho, el historial de invasión se suele utilizar como indicador de la vulnerabilidad de un tipo de hábitat a las EEI: por un lado, indica que las condiciones ambientales no son demasiado limitantes para el establecimiento de especies, y por otro la presencia previa de EEI puede favorecer el establecimiento posterior de otras EEI (por ejemplo, por cambios en el tipo de hábitat).
- Las islas, por su elevada tasa de endemidad (en especial la laurisilva y los sabinares-enebrales canarios), lo que incrementa su vulnerabilidad a la invasión. Un estudio reciente apunta a las islas como los mayores puntos calientes o 'hotspots' de invasión del mundo (Dawson *et al.* 2017). Asimismo, Capdevila *et al.* (2011) destaca las formaciones de laurisilva, pinar y bosque termófilo, como los ecosistemas más afectados por las EEI en las islas Canarias. Las islas Baleares también acogen a un elevado número de endemismos combinado con un número creciente de EEI, con perspectivas de continuar su expansión.
- Las regiones costeras, particularmente en la cuenca mediterránea, por sus condiciones ambientales favorables al establecimiento de EEI y elevada presión potencial de propágulos. Detrás de las islas, las regiones costeras son las segundas sometidas a una mayor presión de invasión a escala global (Dawson *et al.* 2017).
- Los tipos de hábitat sometidos a otras presiones, como el cambio climático o el fuego, que favorecen la aparición de EEI. Esto se debe a que son habitualmente especies oportunistas, de amplia tolerancia ambiental y rápida capacidad de regeneración y crecimiento, lo que favorece que colonicen y se expandan rápidamente tras una perturbación de origen antrópico o natural. Por ejemplo, se espera la llegada a la región mediterránea de EEI de latitudes más bajas como consecuencia del cambio climático.

Por el contrario, se puede considerar como los tipos de hábitat menos amenazados:

- Aquellos con menor accesibilidad, como por ejemplo los de ambiente alpino o subalpino.
- Los tipos de hábitat sometidos a condiciones ambientales extremas, como los de ambiente desértico o subdesértico, que requieren de un elevado nivel de adaptación del que las EEI carecen.

3.2. Umbrales críticos

Se establecen las siguientes categorías de menor a mayor amenaza por parte de EEI.



Tabla PA 9.3.1 Umbrales críticos propuestos para evaluar el grado de amenaza de los tipos de hábitat de bosque y matorral a las EEI basándose en la idoneidad para el establecimiento de la especie. Fuente: elaboración propia.

Categoría	Umbral crítico
Categoría L (baja)	Idoneidad < 0,5 para todas las EEI evaluadas
Categoría M (media)	Idoneidad entre 0,5 y 0,8 para las EEI evaluadas
Categoría H (alta)	Idoneidad > 0,8 para las EEI evaluadas

3.3. Justificación de los umbrales

Un modelo calibrado con datos de presencia real de la especie y variables tanto ambientales como humanas, proyectado sobre el escenario presente, proporciona una indicación de la amenaza que supone la especie a corto-medio plazo, que puede ser adecuada para el periodo de 10-12 años que aquí se indica. Se pueden utilizar escenarios de cambio climático para hacer proyecciones a más largo plazo (2050-2070).

Se considera que, si un tipo de hábitat obtiene una idoneidad superior al 80% en un modelo que no solo considera idoneidad climática, sino probabilidad de introducción (mediante la introducción de variables humanas en el modelo), está justificado considerar la amenaza como alta. Por el contrario, valores inferiores al 50% de idoneidad pueden considerarse relativamente bajos (aunque nunca exentos de riesgo).

Hay que tener en cuenta que una elevada idoneidad no quiere decir que un tipo de hábitat vaya a ser invadido necesariamente, sino que en caso de llegar propágulos, existe una alta probabilidad de que sobrevivan. En ocasiones las especies colonizan áreas con bajos niveles de idoneidad, o, al contrario, no llegan a invadir lugares con aparente buena disponibilidad. Existen multitud de factores que determinan el éxito de la invasión y que son difíciles de anticipar, desde la introducción (intencional o accidental) de propágulos, a la resistencia que oponen las comunidades nativas a la invasión, o la interacción con otros factores (perturbaciones, presencia de otras EEI, e incluso la gestión activa de la especie).

3.4. Superficie del tipo de hábitat con nivel H

Se calcula la superficie total con valor de idoneidad > 0,8 para al menos una EEI. Se considerará que un tipo de hábitat tiene perspectivas desfavorables cuando el área con un valor de riesgo > 0,8 supere el 10% de su superficie total.

4. Periodicidad en la aplicación de protocolos

Los escenarios de futuro disponibles para clima y uso del suelo (2050 y 2070) no varían, por lo que no es necesario actualizar esta información a no ser que se desarrollen nuevos escenarios (por parte del IPCC).



Lo que sí cambia es la distribución de la especie en la que se basa el modelo. A medida que la especie se expande, también lo suele hacer el área de riesgo (es lo que se conoce como estiramiento de nicho, '*niche ratcheting*' (Medley 2010). Por tanto, los mapas de expansión potencial de EEI se deben actualizar cuando exista evidencia de que una especie ha colonizado nuevas áreas, de modo que las condiciones ambientales de las nuevas localizaciones se puedan tener en cuenta en la calibración del modelo.

Como mínimo los modelos deberían re-calibrarse cada 12 años, sin perjuicio de realizar actualizaciones más frecuentes para especies que demuestren una expansión significativa antes de este periodo.

En el caso de islas, y dada su especial vulnerabilidad a la invasión, se recomienda una frecuencia de evaluación mayor, cada seis años.

5. Cautelas

Los Modelos de Distribución de Especies proporcionan una herramienta especialmente adecuada para, con la limitada información disponible, anticipar la expansión potencial de una especie invasora. No obstante, como otras técnicas de modelización, existen una serie de cautelas a tener en cuenta:

- Disponibilidad de datos para calibrar el modelo. Los MDE requieren de datos de presencia de la especie y de las variables ambientales que se sospecha pueden determinar su distribución. En ocasiones la información disponible está lejos de ser completa. Un MDE basado en el rango incompleto de la especie puede subestimar gravemente su distribución potencial. Con respecto a los predictores, no siempre están disponibles las variables más ecológicamente relevantes a la resolución y escala necesarias. Por este motivo, a menudo se hace necesario trabajar con indicadores indirectos, como por ejemplo la distancia a carreteras como presión de propágulos, o la temperatura del aire como indicador de la temperatura bajo el dosel vegetal. En cuanto a escenarios de futuro, la disponibilidad de información es incluso más limitada. Por este motivo se recomienda utilizar los modelos de cambio climático y de uso del suelo listados en el apartado 1 y asumir que el resto de indicadores se mantienen al menos constantes en el futuro.
- Escala y resolución. Las variables explicativas pueden estar disponibles a distintas resoluciones y escalas. Se recomienda utilizar la resolución más detallada posible, lo que permitirá calibrar con mayor precisión el nicho ecológico de la especie, e identificar con mayor claridad las zonas susceptibles a la invasión. En cuanto a la escala, se recomienda utilizar una extensión de calibración que cubra todos los datos de presencia de la especie (como mínimo nacional, o incluso mayor si se tienen datos de presencia de la especie a escala continental o global), aunque el modelo se proyecte a una escala más local. Esto permitirá hacer uso de la mayor cantidad de información posible sobre la especie.
- Incertidumbre estadística asociada a cambios en los parámetros del modelo, como, por ejemplo: algoritmo (Maxent; GLM - *Generalized linear model*), GAM (*Generalized additive model*), RF (*Random Forest*), selección de ausencias (reales vs. generadas automáticamente), '*cross-validation*' (separación 70/30% de datos para calibrar y testar el modelo



respectivamente), variables utilizadas como predictores, extrapolación (en el espacio o el tiempo). Incluso pequeños cambios en estos y otros parámetros del modelo pueden dar lugar a predicciones diferentes, lo que incrementa la incertidumbre del modelo. Se recomienda realizar varias réplicas del modelo y combinarlas en uno solo (*'ensemble model'*, Thuiller *et al.* (2014) y Araújo & New (2007), que permita detectar los patrones espaciales más consistentes a través de las diferentes versiones del modelo. Los MESS (*Multivariate Environmental Similarity Surfaces*; Elith *et al.* 2010), proporcionan una herramienta para evaluar la incertidumbre del modelo, en particular cuando se realizan modelos de cambio climático. Esta herramienta está implementada en el programa Maxent, y también se puede realizar con el paquete *'dismo'* en R.

- Interacción biótica. Los MDE asumen que la interacción biótica es irrelevante para explicar la distribución de una especie, lo que obviamente puede conducir a sobreestimar su distribución potencial. Si bien, diversos estudios han concluido que la interacción con la comunidad nativa no suele resultar limitante para el establecimiento de una EEI (Levine *et al.* 2004), sí que puede ser importante en el caso de especies que requieran, por ejemplo, de un hospedador específico (por ejemplo, el nematodo del pino). Para el caso de especies con una inter-dependencia clara, se pueden calibrar modelos multi-especies de ocupación (Devarajan *et al.* 2020).
- Dispersión. Otro de los grandes supuestos de los MDE que puede conducir a una predicción errónea es que no consideran el efecto de la dispersión natural, que puede ser importante en el caso de especies móviles como mamíferos, aves o plantas con dispersión por viento o agua. No obstante, la expansión de las EEI no está limitada por su capacidad intrínseca de dispersión, sino que está íntimamente relacionado con actividades humanas, que sí se tienen en cuenta en el modelo (mediante el índice de influencia humana, o accesibilidad).
- Interpretación. A la hora de interpretar los resultados de un MDE hay que tener presente que ofrecen la probabilidad de invasión en base a la información disponible. Otras críticas al uso de MDE se pueden consultar en Jiménez-Valverde *et al.* (2011) y otros artículos del mismo autor.

6. Referencias

Araújo MB & New M. 2007. Ensemble forecasting of species distributions. *Trends in Ecology & Evolution*. 22(1): 42-47.

Arévalo J R, Delgado J D, Otto R, Naranjo A, Salas M & Fernández-Palacios J M. 2005. Distribution of alien vs. native plant species in roadside communities along an altitudinal gradient in Tenerife and Gran Canaria (Canary Islands). *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*. 7(3): 185-202.

Barbet-Massin M, Jiguet F, Albert C H & Thuiller W. 2012. Selecting pseudo-absences for species distribution models: how, where and how many? *Methods in Ecology and Evolution*. 3(2): 327-338.

Broenniman O, Petipierre B, Randon C, Engler R, Di Cola V, Breier F, D'Amen m, Pellissier L, Pottier J, Rio D, García-Mateo R, Hordijk W, Dubuis A, Scherrer D, Salamin N & Guisan A. 2015. Ecospat: Spatial Ecology Miscellaneous Methods. R-package version 1.1.



Capdevila-Argüelles L, Zilletti B & Álvarez V S. 2011. Cambio climático y especies exóticas invasoras en España. Diagnóstico preliminar y bases de conocimiento sobre impacto y vulnerabilidad. Oficina Española de Cambio Climático. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Madrid.

Crooks J A. 2005. Lag times and exotic species: The ecology and management of biological invasions in slow-motion. *Ecoscience*. 12(3): 316-329.

Dawson W, Moser D, van Kleunen M, Kreft H, Pergl J, Pyšek P, Weigelt P, Winter M, Lenzner B, Blackburn T M, Dyer E E, Cassey P, Scrivens S L, Economo E P, Guénard B, Capinha C, Seebens H, García-Díaz P, Nentwig W, García-Berthou E, Casal C, Mandrak N E, Fuller P, Meyer C & Essl F. 2017. Global hotspots and correlates of alien species richness across taxonomic groups. *Nature Ecology & Evolution*. 1(0186).

Department of Primary Industries. 2010. Invasive plants and animals policy framework. State of Victoria.

Devarajan K, Morelli T L & Tenan S. 2020. Multi-species occupancy models: review, roadmap, and recommendations. *Ecography*. 43: 1-13.

Elith J, Kearney M & Phillips S. 2010. The art of modelling range-shifting species. *Methods in Ecology and Evolution*. 1(4): 330-342.

Elith J & Leathwick J R. 2009. Species Distribution Models: ecological explanation and prediction across space and time. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics*. 40(1): 677-697.

Elith J, Phillips S J, Hastie R, Dudík M, Chee Y E & Yates C J. 2010. A statistical explanation of MaxEnt for ecologists. *Diversity and Distributions*. 17(1): 43-57.

Gallardo B, Zieritz A & Aldridge D C. 2015. The Importance of the Human Footprint in Shaping the Global Distribution of Terrestrial, Freshwater and Marine Invaders. *PLoS ONE*. 10(5): e0125801.

Holman I P, Brown C, James V & Sandars D. 2017. Can we be certain about future land use change in Europe? A multi-scenario, integrated-assessment analysis. *Agricultural Systems*. 151: 126-135.

Hijmans R J, Phillips S J, Leathwick J R & Elith J. 2013. Dismo: Species distribution modeling. R package version 0.8-17.

Hulme P E. 2009. Trade, transport and trouble: managing invasive species pathways in an era of globalization. *Journal of Applied Ecology*. 46(1): 10-18.

Jiménez-Valverde A, Peterson A T, Soberón J, Overton J M, Aragón P & Lobo J M. 2011. Use of niche models in invasive species risk assessments. *Biological Invasions*. 13(12): 2785-2797.

Joly M, Bertrand P, Gbangou R Y, White M C, Dubé J & Lavoie C. 2011. Paving the way for invasive species: Road type and the spread of common ragweed (*Ambrosia artemisiifolia*). *Environmental Management*. 48(3): 514-522.

Levine J M, Adler P B & Yelenik S G. 2004. A meta-analysis of biotic resistance to exotic plant invasions. *Ecology Letters*. 7(10): 975-989.

Medley K A. 2010. Niche shifts during the global invasion of the Asian tiger mosquito, *Aedes albopictus* Skuse (*Culicidae*), revealed by reciprocal distribution models. *Global Ecology and Biogeography*. 19(1): 122-133.



Merow C, Allen J M, Aiello-Lammens M & Silander Jr J A. 2016. Improving niche and range estimates with Maxent and point process models by integrating spatially explicit information. *Global Ecology and Biogeography*. 25(8): 1022-1036.

Merow C, Smith M J & Silander J A. 2013. A practical guide to MaxEnt for modeling species' distributions: what it does, and why inputs and settings matter. *Ecography*. 36(10): 1058-1069.

Mortensen D A, Rauschert E S J, Nord A N & Jones B P. 2009. Forest roads facilitate the spread of invasive plants. *Invasive Plant Science and Management*. 2(3): 191-199.

Naimi B & Araújo M B. 2016. Sdm: a reproducible and extensible R platform for species distribution modelling. *Ecography*. 39(4): 368-375.

Osorio-Olvera L, Vijay B, Narayani B, Soberón J & Falconi M. 2016. Ntbox: From getting biodiversity data to evaluating species distributions models in a friendly GUI environment. R package version 0.2. 5.4.

Real R, Márquez A L, Estrada A, Román Muñoz A & Vargas J M. 2008. Modelling chorotypes of invasive vertebrates in mainland Spain. *Diversity and Distributions*. 14(2): 364-373.

Rounsevell M D A, Reginster I, Araújo M B, Carter T R, Dendoncker N, Ewert F, House J I, Kankaanpää S, Leemans R, Metzger M J, Schmit C, Smith P & Tuck G. 2006. A coherent set of future land use change scenarios for Europe. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 114(1): 57-68.

Seebens H, Blackburn T M, Dyer E E, Genovesi P, Hulme P E, Jeschke J M, Pagad S, Pyšek P, Winter M, Arianoutsou M, Bacher S, Blasius B, Brundu G, Capinha C, Celesti-Grapow L, Dawson W, Dullinger S, Fuentes N, Jäger H, Kartesz J, Keins M, Kreft H, Kühn, Lenzner B, Liebhold A, Mosena A, Moser D, Nishino M, Pearman D, Pergl J, Rabitsch W, Rojas-Sandoval J, Roques A, Rorke S, Rossinelli S, Roy H E, Scalera R, Schindler S, Stajerová K, Tokarska-Guzik B, van Kleunen M, Walker K, Weigelt P, Yamanaka T & Essl F. 2017. No saturation in the accumulation of alien species worldwide. *Nature Communications*. 8(14435).

Seebens H, Essl F, Dawson W, Fuentes N, Moser D, Pergl J, Pyšek P, van Kleunen M, Weber E, Winter M & Blasius B. 2015. Global trade will accelerate plant invasions in emerging economies under climate change. *Global change biology*. 21(11): 4128-4140.

Thuiller W, Georges D & Engler R. 2014. Biomod2: Ensemble platform for species distribution modeling. R package version 3.1-64.



PA 9.4. Procedimiento de amenazas parámetro 'Estructura y función'

PROCEDIMIENTO DE AMENAZAS PA 9. INVASIONES BIOLÓGICAS

ESTRUCTURA Y FUNCIÓN

Las Especies Exóticas Invasoras (EEI) constituyen una seria amenaza para la biodiversidad. Las EEI pueden producir la extinción local de especies nativas; por ejemplo, porque compiten por recursos limitados como el alimento y los tipos de hábitat, porque hibridan o porque propagan enfermedades. Los efectos de las EEI pueden ser tan profundos que llegan a alterar la estructura y el funcionamiento de ecosistemas enteros, poniendo en peligro su capacidad para prestar servicios ecosistémicos fundamentales, como la polinización, la regulación del clima o el control de inundaciones. En el procedimiento de presiones se puede encontrar una relación de los impactos de las EEI sobre la estructura y función de los tipos de hábitat de bosque y matorral.

Tal y como se apuntó anteriormente, la amenaza asociada a las EEI sobre la estructura y función de los ecosistemas terrestres aumenta a medida que expanden su distribución espacial desde los puntos de introducción. Al mismo tiempo aparecen nuevas EEI, favorecidas por cambios en el uso del suelo, incendios forestales, o el cambio climático.

Es más, cabe destacar el papel de la facilitación biológica, con numerosos ejemplos en la literatura científica de especies invasoras que interactúan entre sí favoreciendo su establecimiento mutuo, y en ocasiones incrementando su impacto. Plantas invasoras del Catálogo Español como la matoespuma (*Ageratina adenophora*), la hierba de San Jorge (*Centranthus ruber*), la retama negra (*Cytisus scoparius*) o la amapola de California (*Eschscholzia californica*), producen cambios medioambientales que favorecen el establecimiento de otras especies invasoras. Aves invasoras como el ruiseñor del Japón (*Leiothrix lutea*) o el bulbul (*Pycnonotus cafer* y *P. jocosus*) contribuyen a dispersar las semillas de plantas invasoras. Cuando los impactos de varias especies invasoras conjuntamente son superiores a sus efectos por separado, se habla de 'crisis de invasión' (*sensu invasional meltdown*, Simberloff (2006). Esto ya está ocurriendo en bosques de Chile donde nuevas formaciones de *Acacia* facilitan la colonización del sotobosque por otros géneros invasoras como *Teline* y *Ulex*, favorecidas a su vez por la perturbación antrópica, en este caso el fuego (Pauchard *et al.* 2014). En España, todavía no se ha documentado ningún caso similar en el ámbito terrestre, si bien tal eventualidad no se puede descartar dada la escasez de estudios al respecto.

1. Recopilación de fuentes de información y bases de datos

Las fuentes de datos sobre el impacto ecológico de las EEI se pueden consultar en el procedimiento de presiones. En algunas de las fuentes (como las fichas de la IUCN-GISD y de CABI-ISC) se menciona explícitamente la interacción potencial con el cambio climático, lo que ofrece un indicador de la amenaza asociada a la especie en un contexto de cambio global.

En primer lugar, se pueden utilizar prospecciones de riesgos para identificar aquellas EEI con mayor riesgo de introducción y establecimiento en el tipo de hábitat de bosque y matorral en el futuro:



- Catálogo Español de Especies Invasoras (CEEI; <http://www.mapama.gob.es>). Incluye un listado de 181 EEI que suponen una amenaza para las especies autóctonas, los tipos de hábitat y los ecosistemas en España.
- Lista de la Unión (*List of Union Concern*; <https://easin.jrc.ec.europa.eu/>). El listado europeo recoge a fecha de hoy 49 (+18 candidatas a ser incluidas próximamente) especies ampliamente distribuidas en Europa que se consideran prioritarias para la gestión.
- *Prioritising prevention efforts through horizon scanning* (Roy *et al.* (2015); <http://ec.europa.eu/>). En este informe, expertos en invasiones biológicas de toda Europa evalúan las EEI que suponen un riesgo inminente, en los próximos 10 años. Como resultado ofrece un listado de 100 organismos que todavía no están en Europa, o todavía se encuentran limitados a algunas poblaciones aisladas. Los resultados de este trabajo se encuentran también recogidos en Roy *et al.* (2018a, 2018b).

En segundo lugar, los impactos de las EEI ya presentes en un tipo de hábitat vienen determinados por tres factores principales: el área total ocupada, la abundancia de la especie, y su efecto per cápita (Parker *et al.* 1999).

- El área total potencialmente ocupada a corto y largo plazo puede ser calculada fácilmente mediante Modelos de Distribución de Especies (MDE) siguiendo el protocolo descrito en el procedimiento para el rango/superficie ocupada.
- Predecir la abundancia de la especie invasora es más complejo. De forma ideal, si existen datos de campo precisos (natalidad, potencial reproductor, mortalidad), se puede desarrollar un modelo de dinámica poblacional.
- Recientemente, Dick *et al.* (2016) han propuesto un indicador del impacto per cápita denominado RIP (*'relative impact potencial'*). Para calcularlo, en condiciones experimentales se mide el ratio de consumo de recursos (sea por depredación o herbivoría) de la EEI y de la especie nativa más similar. Es decir, se comparan los ratios de consumo de recursos entre la especie invasora y su análogo nativo más cercano. Aunque los estudios realizados hasta el momento han utilizado animales, se podría realizar con plantas también, evaluando su uso de los recursos como agua o nutrientes.

2. Indicar qué información de 1 aplica para determinar impactos en el tipo de hábitat

De manera ideal, se utilizarían datos relativos a la cobertura, abundancia e impacto per cápita para estimar el impacto potencial de una EEI siguiendo las sugerencias de Parker *et al.* (1999). No obstante, este enfoque puede ser difícil de aplicar en el caso especies invasoras que todavía no están presentes en el tipo de hábitat evaluado, o bien con especies con poca información disponible.

Alternativamente, se puede seguir un enfoque similar al de las presiones, basado en la utilización del protocolo estandarizado EICAT (*Environmental Impact Classification for Alien Taxa*; Blackburn *et al.* 2014). Este protocolo permite clasificar las especies en cinco categorías de impacto: sin datos (DD), mínimo (MC), menor (MN), moderado (MO), alto (MA) y masivo (MA). Se pueden consultar los detalles en el procedimiento de presiones. Se utilizan las fuentes de información listadas en el procedimiento de presiones para valorar los diferentes impactos de la especie.



A diferencia del caso de presiones, en este caso no solo se evalúan las EEI con presencia constatada, sino también otras EEI con riesgo de llegar en el futuro. Para identificar las EEI que suponen un mayor riesgo en el futuro, se pueden tomar como referencia las incluidas en el Catálogo Español de EEI, la Lista de la Unión de EEI preocupantes, y el ejercicio de prospección de riesgos de Roy *et al.* (2018a), todos ellos listados en el apartado 1.

Otra diferencia con la evaluación de presiones, en el que se evalúa el impacto actual de la especie, consiste en que para valorar la amenaza se utilizará el mapa de distribución potencial obtenido a través de MDE como referencia. Es decir, se evalúa el impacto potencial que tendría la especie en el peor escenario, si se cumpliesen las predicciones de expansión de los modelos.

3. Evaluar la sensibilidad del tipo de hábitat a la amenaza

3.1. Sensibilidad del tipo de hábitat a la amenaza de las EEI

La sensibilidad de los bosques y matorrales al impacto de las EEI se detalla en el procedimiento de presiones. En un escenario de futuro, la sensibilidad de los tipos de hábitat terrestres a las invasiones biológicas depende de la interacción entre EEI y otras amenazas, la más notable el cambio climático.

Aunque la interacción entre invasiones biológicas y cambio climático es altamente impredecible, la mayoría de los autores anticipan un impacto positivo del aumento de temperaturas sobre las EEI a través de cambios en los medios de transporte de propágulos (por ejemplo, mediante nuevas rutas comerciales, o mayor frecuencia de riadas/tormentas), cambios en los límites climáticos al establecimiento de EEI (por ejemplo, falta de heladas de invierno que a menudo limitan la supervivencia de algunas especies), cambio en el impacto de las especies, por ejemplo por un incremento en su abundancia, e incluso cambios en la efectividad de las medidas de control (Hellmann *et al.* 2008).

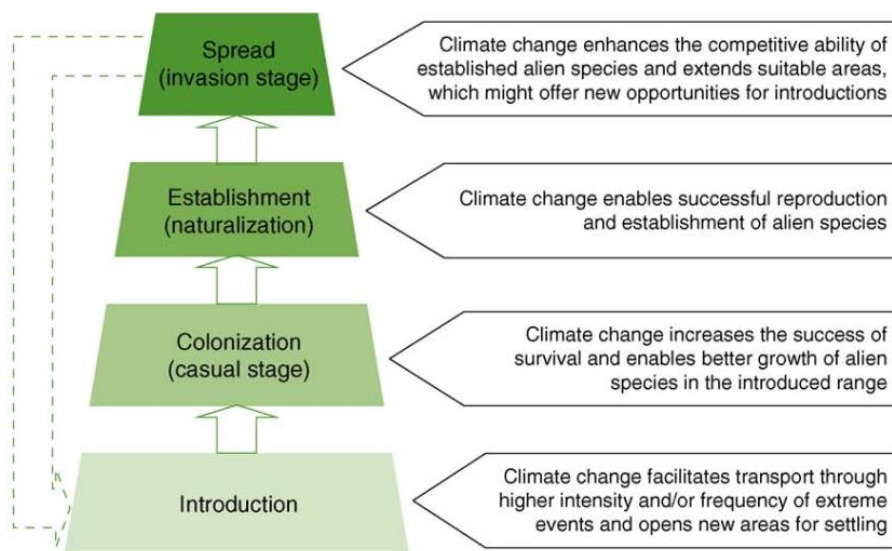


Figura PA 9.4.1 Efectos potenciales del cambio climático sobre la probabilidad de introducción, establecimiento y dispersión de especies exóticas. Fuente: extraída de Walther *et al.* (2009).



Numerosos estudios apuntan a una capacidad de las especies invasoras muy superior a las especies nativas para seguir los cambios que se producen en el clima, cambiando de rango en altura y latitud a una sorprendente velocidad (Hellmann *et al.* 2008; Walther *et al.* 2009). Así por ejemplo, en su informe de impactos esperados del cambio climático en ambiente terrestre (IPCC 2014), el IPCC anticipa un incremento en la colonización de plantas invasoras en Europa, y un incremento en la viabilidad de especies invasoras que son más tolerantes al estrés fisiológico que las nativas. La ventaja competitiva de las especies invasoras en un contexto de cambio climático se relaciona con sus rasgos biológicos, ya que se caracterizan por tener habitualmente una gran capacidad de movimiento, toleran amplias condiciones ambientales, y son generalistas en su uso del tipo de hábitat y recursos, lo que les facilita cambiar de rango rápidamente (Estrada *et al.* 2016). Aunque no existen estudios concretos que evalúen la sensibilidad de los tipos de hábitat de bosque y matorral a las especies invasoras en un contexto de cambio climático, se pueden realizar una serie de suposiciones:

- Tipos de hábitat terrestres alpinos. En primer lugar, algunos autores apuntan a que la falta de EEI en tipos de hábitat de alta montaña no se debe a una mayor resistencia de estos ambientes a la invasión, sino simplemente al tiempo que las especies tardan en ascender desde los valles, por lo que auguran un incremento de invasoras en bosques alpinos. En segundo lugar, a medida que aumentan las temperaturas esperaríamos un ascenso en altura de las especies invasoras, a medida que los ambientes de alta montaña se vuelven favorables a especies actualmente limitadas a altitudes medias. No obstante, algunos estudios han documentado un ascenso en altura de especies inferior al esperado (Chen *et al.* 2011), lo que se relaciona con que las nuevas zonas climáticamente idóneas a mayores alturas tienen difícil acceso (por ejemplo, en otra montaña diferente), así como con la complejidad topográfica de los ambientes de montaña, que puede proporcionar microrefugios climáticos a escala local.
- Tipos de hábitat terrestres mediterráneos. Por un lado, cabría esperar que las condiciones ambientales se vuelvan más extremas (mayor frecuencia y/o duración de sequías) en regiones mediterráneas, dificultando de este modo el establecimiento de EEI sin las adaptaciones necesarias. Por otro lado, también cabría esperar un aumento en la frecuencia de eventos de perturbación (como riadas o incendios) que favorecen la expansión de EEI. Finalmente, es de esperar un incremento de EEI procedentes de latitudes más bajas a medida que los organismos migran, predominantemente hacia el norte. Las consecuencias del cambio climático para la expansión de EEI en ambientes mediterráneos son, por tanto, complejas y difíciles de anticipar.
- Tipos de hábitat terrestres isleños. En primer lugar, el cambio climático puede incrementar la sensibilidad de los ambientes isleños a todo tipo de amenazas, incluyendo las especies invasoras. El aumento de temperaturas puede dar lugar a una pérdida del tipo de hábitat para especies endémicas, que puede ser aprovechada por especies invasoras muy tolerantes y capaces de colonizar nuevos ambientes. Las islas constituyen sin duda los tipos de hábitat más sensibles a la amenaza que suponen las invasiones biológicas.



- Tipos de hábitat terrestres atlánticos. Por un lado, cabría esperar un ascenso en altura de EEI actualmente localizadas en los valles o a altitudes medias a medida que aumentan las temperaturas. Por otro, dado el avance generalizado de especies invasoras hacia el norte, cabría esperar la llegada de EEI actualmente localizadas en climas más mediterráneos, a medida que el aumento de temperaturas difumina las barreras (en este caso climáticas) a su establecimiento.

3.2 Umbrales críticos

Tabla PA 9.4.1 Umbrales críticos propuestos para evaluar la sensibilidad de los tipos de hábitat de bosque y matorral a las EEI. Fuente: elaboración propia.

Nota: MO= impacto moderado; DD= sin datos; MN= impacto menor; MC= impacto mínimo; MR= impacto alto; MA= impacto masivo.

Categoría	Umbral crítico
Categoría L (baja)	Sin presencia confirmada de EEI clasificadas como MO o superior aunque puedan existir especies catalogadas como DD, MN o MC.
Categoría M (media)	Presencia confirmada en el tipo de hábitat de al menos una EEI de la categoría MO.
Categoría H (alta)	Presencia confirmada en el tipo de hábitat de al menos una EEI de la categoría MR o MA.

Para realizar la evaluación de amenazas se utilizarán los datos relativos a EEI con 'presencia esperada en el futuro' (los próximos 12 años) a diferencia de la 'presencia actual constatada' en el caso del procedimiento de presiones.

3.3 Justificación de los umbrales

La amenaza de llegada de EEI con graves impactos sobre la comunidad justifica la clasificación del tipo de hábitat como categoría H. La principal diferencia entre las categorías de EICAT impacto alto (MR) e impacto masivo (MA) estriba en la reversibilidad de los impactos. En la práctica, y dado que la especie no está todavía presente, no se puede saber si sus impactos son reversibles o no. Es posible que una especie inicialmente considerada MR pase a MA si se confirma la irreversibilidad de los impactos o la extinción local de especies nativas. Por tanto, aplicando el principio de precaución, se considera que la presencia de una especie de la categoría MR, es decir, con graves impactos a nivel de comunidad, justifica la clasificación del tipo de hábitat como categoría H.

La categoría M abarca la posible llegada de EEI con diversos impactos a nivel de individuo y población, pero no de comunidad. Finalmente, la categoría L englobaría los tipos de hábitat sin perspectivas de ser invadidos, o con EEI de bajo impacto.

3.4 Superficie del tipo de hábitat con nivel H

El análisis de riesgo EICAT se puede utilizar en combinación con el análisis espacial descrito en el procedimiento para el rango/superficie ocupada, de modo que se pueda calcular la superficie total



del tipo de hábitat que podría llegar a la categoría H. La definición de perspectivas desfavorables quedaría del siguiente modo: si la superficie de bosque o matorral que podría verse amenazada por una EEI del Catálogo Español 'con impacto grave a nivel de comunidad' supera el 10%, se considerará que las perspectivas del tipo de hábitat son desfavorables.

4. Periodicidad en la aplicación de protocolos

Tal y como se establece en el apartado de amenazas, dada la especial vulnerabilidad de los bosques macaronésicos, se recomienda una periodicidad de 6 años, mientras que, en el caso de los bosques peninsulares, 12 años puede ser suficiente.

En la práctica, el análisis de riesgo propuesto debería actualizarse cuando se genere nueva información que pueda modificar el nivel de riesgo asociado a una EEI. Efectivamente, los impactos de una EEI pueden cambiar en el tiempo en función de las condiciones ambientales y de la fase de invasión relacionada a su vez con el tiempo transcurrido desde la introducción. Es importante, por tanto, repetir los análisis de riesgo cada cierto tiempo, con el doble objeto de actualizar la categoría de riesgo en la que se clasifica cada especie, y analizar el riesgo asociado a nuevas EEI que hayan podido aparecer desde entonces en zonas cercanas y supongan un riesgo para el tipo de hábitat evaluado.

5. Cautelas

Las cautelas en cuanto a la aplicación del protocolo EICAT son similares a las listadas en el apartado de presiones.

- Falta de datos. La falta de estudios locales y regionales obliga a usar como referencia estudios realizados en otras zonas del mundo. Sin embargo, los impactos de las especies invasoras son muy complejos y altamente dependientes del contexto tanto abiótico como biótico de la invasión. Así, por ejemplo, cabría esperar que las condiciones semiáridas de ambientes mediterráneos influyan en el éxito e impacto de la invasión de manera muy diferente a las condiciones más húmedas de ambientes atlánticos.
- Incertidumbre. Existe una notable falta de estudios científicos contrastados, sobre todo a largo plazo, que evalúen los efectos de las EEI a distintos niveles, desde genético a comunidades enteras, lo que puede dificultar seguir el protocolo de riesgos EICAT. Por este motivo, cada respuesta lleva asociado un valor de confianza. Una manera de reducir la incertidumbre, es repetir el análisis de riesgo por parte de diferentes evaluadores, de modo que se pueda contrastar las puntuaciones dadas por cada uno.
- Interacción entre presiones. Una de las dificultades en la evaluación de EEI estriba en poder separar el efecto de las invasoras del de otros impactos antrópicos que habitualmente ocurren al mismo tiempo, como la contaminación, el cambio climático, el fuego o cambios en el uso del suelo.
- Falta de datos de campo. Los impactos de las EEI varían espacio-temporalmente y por tanto sería recomendable realizar estudios de campo para aquellas EEI del Catálogo identificadas dentro de los tipos de hábitat de interés terrestres.



6. Referencias

Blackburn T M, Essl F, Evans T, Hulme P E, Jeschke J M, Kühn I, Kumschik S, Marková Z, Mrugala A, Nentwig W, Pergl J, Pyšek P, Rabitsch W, Ricciardi A, Richardson D M, Sendek A, Vilà M, Wilson J R U, Winter M, Genovesi P & Bacher S. 2014. A Unified Classification of Alien Species Based on the Magnitude of their Environmental Impacts. *PLoS Biol.* 12(5): e1001850.

Chen I-C, Hill J K, Ohlemüller R, Roy D B & Thomas C D. 2011. Rapid Range Shifts of Species Associated with High Levels of Climate Warming. *Science.* 333(6045): 1024-1026.

Dick J T A, Laverty C, Lennon J J, Barrios-O'Neill D, Mensink P J, Britton J R, Medoc V, Boets P, Alexander M, Taylor N G, Dunn A M, Hatcher M J, Rosewarne P J, Crookes S, Maclsaac H J, Xu M, Ricciardi A, Wasserman R J, Ellender B R, Weyl O L F, Lucy F E, Banks P B, Dodd J A, MacNeil C, Penk M R, Aldrige D C & Caffrey J M. 2016. Invader Relative Impact Potential: a new metric to understand and predict the ecological impacts of existing, emerging and future invasive alien species. *Journal of Applied Ecology.* 54(4): 1259-1267.

Estrada A, Morales-Castilla I, Caplat P & Early R. 2016. Usefulness of Species Traits in Predicting Range Shifts. *Trends in Ecology & Evolution.* 31(3): 190-203.

Hellmann J J, Byers J E, Bierwagen B G & Dukes J S. 2008. Five potential consequences of climate change for invasive species. *Conservation Biology.* 22(3): 534-543.

IPCC. 2014. *Climate Change 2014–Impacts, Adaptation and Vulnerability: Part B: Regional Aspects: Working Group II Contribution to the IPCC Fifth Assessment Report.* Cambridge University Press. Cambridge.

Parker I M, Simberloff D, Lonsdale W M, Googell K, Wonham M, Kareiva P M, Williamson M H, Von Holle B, Moyle P B, Byers J E & Goldwasser L. 1999. Impact: toward a framework for understanding the ecological effects of invaders. *Biological Invasions.* 1(1): 3-19.

Pauchard A, García R, Langdon B & Nuñez M. 2014. Invasiones de Plantas en Ecosistemas Forestales: Bosques y Praderas Invasadas. En: Donoso C, González M & Lara A (eds.) *Ecología forestal: bases para el manejo sustentable y conservación de los bosques nativos de Chile.* Ediciones Universidad Austral de Chile. Valdivia.

Roy H E, Adriaens T, Aldridge D C, Bacher S, Bishop J D D, Blackburn T M, Branquart E, Brodie J, Carboneras C, Cook E J, Copp G H, Dean H J, Eilenberg J, Essl F, Gallardo B, Garcia M, García-Berthou E, Genovesi P, Hulme P E, Kenis M, Kerckhof F, Kettunen M, Minchin D, Nentwig W, Nieto A, Pergl J, Pescott O, Peyton J, Preda C, Rabitsch W, Roques A, Rorke S, Scalera R, Schindler S, Schönrogge K, Sewell J, Solarz W, Stewart A, Tricarico E, Vanderhoeven S, van der Velde G, Vilà M, Wood C A & Zenetos A. 2015. Invasive Alien Species - Prioritising prevention efforts through horizon scanning ENV.B.2/ETU/2014/0016. European Commission.

Roy H E, Bacher S, Essl F, Adriaens T, Aldridge D C, Bishop J D, Blackburn T M, Branquart E, Brodie J, Carboneras C, *et al.* 2018a. Developing a list of invasive alien species likely to threaten biodiversity and ecosystems in the European Union. *Global change biology.* 25(3): 1032-1048.

Roy H E, Rabitsch W, Scalera R, Stewart A, Gallardo B, Genovesi P, Essl F, Adriaens T, Bacher S, Booy O, Branquart E, Brunel S, Copp G H, Dean H, D'Hondt B, Josefsson M, Kenis M, Kettunen M,



Linnamagi, M, Lucy F, Martinou A, Moore N, Nentwig W, Nieto A, Pergl J, Peyton J, Roques A, Schindler S, Schönrogge K, Solarz W, Stebbing P D, Trichkova T, Vanderhoeven S, van Valkenburg J & Zenetos A. 2018b. Developing a framework of minimum standards for the risk assessment of alien species. *Journal of Applied Ecology*. 55(2): 526-538.

Simberloff D. 2006. Invasional meltdown 6 years later: important phenomenon, unfortunate metaphor, or both? *Ecology Letters*. 9(8): 912-919.

Walther G-R, Roques A, Hulme P E, Sykes M T, Pyšek P, Kühn I, Zobel M, Bacher S, Botta-Dukát Z, Bugmann H, Czúcz B, Dauber J, Hickler T, Jarosík V, Kenis M, Klotz S, Minchin D, Moora M, Nentwig W, Ott J, Panov V E, Reineking B, Robinet C, Semchenko V, Solarz W, Thuiller W, Vilà M, Vohland K & Settele J. 2009. Alien species in a warmer world: risks and opportunities. *Trends in Ecology & Evolution*. 24(12): 686-693.



PA 10. Contaminación atmosférica

Autor: Anna Ávila Castells

PA 10.1. Procedimiento de presiones (Contaminación por ozono): parámetro 'Rango/Superficie ocupada'

PROCEDIMIENTO DE PRESIONES
PA 10. CONTAMINACION ATMOSFÉRICA - CONTAMINACIÓN POR OZONO
RANGO/SUPERFICIE OCUPADA
<p>En la actualidad, el estándar para la protección de la vegetación en Europa respecto al ozono se basa en el índice AOT40, que considera la suma de concentraciones de ozono por encima de los 40 ppb en las horas diurnas y en el periodo vegetativo 'marzo-octubre' (UNECE 2010). Sin embargo, se está trabajando en un nuevo índice más representativo, el POD1, basado en el modelado de los flujos de ozono por la vegetación. Esta nueva metodología ha sido aprobada para su inclusión en el capítulo 3 del manual de la <i>Convention on Long-range Transboundary Air Pollution</i> (CLRTAP; LRTAP Convention 2010; UNECE 2004).</p> <p>Los principales impactos que produce la contaminación atmosférica por ozono son:</p> <ul style="list-style-type: none">■ Daños foliares, decoloración, defoliación, afectación a la producción.■ Decaimiento forestal.
1. Recopilación de fuentes de información y bases de datos
<p>Enlace a <i>grid-data</i> por países o por grupos de países UE</p> <p>A partir del recurso <i>online</i> del Programa europeo de monitorización y evaluación³² (EMEP) puede accederse a datos relativos a la concentración de ozono en los países de la unión europea y para diferentes años.</p> <p>Como se ha comentado previamente, a pesar de que hasta el momento y bajo la directiva 2008/50/CE relativa a la calidad del aire ambiente y a una atmósfera más limpia en Europa, se ha usado el índice AOT40, este indicador se ha cuestionado y se propone una nueva métrica, basada en los flujos de ozono a la vegetación, el POD1, como indicador más realista para describir el impacto del ozono en la vegetación. Así pues, se aporta en el siguiente fichero, los valores de POD1 para el territorio español como variable adicional (ficheros disponibles bajo petición expresa a la autora de este procedimiento).</p> <ul style="list-style-type: none">■ Fichero: POD1 bosques (POD1 For.xls)

³² http://www.emep.int/mscw/mscw_srddata.html#GridData



Dicho fichero contiene los datos de flujo de ozono al vuelo del bosque, considerando un valor umbral de daños por deposición de ozono de $1 \text{ nm O}_3 \text{ m}^{-2} \text{ PLA sec}^{-1}$ (PLA, *projected leaf area*) a una escala de $50 \times 50 \text{ km}^2$.

La entrada de datos en el modelo se revisa anualmente, y se reactualizan los mapas. Aquí se proporcionan los datos más actualizados (a fecha de abril 2017), que corresponden al año 2013.

2. Indicar qué información de 1 aplica para determinar impactos en el tipo de hábitat

Hasta el momento, el indicador en uso es el AOT40. Por tanto, hasta que no se apruebe la nueva métrica se aplicará la capa 'AOT40 forest at forest top for NOx'.

3. Evaluar la sensibilidad del tipo de hábitat a la presión

Para evaluar la sensibilidad del tipo de hábitat a las presiones o amenazas se tienen que determinar los umbrales críticos que determinarán las categorías H (alta), M (media) y L (baja). Los pasos a seguir serían:

- Presión= Ozono

Hasta el momento actual, la Convención CLRTAP considera el indicador AOT40 (exposición acumulada de las concentraciones horarias de O_3 que superan los 40 ppb durante el día y para la estación de crecimiento (Paoletti 2006; Paoletti & Manning 2007) para evaluar los niveles críticos de ozono en los ecosistemas forestales. Sin embargo, este indicador se halla actualmente en fase de revisión. Esta revisión es necesaria puesto que los efectos del ozono en la vegetación, además de considerar los niveles atmosféricos, deben tener en cuenta la absorción de ozono por los estomas. Para ello, se deben tener en cuenta factores climáticos y la disponibilidad hídrica, que condicionan fuertemente la apertura estomática. Actualmente, se está avanzando en el uso de modelos de estimación del flujo de ozono hacia el interior de las hojas o acículas (modelo DO3SE).

- Si se considera el indicador AOT40, los niveles críticos que se han consensuado para los bosques mediterráneos son: 20 000-36 000 ppbh (Calatayud *et al.* 2011; Karlsson *et al.* 2004; Ferretti *et al.* 2007).

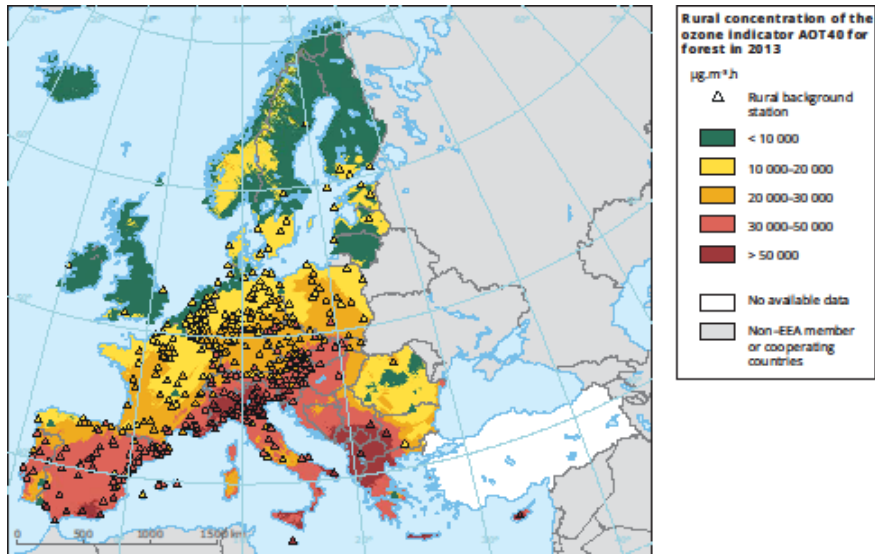


Figura PA 10.1.1 Concentración europea del indicador de ozono AOT40 usado para bosques. Fuente: Agencia Europea del Medio Ambiente³³.

- En cambio, si se considera el indicador PODy ($y = 3 \text{ mmol m}^{-2}$) se obtiene la distribución representada en la Figura PA 10.1.2 para España.

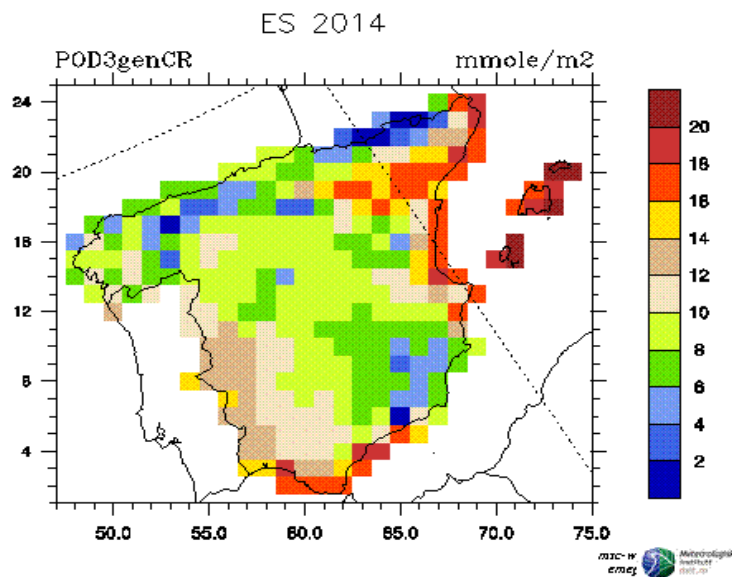


Figura PA 10.1.2 Concentración del indicador de ozono POD3 para el territorio español. Fuente: extraída del Programa europeo de monitorización y evaluación³⁴ (EMEP).

- Rango POD1 para árboles esclerófilos (*Quercus ilex*) = 19-33 $\text{mmol m}^{-2} \text{ PLA sec}^{-1}$ (Alonso et al. 2012; 2014). Valores por encima de estos umbrales, indicarían un estado de conservación desfavorable o H.

³³ <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/figures/rural-concentration-of-the-ozone>

³⁴ https://www.emep.int/mscw/mscw_data.html



- Rango POD1 para árboles planifolios (robles)= $12-16 \text{ mmol m}^{-2} \text{ PLA sec}^{-1}$ (Calatayud *et al.* 2011; Karlsson *et al.* 2004; Karlsson *et al.* 2017). Valores por encima de estos umbrales, indicarían un estado de conservación desfavorable o H.

Se cruzaría la capa de GIS con las capas de tipos de hábitat para determinar la superficie del tipo de hábitat con nivel H. Si una superficie del 1% anual se encontrara en categoría H las perspectivas futuras serían desfavorables.

4. Periodicidad en la aplicación de protocolos

- Se recomienda cruzar las capas con los modelos POD y emitidos por EMEP con una periodicidad anual.
- Se recomienda generar capas con una periodicidad anual.

5. Cautelas

Las principales limitaciones a tener en cuenta son:

- Existencia o necesidad de validaciones de los valores propuestos para los umbrales.
- Mejoras de la periodicidad de la obtención de información.
- Mejora de la calidad de bases de datos.
- Limitaciones de los *proxies* propuestos.

6. Referencias

Alonso R *et al.* 2012. Ozone critical levels for Mediterranean forests. Comunicación al 25th Task Force Meeting. ICP Vegetation. 31 January-2 February Brescia. Italy.

Alonso R, Elvira S, González-Fernández I, Calvete H, García-Gómez H & Bermejo V. 2014. Drought stress does not protect *Quercus ilex* L. from ozone effects: Results from a comparative study of two subspecies differing in ozone sensitivity. *Plant Biology*. 16(2): 375–384.

Calatayud V, Cerveró J, Calvo E, García-Breijo F J, Reig-Arminana J & Sanz M J. 2011. Responses of evergreen and deciduous *Quercus* species to enhanced ozone levels. *Environmental Pollution*. 159(1): 55–63.

Ferretti M, Bussotti F, Calatayud V, Schaub M, Kräuchi N, Petriccione B, Sanchez-Peña G, Sanz M J & Ulrich E. 2007. Ozone and forests in South-Western Europe - What have we learned? *Environmental Pollution*. 145(3): 652–655.

Karlsson P E, Uddling J, Braun S, Broadmeadow M, Elvira S, Gimeno B S, Le Thiec D, Oksanen E, Vandermeiren K, Wilkinson M & Emberson L. 2004. New critical levels for ozone effects on young trees based on AOT40 and simulated cumulative leaf uptake of ozone. *Atmospheric Environment*. 38(15): 2283–2294.



Karlsson P E, Klingberg J, Engardt M, Andersson C, Langner J, Karlsson G P & Pleijel H. 2017. Past, present and future concentrations of ground-level ozone and potential impacts on ecosystems and human health in northern Europe. *Science of the Total Environment*. 576(15): 22-35.

LRTAP Convention. 2010. Hemispheric Transport of Air Pollution. United Nations Economic Commission for Europe. United Nations. Geneva.

Paoletti E. 2006. Impact of ozone on Mediterranean forests: A review. *Environmental Pollution* 144(2): 463–474.

Paoletti E & Manning W J. 2007. Toward a biologically significant and usable standard for ozone that will also protect plants. *Environmental Pollution*.150(1): 85–95.

UNECE. 2004. Manual on methodologies and criteria for modelling and mapping critical loads and levels and air pollution effects, risks and trends. Mapping Manual 2004. UNECE Convention on Long-range Transboundary Air Pollution, ICP Modelling and Mapping.

UNECE. 2010. Hemispheric transport of air pollution. Part A. Ozone and particulate matter. Air pollution studies N°. 17. United Nations. Geneva.



PA 10.2. Procedimiento de presiones (Contaminación por ozono): parámetro 'Estructura y función'

PROCEDIMIENTO DE PRESIONES

PA 10. CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA - CONTAMINACIÓN POR OZONO

ESTRUCTURA Y FUNCIÓN

Los principales impactos que produce la contaminación atmosférica por ozono en relación a la estructura y función son:

- Daños foliares, decoloración, defoliación, afectación a la producción.
- Disminución biomasa subterránea y superficial.

1. Recopilación de fuentes de información y bases de datos

En este caso la información requerida será principalmente bibliográfica y se detalla a continuación:

- Los datos parcelas de Nivel II del programa *ICP-Forest*, muestran el grado de defoliación y de decoloración, que pueden correlacionarse con daños foliares debidos al ozono. No obstante, cabe considerar otras causas, p. ej. meteorología adversa, también intervienen en afectar dichas variables.
- Por otro lado, gran parte de la información sobre los daños del ozono en la vegetación provienen de experimentos realizados con cámaras a cielo abierto (OTC; *Open Top Chambers*), en los que se manipulan las dosis de ozono a las que se ven afectadas las plantas para así, determinar los umbrales críticos. En estos experimentos, las variables de respuesta de la vegetación que se consideran son la biomasa (superficial y subterránea) y el intercambio de gases y fotosíntesis.
- En el marco del Convenio de Ginebra se está trabajando intensivamente en la valoración del índice conocido como *Phytotoxic O₃ Dose* (PODy) para la determinación de los niveles críticos (Büker *et al.* 2015; Sicard *et al.* 2016). Este índice calcula el flujo estomático de O₃ a la vegetación basándose en el modelo DO3SE (Emberson *et al.* 2007).
- Varios estudios concluyen que el índice PODy tiene una mayor correlación con la observación de daños en la vegetación que el índice AOT40, tanto para especies herbáceas (Alonso *et al.* 2014; Calvete-Sogo *et al.* 2017) PODy como forestales (Büker *et al.* 2015; Mills *et al.* 2011; Sicard *et al.* 2016).

2. Indicar qué información de 1 aplica para determinar impactos en el tipo de hábitat

Podría usarse información de las variables defoliación y decoloración de las parcelas de nivel II del programa ICP-Forests. Sin embargo, es más general considerar la disminución de producción y biomasa provocada por la exposición al ozono.



3. Evaluar la sensibilidad del tipo de hábitat a la presión

Para evaluar la sensibilidad del tipo de hábitat a la amenaza, se aportan los umbrales críticos que determinarán las categorías H (alta), M (media) y L (baja).

- Rango POD1 para árboles esclerófilos (*Quercus ilex*)= 19-33 mmol m⁻² PLA sec⁻¹ (Alonso *et al.* 2012; 2014). Valores por encima de estos umbrales, indicarían un estado de conservación desfavorable o H.
- Rango POD1 para árboles planifolios (robles)= 12-16 mmol m⁻² PLA sec⁻¹ (Calatayud *et al.* 2011; Karlsson *et al.* 2004; Karlsson *et al.* 2017) Valores por encima de estos umbrales, indicarían un estado de conservación desfavorable o H.

4. Periodicidad en la aplicación de protocolos

La periodicidad recomendable con la que debe estimarse el impacto la presión y además, la revisión del protocolo, es cada 5-10 años.

5. Cautelas

Ver cautelas definidas en PA 10.1. Procedimiento de presiones (Contaminación por ozono): parámetro 'Rango/Superficie ocupada'.

6. Referencias

Alonso R *et al.* 2012. Ozone critical levels for Mediterranean forests. Comunicación al 25th Task Force Meeting. ICP Vegetation. 31 January-2 February Brescia. Italy.

Alonso R, Elvira S, González-Fernández I, Calvete H, García-Gómez H & Bermejo V. 2014. Drought stress does not protect *Quercus ilex* L. from ozone effects: Results from a comparative study of two subspecies differing in ozone sensitivity. *Plant Biology*. 16(2): 375–384.

Büker P, Feng Z, Uddling J, Briolat A, Alonso R, Braun S, Elvira S, Gerosa G, Karlsson P E, Le Thiec D, Marzuoli R, Mills G, Oksanen E, Wieser G, Wilkinson M & Emberson L D. 2015. New flux based dose-response relationships for ozone for European forest tree species. *Environmental Pollution*. 206: 163–174.

Calatayud V, Cerveró J, Calvo E, García-Breijo F J, Reig-Arminana J & Sanz M J. 2011. Responses of evergreen and deciduous *Quercus* species to enhanced ozone levels. *Environmental Pollution*. 159(1): 55–63.

Calvete-Sogo H, González-Fernández I, García-Gómez H, Alonso R, Elvira S, Sanz J & Bermejo-Bermejo V. 2017. Developing ozone critical levels for multi-species canopies of Mediterranean annual pastures. *Environmental Pollution*. 220: 186–195.

Emberson L D, Büker P & Ashmore M R. 2007. Assessing the risk caused by ground level ozone to European forest trees: A case study in pine, beech and oak across different climate regions. *Environmental Pollution*. 147(3): 454–466.



Karlsson P E, Uddling J, Braun S, Broadmeadow M, Elvira S, Gimeno B S, Le Thiec D, Oksanen E, Vandermeiren K, Wilkinson M & Emberson L. 2004. New critical levels for ozone effects on young trees based on AOT40 and simulated cumulative leaf uptake of ozone. *Atmospheric Environment*. 38(15): 2283–2294.

Mills G, Pleijel H, Braun S, Büker P, Bermejo V, Calvo E, Danielsson H, Emberson L, Fernández I G, Grünhage L, Harmens H, Hayes F, Karlsson P E & Simpson D. 2011. New stomatal flux-based critical levels for ozone effects on vegetation. *Atmospheric Environment*. 45(28): 5064–5068.

Sicard P, De Marco A, Dalstein-Richier L, Tagliaferro F, Renou C & Paoletti E. 2016. An epidemiological assessment of stomatal ozone flux-based critical levels for visible ozone injury in Southern European forests. *Science of the Total Environment*. 541(15): 729–741.



PA 10.3. Procedimiento de amenazas (Contaminación por ozono): parámetro 'Rango/Superficie ocupada'

PROCEDIMIENTO DE AMENAZAS
PA 10. CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA - CONTAMINACIÓN POR OZONO
RANGO/SUPERFICIE OCUPADA
1. Recopilación de fuentes de información y bases de datos
Enlace a <i>grid-data</i> por países o por grupos de países UE
Para el ozono, en las páginas web exploradas (LRTAP, EMEP, GAINS, EEA), no se han encontrado previsiones de tendencias de cambio en las próximas décadas. Se puede considerar que en las próximas décadas no habrá una variación significativa y, por tanto, los escenarios de 2020 usados para la determinación de amenazas para los otros contaminantes serán parecidos a los actuales (ver procedimientos relativos a Deposición ácida (PA 10.5. - PA 10.8.) y Deposición de nitrógeno (PA 10.9. - PA 10.12.)). Así pues, solo se puede aportar la misma base de datos usada para el protocolo relativo a presiones.
2. Indicar qué información de 1 aplica para determinar impactos en el tipo de hábitat
Hasta el momento, el indicador en uso es el AOT40. Por tanto, hasta que no se apruebe la nueva métrica se aplicará la capa 'AOT40 forest at forest top for NOx'.
3. Evaluar la sensibilidad del tipo de hábitat a la amenaza
Para evaluar la sensibilidad del tipo de hábitat a las presiones o amenazas se tienen que determinar los umbrales críticos que determinarán las categorías H (alta), M (media) y L (baja). Los pasos a seguir serían:
<ul style="list-style-type: none">■ Amenaza= Ozono (año 2014; más reciente disponible).■ Si se considera el indicador AOT40, los niveles críticos que se han consensuado para los bosques mediterráneos son: 20 000-36 000 ppbh (Calatayud <i>et al.</i> 2011; Karlsson <i>et al.</i> 2004; Ferretti <i>et al.</i> 2007). Ver Figura PA 10.1.1.
Estos umbrales vienen definidos por la carga crítica, que a su vez se define como "una estimación cuantitativa de una exposición a uno o más contaminantes, por debajo de la cual no se producen efectos perjudiciales significativos sobre determinados elementos sensibles del medio ambiente de acuerdo con los conocimientos actuales".
Se cruzaría la capa de GIS con las capas de los tipos de hábitat para determinar la superficie del tipo de hábitat con nivel H, es decir, con valores por encima de 20 000-36 000 ppbh para bosques mediterráneos si se utiliza el indicador AOT40. Si una superficie del 1% anual se encontrara en categoría H las perspectivas futuras serían desfavorables.



4. Periodicidad en la aplicación de protocolos

- Se recomienda cruzar las capas con los modelos POD y emitidos por EMEP con una periodicidad anual.
- Se recomienda generar capas con una periodicidad anual.

5. Cautelas

Ver cautelas definidas en PA 10.1. Procedimiento de presiones (Contaminación por ozono): parámetro 'Rango/Superficie ocupada'.

6. Referencias

Calatayud V, Cerveró J, Calvo E, García-Breijo F J, Reig-Arminana J & Sanz M J. 2011. Responses of evergreen and deciduous *Quercus* species to enhanced ozone levels. *Environmental Pollution*. 159(1): 55–63.

Ferretti M, Bussotti F, Calatayud V, Schaub M, Kräuchi N, Petriccione B, Sanchez-Peña G, Sanz M J & Ulrich E. 2007. Ozone and forests in South-Western Europe - What have we learned? *Environmental Pollution*. 145(3): 652–655.

Karlsson P E, Uddling J, Braun S, Broadmeadow M, Elvira S, Gimeno B S, Le Thiec D, Oksanen E, Vandermeiren K, Wilkinson M & Emberson L. 2004. New critical levels for ozone effects on young trees based on AOT40 and simulated cumulative leaf uptake of ozone. *Atmospheric Environment*. 38(15): 2283–2294.



PA 10.4. Procedimiento de amenazas (Contaminación por ozono): parámetro 'Estructura y función'

PROCEDIMIENTO DE AMENAZAS	
PA 10. CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA - CONTAMINACIÓN POR OZONO	
ESTRUCTURA Y FUNCIÓN	
1. Recopilación de fuentes de información y bases de datos	
	En este caso la información requerida será principalmente bibliográfica y se detalla en PA 10.2. Procedimiento de presiones (Contaminación por ozono): parámetro 'Estructura y función'.
2. Indicar qué información de 1 aplica para determinar impactos en el tipo de hábitat	
	Podría usarse información de las variables defoliación y decoloración de las parcelas de Nivel II del programa ICP-Forests. Sin embargo, es más general considerar la disminución de producción y biomasa provocada por la exposición al ozono.
3. Evaluar la sensibilidad del tipo de hábitat a la amenaza	
	Para evaluar la sensibilidad del tipo de hábitat a la amenaza, se aportan los umbrales críticos que determinarán las categorías H (alta), M (media) y L (baja). En este caso, los umbrales vienen definidos por criterio de experto a partir de información bibliográfica y determinarían una afectación H o alta. <ul style="list-style-type: none">■ Rango POD1 para árboles esclerófilos (<i>Quercus ilex</i>)= 19-33 mmol m⁻² PLA sec⁻¹ (Alonso <i>et al.</i> 2012; 2014).■ Rango POD1 para árboles planifolios (robles)= 12-16 mmol m⁻² PLA sec⁻¹ (Calatayud <i>et al.</i> 2011; Karlsson <i>et al.</i> 2004; Karlslon <i>et al.</i> 2017). Se debe tener en cuenta que el impacto de la exposición al ozono se ve afectado asimismo por la deposición de nitrógeno (Calvete-Sogo <i>et al.</i> 2017).
4. Periodicidad en la aplicación de protocolos	
	La periodicidad recomendable con la que debe estimarse el impacto la amenaza y además, la revisión del protocolo, es cada 5-10 años.
5. Cautelas	
	Ver cautelas definidas en PA 10.1. Procedimiento de presiones (Contaminación por ozono): parámetro 'Rango/Superficie ocupada'.



6. Referencias

Alonso R *et al.* 2012 Ozone critical levels for Mediterranean forests. Comunicación al 25th Task Force Meeting. ICP Vegetation. 31 January-2 February Brescia. Italy.

Alonso R, Elvira S, González-Fernández I, Calvete H, García-Gómez H & Bermejo V. 2014. Drought stress does not protect *Quercus ilex* L. from ozone effects: Results from a comparative study of two subspecies differing in ozone sensitivity. *Plant Biology*. 16(2): 375–384.

Calatayud V, Cerveró J, Calvo E, García-Breijo F J, Reig-Arminana J & Sanz M J. 2011. Responses of evergreen and deciduous *Quercus* species to enhanced ozone levels. *Environmental Pollution*. 159(1): 55–63.

Calvete-Sogo H, González-Fernández I, García-Gómez H, Alonso R, Elvira S, Sanz J & Bermejo-Bermejo V. 2017. Developing ozone critical levels for multi-species canopies of Mediterranean annual pastures. *Environmental Pollution*. 220: 186–195.

Karlsson P E, Uddling J, Braun S, Broadmeadow M, Elvira S, Gimeno B S, Le Thiec D, Oksanen E, Vandermeiren K, Wilkinson M & Emberson L. 2004. New critical levels for ozone effects on young trees based on AOT40 and simulated cumulative leaf uptake of ozone. *Atmospheric Environment*. 38(15): 2283–2294.

Karlsson P E, Klingberg J, Engardt M, Andersson C, Langner J, Karlsson G P & Pleijel H. 2017. Past, present and future concentrations of ground-level ozone and potential impacts on ecosystems and human health in northern Europe. *Science of the Total Environment*. 576(15): 22–35.



PA 10.5. Procedimiento de presiones (Deposición ácida): parámetro 'Rango/Superficie ocupada'

PROCEDIMIENTO DE PRESIONES
PA 10. CONTAMINACIÓN ATMOSFERICA - DEPOSICIÓN ÁCIDA
RANGO/SUPERFICIE OCUPADA
<p>Los principales impactos que produce la contaminación atmosférica por deposición ácida son:</p> <ul style="list-style-type: none">■ Sustitución de especies.■ Incremento de la susceptibilidad de las especies a factores de estrés.■ Acidificación del suelo y de las aguas de escorrentía.
1. Recopilación de fuentes de información y bases de datos
<p>Enlace a <i>grid-data</i> por países o por grupos de países UE</p> <p>A partir de los datos del Programa europeo de monitorización y evaluación (EMEP) se generan datos sobre la deposición total de S oxidados y la deposición total de N oxidado (datos disponibles bajo petición expresa a la autora de este procedimiento).</p> <p>Los ficheros anteriores contienen los datos de deposición de S y N oxidados, principales responsables de la deposición ácida (en mg m⁻²) en cada célula (escala 50x50 km²) dentro del territorio español. El modelo usado es EMEP/MSC-W, basado en matrices de fuente-receptor que tiene en cuenta las emisiones de los distintos países de la Unión Europea y el transporte transfronterizo.</p> <p>Los datos de entrada al modelo se revisan anualmente, y se reactualizan los mapas. Aquí se proporcionan los datos más actualizados (a fecha de abril 2017), que corresponden al año 2013.</p> <ul style="list-style-type: none">■ Fuente: EMEP (http://www.emep.int/mscw/mscw_srdata.html#GridData)
2. Indicar qué información de 1 aplica para determinar impactos en el tipo de hábitat
Datos relativos a la deposición total de S oxidados y la deposición total de N oxidado en España.
3. Evaluar la sensibilidad del tipo de hábitat a la presión
<p>Para evaluar la sensibilidad del tipo de hábitat a las presiones o amenazas se tienen que determinar los umbrales críticos que determinarán las categorías H (alta), M (media) y L (baja). Los pasos a seguir serían:</p> <ul style="list-style-type: none">■ Presión= deposición ácida (año 2004; más reciente disponible).



La Figura PA 10.5.1 muestra las excedencias respecto al valor umbral de carga crítica de acidez, determinado por la *Task Force on Modelling and Mapping*³⁵, de la CLRTAP-UNECE.

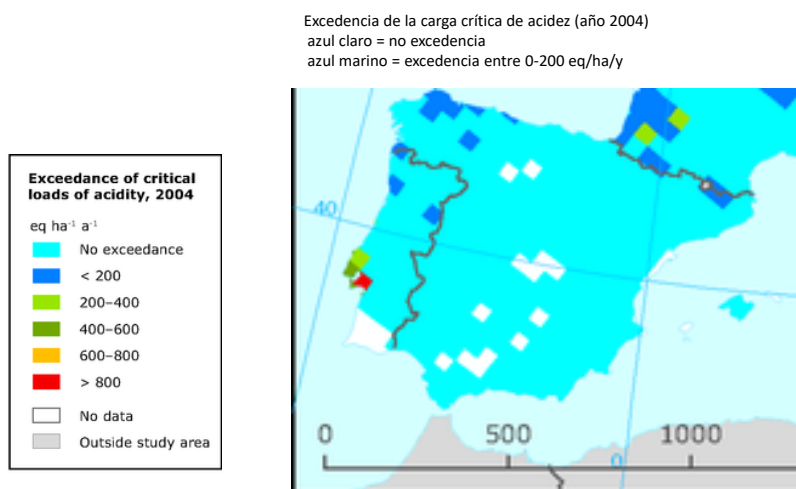


Figura PA 10.5.1 Excedencia de la carga crítica de acidez para el año 2004 en España. Fuente: EMEP MSC-W modelled air concentrations and depositions.

Como se puede ver en la Figura PA 10.5.1, el territorio español no presenta una superación destacable de los niveles críticos de acidez. Únicamente se da una leve superación de los valores de carga crítica de acidez en unas pocas celdas en Galicia y en el Pirineo catalán. Los tipos de hábitat que podrían verse afectados son los correspondientes a brezales y matorrales de zona templada que se encuentran en estas regiones: THIC 4020*³⁶ Brezales húmedos atlánticos de zonas templadas de *Erica ciliaris* y *Erica tetralix* (o Brezales higrófilos), THIC 4030 Brezales secos europeos (o Brezales, brezal-tojales y jaral-brezales) y THIC 4060 Brezales alpinos y boreales (o Landas boreoalpinas, enebrales y sabinares rastros). Se calcula que solo un 0,23% de la superficie de tipos de hábitat de interés comunitario considerados en la Directiva Hábitats, están afectados por un exceso de deposición ácida.

Los umbrales estarían definidos como: carga crítica, definida como "una estimación cuantitativa de una exposición a uno o más contaminantes por debajo de la cual no se producen efectos perjudiciales significativos sobre determinados elementos sensibles del medio ambiente de acuerdo con los conocimientos actuales". Valores por encima de 600 eq ha⁻¹ a⁻¹, se consideran altos y con categoría H. Valores por debajo de 200 eq ha⁻¹ a⁻¹ se consideran bajos o categoría L. La deposición de azufre y nitrógeno puede acidificar las aguas superficiales y los suelos. El azufre y el nitrógeno oxidados, como agentes acidificantes, pueden alterar el contenido de nutrientes del suelo al eliminar el calcio y liberar el aluminio tóxico, lo que repercute en las plantas y los animales.

Cuando la deposición es mayor que la carga crítica de un contaminante para un lugar particular, se considera una excedencia de la carga crítica, lo que significa que la biota está en mayor riesgo de

³⁵ <http://www.unece.org/fileadmin//DAM/env/Irtap/WorkingGroups/wge/mapping.htm>

³⁶ Los tipos de hábitat de interés comunitario que se señalan con un asterisco (*) son considerados prioritarios.



daño ecológico. Las cargas críticas respecto a la deposición ácida tienen en cuenta la composición química del suelo. Los suelos calcáreos tienen una alta capacidad de neutralización de la lluvia ácida y no presentan excedencias. Las zonas más vulnerables se hallan sobre sustratos silíceos, ácidos y lixiviados. En España, las zonas más vulnerables se sitúan en Galicia y en la cordillera Cantábrica y Pirineos.

Se cruzaría la capa de GIS con las capas de los tipos de hábitat para determinar la superficie del tipo de hábitat con nivel H. Si una superficie del 1% anual se encontrara en categoría H las perspectivas futuras serían desfavorables. En la actualidad no se dan tipos de hábitat con una afectación de tipo H.

4. Periodicidad en la aplicación de protocolos

Se recomienda cruzar las capas con los modelos EMEP de deposición ácida cada 5-10 años.

5. Cautelas

Las cautelas deben ser propuestas una vez que el protocolo sea puesto en marcha.



PA 10.6. Procedimiento de presiones (Deposición ácida): parámetro 'Estructura y función'

PROCEDIMIENTO DE PRESIONES

PA 10. CONTAMINACION ATMOSFERICA - DEPOSICIÓN ÁCIDA

ESTRUCTURA Y FUNCIÓN

1. Recopilación de fuentes de información y bases de datos

En este caso la información requerida será principalmente bibliográfica.

El impacto de la deposición ácida en los tipos de hábitat forestales y de matorral se deriva de la superación de las cargas críticas de acidez en el ecosistema. El concepto de carga crítica fue desarrollado en el marco de la Convención de Ginebra (CLRTAP, UNECE) para determinar los impactos de la contaminación atmosférica en los ecosistemas y como herramienta para definir las reducciones de las emisiones necesarias para proteger los ecosistemas. Las cargas críticas se pueden definir según dos aproximaciones: como cargas críticas empíricas obtenidas por experimentación (p. ej. adición del contaminante y observación de los efectos negativos) o por modelización. Para la modelización, la base de datos que se requiere puede ser obtenida de los registros de las parcelas de nivel II del ICP-Forests.

2. Indicar qué información de 1 aplica para determinar impactos en el tipo de hábitat

En el manual de la Convención CLRTAP (UNECE 2004), sección V. *Mapping critical loads for ecosystems*, se detallan los valores de las cargas críticas empíricas para distintos tipos de vegetación (sección V.2. *Empirical critical loads*). Asimismo, en la sección V.3.1, de dicho manual, se da una descripción detallada del razonamiento conceptual y de las ecuaciones para determinar las cargas críticas por modelización del sistema (modelo *Simple Mass Balance* o SMB; Sverdrup & de Vries, 1994; Posch *et al.* 2015). El modelo requiere la entrada de flujos químicos (expresados en eq ha⁻¹ año⁻¹) de varios compartimentos del bosque o matorral: cationes básicas en la solución del suelo, ANC (*Acid Neutralising Capacity*, equivalente a alcalinidad) en la solución del suelo, meteorización de cationes básicas, absorción por parte de la biomasa forestal de cationes básicas, inmovilización de N, desnitrificación, así como la deposición de N y de S. Parte de esta información puede encontrarse en los datos registrados en las parcelas de ICP-Forests Nivel II, y parte de ella se puede derivar de modelización (modelos de meteorización según tipo de suelo y litología).

A nivel europeo, incluyendo España, Lorenz *et al.* (2008) calcularon las cargas críticas de acidez y la superación de los valores umbral de acidez basándose en la información suministrada por el ICP-Forests, parcelas de Nivel II. En su trabajo observaron que en ninguna de las parcelas de Nivel II situadas en España se superan las cargas críticas de acidez (datos de 2004).

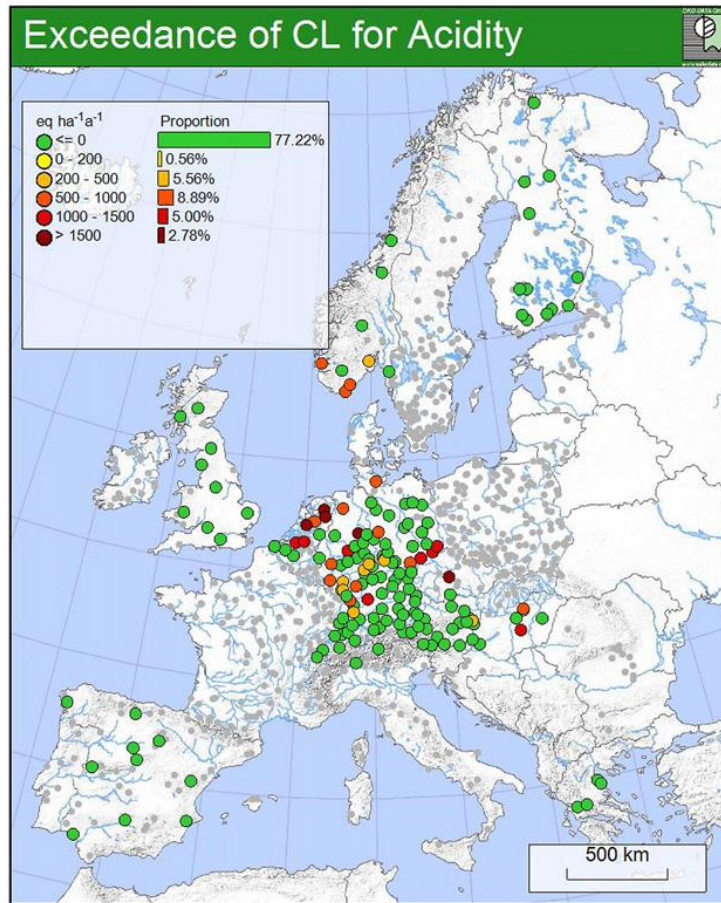


Figura PA 10.6.1 Superación de los valores umbrales de acidez en las parcelas de Nivel II de Europa ambiental. Fuente: extraída de Lorenz *et al.* (2008).

Por otro lado, Rodríguez-Lado & Macías (2006) calcularon los niveles críticos de S y N para los suelos forestales de Galicia y obtuvieron que la mayor parte de los ecosistemas forestales (95%) no exceden las cargas críticas. Siendo Galicia la región española con mayor vulnerabilidad a la deposición ácida, se puede concluir que los tipos de hábitat de bosque y matorral en España no están sometidos a una presión por parte de la deposición ácida. La base de datos del ICP-Forests, parcelas Nivel II proporciona los datos para valorar si se exceden los valores críticos de acidez.

3. Evaluar la sensibilidad del tipo de hábitat a la presión

Para evaluar la sensibilidad del tipo de hábitat a la amenaza, se aportan los umbrales críticos que determinarán las categorías H (alta), M (media) y L (baja). La deposición ácida en España no supera umbrales críticos.

4. Periodicidad en la aplicación de protocolos

La periodicidad recomendable con la que se debe revisar las tasas de deposición y las superaciones de los valores críticos con una periodicidad de 10 años.



5. Cautelas

Las principales limitaciones del protocolo propuesto son:

- Existencia o necesidad de validaciones de los valores propuestos para los umbrales.
- Mejoras de la periodicidad de la obtención de información.
- Mejora de la calidad de bases de datos (p. ej. inventarios de matorrales).
- Limitaciones de los *proxies* propuestos.

6. Referencias

Lorenz M, Nagel H D, Granke O & Kraft P. 2008. Critical loads and their exceedances at intensive forest monitoring sites in Europe. *Environmental Pollution*.155(3): 426–435.

Posch M, Duan L, Reinds G J & Zhao Y. 2015. Critical loads of nitrogen and sulphur to avert acidification and eutrophication in Europe and China. *Landscape Ecology*. 30: 487–499.

Rodríguez-Lado L & Macías F. 2006. Calculation and mapping of critical loads of sulphur and nitrogen for forest soils in Galicia (NW Spain). *Science of the Total Environment*. 366(2-3): 760-771.

Sverdrup H & de Vries W. 1994. Calculating critical loads of acidity with the simple mass balance method. *Water, Air, & Soil Pollution*. 72: 143–162.

UNECE. 2004. Manual on methodologies and criteria for modelling and mapping critical loads and levels and air pollution effects, risks and trends. Mapping Manual 2004. UNECE Convention on Long-range Transboundary Air Pollution, ICP Modelling and Mapping.



PA 10.7. Procedimiento de amenazas (Deposición ácida): parámetro 'Rango/Superficie ocupada'

PROCEDIMIENTO DE AMENAZAS

PA 10. CONTAMINACION ATMOSFERICA - DEPOSICIÓN ÁCIDA

RANGO/SUPERFICIE OCUPADA

1. Recopilación de fuentes de información y bases de datos

Enlace a *grid-data* por países o por grupos de países UE

A través de la herramienta *online* GAINS (Greenhouse Gas - Air Pollution Interactions and Synergies) del Instituto Internacional para el Análisis de Sistemas Aplicados (IIASA³⁷) se pueden obtener la proyección para el año 2020 de las áreas que sobrepasarán los umbrales críticos de protección respecto de la deposición ácida a una escala de 50x50 km.

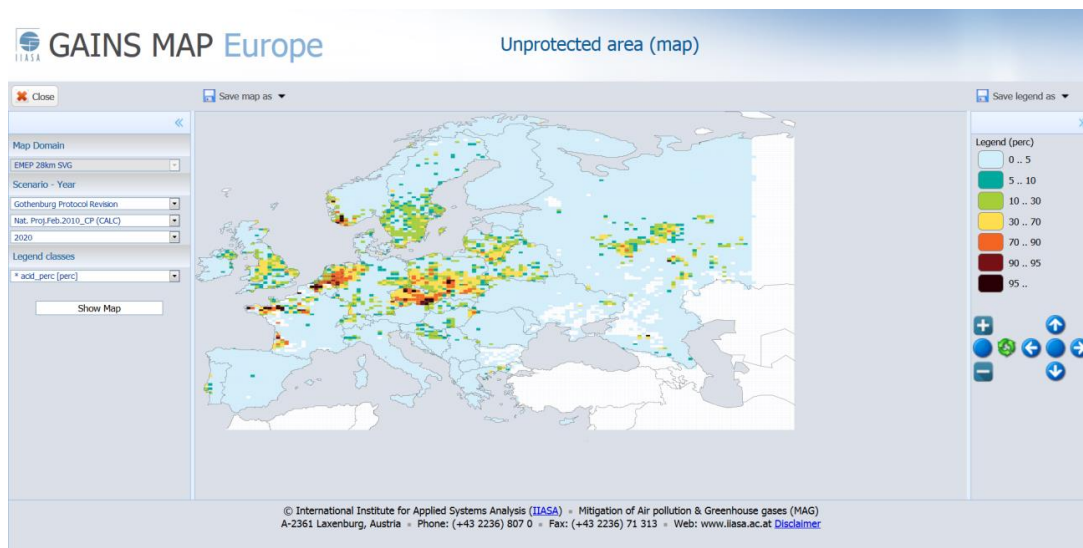


Figura PA 10.7.1 Captura de las proyecciones para el año 2020 con las áreas que sobrepasarán los umbrales críticos de protección respecto de la deposición ácida a nivel europeo. Fuente: extraída de la herramienta GAINS MAP³⁸ del Instituto Internacional para el Análisis de Sistemas Aplicados (IIASA).

Los datos de entrada al modelo se revisan anualmente, y se reactualizan los mapas. Aquí se proporcionan los datos más actualizados (a fecha de abril 2017), que corresponden al año 2013.

2. Indicar qué información de 1 aplica para determinar impactos en el tipo de hábitat

No se prevé la necesidad.

³⁷ <https://iiasa.ac.at/web/home/research/researchPrograms/air/Program-Overview.en.html>

³⁸ https://gains.iiasa.ac.at/models/gains_models3.html



3. Evaluar la sensibilidad del tipo de hábitat a la amenaza

Para evaluar la sensibilidad del tipo de hábitat a las presiones o amenazas se tienen que determinar los umbrales críticos que determinarán las categorías H (alta), M (media) y L (baja). Los pasos a seguir serían:

- Amenaza= Deposición ácida

Como se puede ver en la figura anterior, el territorio español no presentará en el 2020 una superación de los niveles críticos de acidez destacable.

Se cruzaría la capa de GIS con las capas de los tipos de hábitat para determinar la superficie del tipo de hábitat con nivel H, sin embargo, no cabe hacer esta operación puesto que no se detecta una afectación destacable.

4. Periodicidad en la aplicación de protocolos

Se recomienda cruzar las capas con los modelos EMEP de deposición ácida cada 5-10 años.

5. Cautelas

Las cautelas deben ser propuestas una vez que el protocolo sea puesto en marcha.



PA 10.8. Procedimiento de amenazas (Deposición ácida): parámetro 'Estructura y función'

PROCEDIMIENTO DE AMENAZAS	
PA 10. CONTAMINACION ATMOSFERICA - DEPOSICIÓN ÁCIDA	
ESTRUCTURA Y FUNCIÓN	
1. Recopilación de fuentes de información y bases de datos	
	En este caso la información requerida será principalmente bibliográfica. La base de datos de las parcelas Nivel II del programa ICP-Forests, proporciona los datos para valorar si se exceden los valores críticos de acidez.
2. Indicar qué información de 1 aplica para determinar impactos en el tipo de hábitat	
	La información relevante es la necesaria para aplicar los modelos empíricos y de balance de masas – SMB (ver PA 10.6. Procedimiento de presiones (Deposición ácida): parámetro 'Estructura y función').
3. Evaluar la sensibilidad del tipo de hábitat a la amenaza	
	No se prevé que el territorio español presente una superación destacable de los niveles críticos de acidez. Actualmente solo se superan los umbrales de acidez en el 0,23% de los ecosistemas de la Directiva Hábitats, y las tendencias sugieren que en el futuro seguirá la disminución de la deposición de contaminantes ácidos (Aguillaume <i>et al.</i> 2016; Àvila & Guillaume 2017).
4. Periodicidad en la aplicación de protocolos	
	Se recomienda cruzar las capas con los modelos EMEP de deposición ácida cada 5-10 años.
5. Cautelas	
	Ver cautelas definidas en PA 10.1. Procedimiento de presiones (Contaminación por ozono): parámetro 'Rango/Superficie ocupada'.
6. Referencias	
	Aguillaume L, García-Gómez H, Izquieta S, Alonso R, Elustondo D, Santamaría J M & Àvila A. 2017. Dry deposition and canopy uptake in Mediterranean holm-oak forests estimated with a canopy budget model: a focus on N estimations. <i>Atmospheric Environment</i> . 152: 191-200. Àvila A & Guillaume L. 2017. Monitorización y tendencias de la deposición de N en España, incluyendo el polvo sahariano. <i>Ecosistemas</i> . 26(1): 16-24.



PA 10.9. Procedimiento de presiones (Deposición de nitrógeno): parámetro 'Rango/Superficie ocupada'

PROCEDIMIENTO DE PRESIONES

PA 10. CONTAMINACIÓN ATMOSFERICA - DEPOSICIÓN DE NITRÓGENO

RANGO/SUPERFICIE OCUPADA

Los principales impactos que produce la contaminación atmosférica por deposición de nitrógeno son:

- Cambios de la composición de especies hacia comunidades más nitrófilas.
- Pérdida de biodiversidad.
- Incremento susceptibilidad de las especies forestales y arbustivas a factores de estrés.
- Acidificación del suelo.

1. Recopilación de fuentes de información y bases de datos

Enlace a *grid-data* por países o por grupos de países UE

A partir de la información reportada por el Programa europeo de monitorización y evaluación (EMEP) se pueden generar datos de deposición de N (en mg N/m²) en la forma oxidada y reducida en cada célula (50x50 km²) del territorio español. Para ello se usa el modelo EMEP/MSC-W, basado en matrices de fuente-receptor que tiene en cuenta las emisiones de los distintos países de la Unión Europea y el transporte transfronterizo.

Los datos de entrada al modelo se revisan anualmente, y se reactualizan los mapas. Bajo petición expresa a la autora de este procedimiento, pueden proporcionarse los datos más actualizados (a fecha de abril 2017), que corresponden al año 2013.

Fuente: EMEP (http://www.emep.int/mscw/mscw_srdata.html#GridData)

2. Indicar qué información de 1 aplica para determinar impactos en el tipo de hábitat

A partir de los datos de deposición en España de N reducido, N oxidado y N total (suma de N red + Nox) se pueden generar los mapas con la distribución de las formas de deposición de N oxidado y reducido por separado, aunque el impacto de la presión se debe contabilizar por la deposición total (en mg N m⁻² año⁻¹).

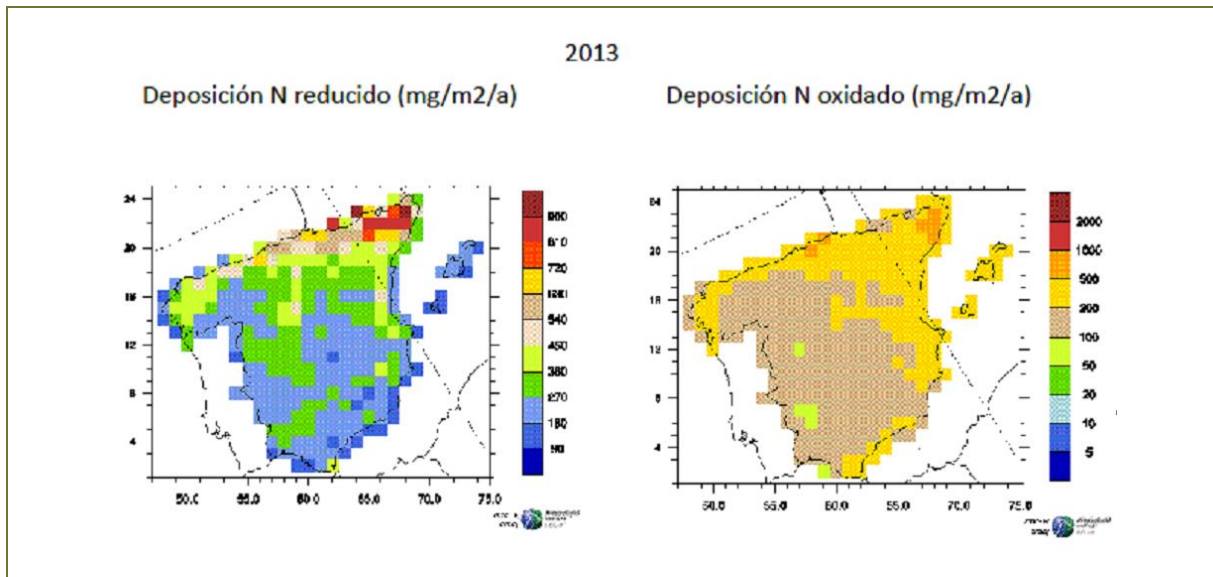


Figura PA 10.9.1 Mapas de deposición en España de N reducido, N oxidado. Fuente: extraída de EMEP MSC-W modelled air concentrations and depositions.

Así mismo a partir de la herramienta *online* GAINS del Instituto Internacional para el Análisis de Sistemas Aplicados (IIASA) se pueden generar mapas con los valores de deposición de N en Europa.

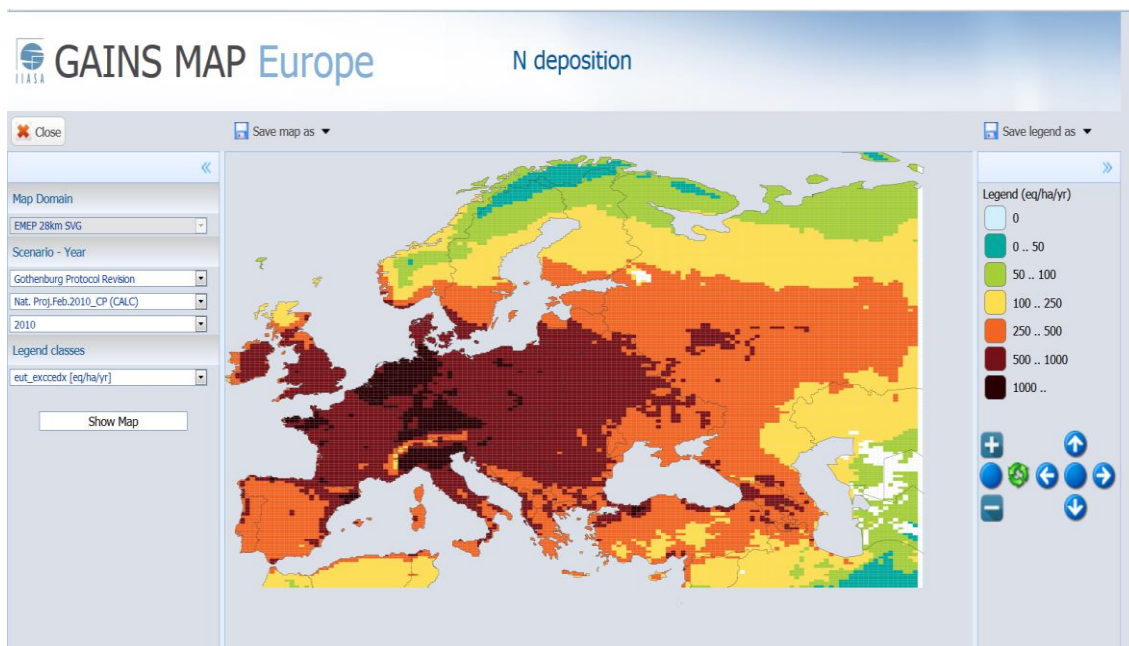


Figura PA 10.9.2 Mapa con los valores de deposición en España en el contexto de Europa para el año 2010 (transformación de eq ha^{-1} a mg m^{-2} \rightarrow multiplicar por 1,4.). Fuente: extraída de la herramienta GAINS MAP³⁹ del Instituto Internacional para el Análisis de Sistemas Aplicados (IIASA).

³⁹ https://gains.iiasa.ac.at/models/gains_models3.html



3. Evaluar la sensibilidad del tipo de hábitat a la presión

Para evaluar la sensibilidad del tipo de hábitat a las presiones o amenazas se tienen que determinar los umbrales críticos que determinarán las categorías H (alta), M (media) y L (baja). Los pasos a seguir serían:

- Presión= Deposición de N

Tabla PA 10.9.1 Niveles críticos por tipo de hábitat (mg N/m²/año). Datos originales expresados en kgN ha⁻¹ año⁻¹, aquí transformados a mgN m⁻² año⁻¹ para facilitar su comparación directa con los datos de deposición que se hallan expresados en estas unidades. Entre paréntesis se especifica el grupo de la Directiva Hábitats que se ha tenido en cuenta. Fuente: elaboración propia a partir de Bobbink *et al.* (2010) y Bobbink & Hettelingh (2011).

Zona biogeográfica	Vegetación arbustiva	Coníferas	Planifolios	Esclerófilos
Mediterránea	2500 (52)	900-1500 (95)	--	1500-1705 (93)
Atlántica	1000-1500 (40)	1000 (94)	1500-1750 (94)	--
Alpina	750-2000 (64)	1000 (94)	1500-1750 (91)	--
Macaronésica	--	900-1500 (95)	--	--

No se dispone de información de umbrales para las mencionadas categorías. La superación de los valores mencionados en la Tabla PA 10.9.1 corresponde a un impacto alto (H).

Se cruzaría la capa de GIS con las capas de los tipos de hábitat para determinar la superficie de tipo de hábitat con nivel H. Si una superficie del 1% anual se encontrara en categoría H las perspectivas futuras serían H, es decir, desfavorables. En la actualidad no se dan tipos de hábitat con una afectación de tipo H.

En el marco de la Convención de Ginebra (CLRTAP) auspiciada por la UNECE, y bajo el Protocolo de Gotemburgo se ha desarrollado una metodología basada en las cargas críticas para cartografiar a escala europea las excedencias de la deposición de N. El siguiente enlace proporciona las estimaciones de las excedencias de deposición de N para bosques y ecosistemas semi-naturales:

- <http://gains.iiasa.ac.at/gains/impacts.EUN/index.menu> (se debe estar registrado a la página web de GAINS)
- <https://www.iiasa.ac.at/web/home/research/researchPrograms/air/Program-Overview.en.html>

Los resultados indican que un 98% de los bosques protegidos en las áreas de la Red Natura 2000 de España sobrepasan la carga crítica para la deposición de N como nutriente. En promedio este exceso es de 0,98 mg N m⁻² año⁻¹ (calculado con datos del año 2010).



Bajo petición expresa a la autora de este procedimiento, se puede disponer de los siguientes ficheros:

- Excedencias de cargas críticas bosques Red Natura 2000 (*Exceedances CLO eutro-all forests-2010 Goteburg.xls*).
- Datos excedencia deposición N respecto carga crítica-mapa de Europa; *grid: 28x28 km²* (*Grid data exceedances N eutro 2010 EMEP 28km SVG.xls*).

4. Periodicidad en la aplicación de protocolos

Se recomienda cruzar las capas con los modelos EMEP de deposición de N actualizados anualmente.

5. Cautelas

Las cautelas deben ser propuestas una vez que el protocolo sea puesto en marcha.

6. Referencias

Bobbink A R & Hetteling J P. 2011. Review and Revision of empirical Critical Loads. Proceedings of an expert workshop, Noordwijkerhout, 23-25 June 2010. Coordination Centre for Effects, National Institute for Public Health and the Environment (RIVM). www.rivm.nl/cce.

Bobbink R, Hicks K, Galloway J, Spranger T, Alkemade R, Ashmore M, Bustamante M, Cinderby S, Davidson E, Dentener F, Emmett B, Erisman J W, Fenn M, Nordin A, Pardo L & De Vires W .2010. Global assessment of nitrogen deposition effects on terrestrial plant diversity: a synthesis. *Ecological Applications*. 20(1): 30-59.



PA 10.10. Procedimiento de presiones (Deposición de nitrógeno): parámetro 'Estructura y función'

PROCEDIMIENTO DE PRESIONES

PA 10. CONTAMINACIÓN ATMOSFERICA - DEPOSICIÓN DE NITROGENO

ESTRUCTURA Y FUNCIÓN

El impacto de la deposición de N en los tipos de hábitat forestales y de matorral se deriva de la superación de cargas y niveles críticos que conllevan la eutrofización del ecosistema. El concepto de carga crítica (*critical load*) o nivel crítico (*critical level*) fue desarrollado en el marco de la Convención de Ginebra (CLRTAP, UNECE) para determinar los impactos de la contaminación atmosférica en los ecosistemas y como herramienta para definir las reducciones de las emisiones necesarias para proteger los ecosistemas.

La carga crítica de N se define como la cantidad depositada de N por debajo de la cual no se detectan efectos perniciosos en los ecosistemas, dado el conocimiento científico actual (Nilsson & Grennfelt 1988). El nivel crítico se determina según la concentración atmosférica de un contaminante (aquí HNO_3 , NO_2 , NH_3) por encima de la cual aparecen efectos perniciosos en un ecosistema o tipo de vegetación. La superación de una carga crítica ocurre cuando el depósito atmosférico excede la carga crítica asignada a un ecosistema.

Las cargas críticas se pueden definir según dos aproximaciones: como cargas críticas empíricas obtenidas por experimentación (p. ej. por adición del contaminante en cuestión y la posterior observación y medición de los efectos negativos que provoca) o por modelización. Para la modelización la base de datos que se requiere puede ser obtenida de los registros de las parcelas de Nivel II del ICP-Forests. Las cargas críticas empíricas están basadas en observaciones de los cambios que se producen en la estructura (abundancia y/o composición de especies) y funcionamiento de los ecosistemas (lixiviación de NO_3) como resultado del depósito atmosférico de N.

1. Recopilación de fuentes de información y bases de datos

En este caso la información requerida será principalmente bibliográfica. En los trabajos de Bobbink *et al.* (2010) y Bobbink & Hetteling (2011) se compilan los valores de cargas empíricas de deposición de N. Estos valores han sido aceptados en el protocolo del ICP-Forests Manual como válidos hasta que se publiquen nuevas evidencias.

2. Indicar qué información de 1 aplica para determinar impactos en el tipo de hábitat

Listado de valores de cargas críticas de N de Bobbink *et al.* (2010) y Bobbink & Hetteling (2011).



3. Evaluar la sensibilidad del tipo de hábitat a la presión

Para evaluar la sensibilidad del tipo de hábitat a las presiones o amenazas se tienen que determinar los umbrales críticos que determinarán las categorías H (alta), M (media) y L (baja). Los pasos a seguir serían:

- Presión: deposición de nitrógeno

Para evaluar la sensibilidad de varios tipos de hábitat a la deposición nitrogenada se hace referencia al trabajo de García-Gómez *et al.* (2017), donde se han calculado las superaciones de las cargas críticas para grupos de tipos de hábitat agrupados según la Directiva Hábitats dentro de la Red de Parques Nacionales. Este trabajo muestra los tipos de hábitat más amenazados aquí recopilados en la Tabla PA 10.10.1. Se puede apreciar que la superación de la carga crítica es especialmente destacable en los bosques de coníferas de alta montaña ($3,3 \text{ kg Nha}^{-1} \text{ año}^{-1}$) y en bosques de *Quercus*, tanto caducifolios como esclerófilos.

Tabla PA 10.10.1 Cargas críticas por tipo de vegetación y % de la superficie estudiada (Red de Parques Nacionales) que superan la carga crítica. Se dan también los valores medios de exceso de deposición de N (en $\text{kg Nha}^{-1} \text{ año}^{-1}$; transformación a $\text{mgN m}^{-2} \text{ año}^{-1}$, multiplicar por 100). Fuente: extraída de García-Gómez *et al.* (2017).

Tipo vegetación	Código	Carga crítica ($\text{kg N ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$)	Área superación (%)	Depósito en exceso ($\text{kg Nha}^{-1} \text{ año}^{-1}$)
Matorrales subalpinos u oromediterráneos culminícolas	1131	10	30	0,7
Jarales, brezales y maquis	212112	10	30	0,7
Piornales (<i>Cytisus purgans</i> = <i>C. oromediterraneus</i>)	113122	10	15	0,2
Hayedos oligótrofos montanos o subatlánticos	111MN222	15	3	0,6
Hayedos submediterráneos calcícolas	111MN224 & 111MN225	15	13,3	0,4
Quejigares de <i>Quercus faginea</i> , <i>Q. humilis</i> , <i>Q. canariensis</i> y sus híbridos.	111MN31	15	1,3	4,6
Alcornocales (<i>Q. suber</i>)	111MN43	20	14	3,4
Sistemas ligados a los bosques esclerófilos mediterráneos (<i>Q. ilex</i> subsp. <i>ballota</i>).	111MN4	20	5	0,7
Pinares de pino negro de montaña (<i>Pinus uncinata</i>)	111MN11	10	86	3,3

Asimismo, estos autores también contemplaron la deposición atmosférica de N en los tipos de hábitat de la Red Natura 2000 (García-Gómez *et al.* 2014). Los dos trabajos llegan a conclusiones similares, puesto que los tipos de hábitat de la Red Natura 2000 más vulnerables fueron los



encinares del NE de la península y los prados, matorrales y bosques de las zonas alpinas, coincidiendo con los resultados del trabajo en la Red de Parques Nacionales.

Los umbrales críticos que determinan las categorías H (alta), M (media) y L (baja) son:

H= Superación del 25% del valor de la carga crítica.

M= Superación del 10% del valor de la carga crítica.

L= Superación del 2,5% del valor de la carga crítica.

Estos umbrales se han definido siguiendo un criterio de experto basado en una comunicación personal de Héctor García-Gómez y colaboradores.

4. Periodicidad en la aplicación de protocolos

Revisar la aplicación de protocolos cada 5–10 años.

5. Cautelas

Reseñar las limitaciones de los procedimientos propuestos.

- Existencia o necesidad de validaciones de los valores propuestos para los umbrales.
- Mejoras de la periodicidad de la obtención de información.
- Mejora de la calidad de bases de datos (por ejemplo, inventarios de matorrales).
- Limitaciones de los *proxies* propuestos.

6. Referencias

Bobbink A R & Hetteling J P. 2011. Review and Revision of empirical Critical Loads. Proceedings of an expert workshop, Noordwijkerhout, 23-25 June 2010. Coordination Centre for Effects, National Institute for Public Health and the Environment (RIVM). www.rivm.nl/cce.

Bobbink R, Hicks K, Galloway J, Spranger T, Alkemade R, Ashmore M, Bustamante M, Cinderby S, Davidson E, Dentener F, Emmett B, Erismann J W, Fenn M, Nordin A, Pardo L & De Vries W .2010. Global assessment of nitrogen deposition effects on terrestrial plant diversity: a synthesis. *Ecological Applications*. 20(1): 30-59.

García-Gómez H, Garrido J L, Vivanco M G, Lassaletta L, Rábago I, Àvila A, Tsyro S, Sánchez G, González Ortiz A, González-Fernández I & Alonso R. 2014. Nitrogen deposition in Spain: Modeled patterns and threatened habitats within the Natura 2000 network. *Science of the Total Environment*. 485–486: 450–460.

García-Gómez H, González-Fernández I, Vivanco M G, Calvete-Sogo H, Bermejo-Bermejo V, Valiño F, Rábago I & Alonso R. 2017. Depósito atmosférico de nitrógeno en España y evaluación del riesgo de efectos en los hábitats terrestres de la Red de Parques Nacionales. *Ecosistemas*. 26(1): 55-65.



PA 10.11. Procedimiento de amenazas (Deposición de nitrógeno): parámetro 'Rango/Superficie ocupada'

PROCEDIMIENTO DE AMENAZAS

PA 10. CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA - DEPOSICIÓN DE NITRÓGENO

RANGO/SUPERFICIE OCUPADA

1. Recopilación de fuentes de información y bases de datos

A partir de la aplicación *online* GAINS del Instituto Internacional para el Análisis de Sistemas Aplicados (IIASA), se pueden generar modelos de previsión de la deposición de N y excedencias de deposición de N respecto de la carga crítica calculada para N como nutriente cada 5 o 10 años y a nivel europeo.

Basándose en distintos escenarios de futuro puede obtenerse una previsión de la evolución de las emisiones de compuestos de N en España. Así mismo, se puede tener información relativa a la deposición de N oxidado en España estimado para el año 2020 (datos disponibles bajo solicitud expresa a la autora de este procedimiento).



Figura PA 10.11.1 Previsión de la evolución de las emisiones de compuestos de N en España. Fuente: basadas en distintos escenarios: A= *Gothenburg Protocol Revision*, B= *Baseline CLE scenario ECLIPSE V5 dataset*.



Para el N oxidado, se prevé una disminución para el año 2020 de las emisiones de un 20-30% respecto de las emisiones de 2010, mientras que para el N reducido se prevé un ligero incremento (5-10%).

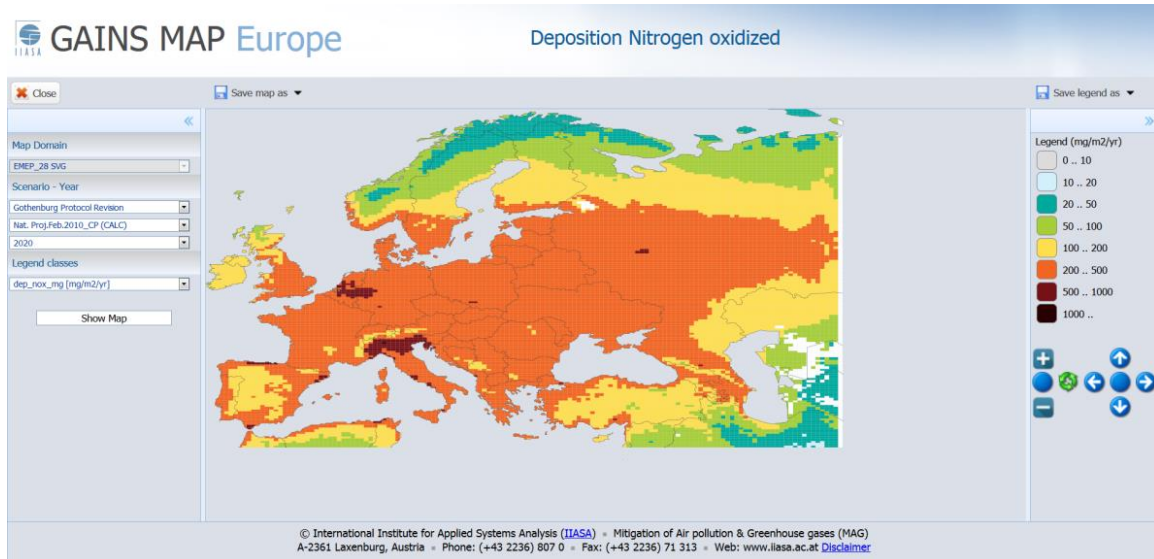


Figura PA 10.11.2 Cartografía de la deposición N oxidado estimada para el año 2020. Fuente: extraída de la herramienta GAINS MAP⁴⁰ del Instituto Internacional para el Análisis de Sistemas Aplicados (IIASA).

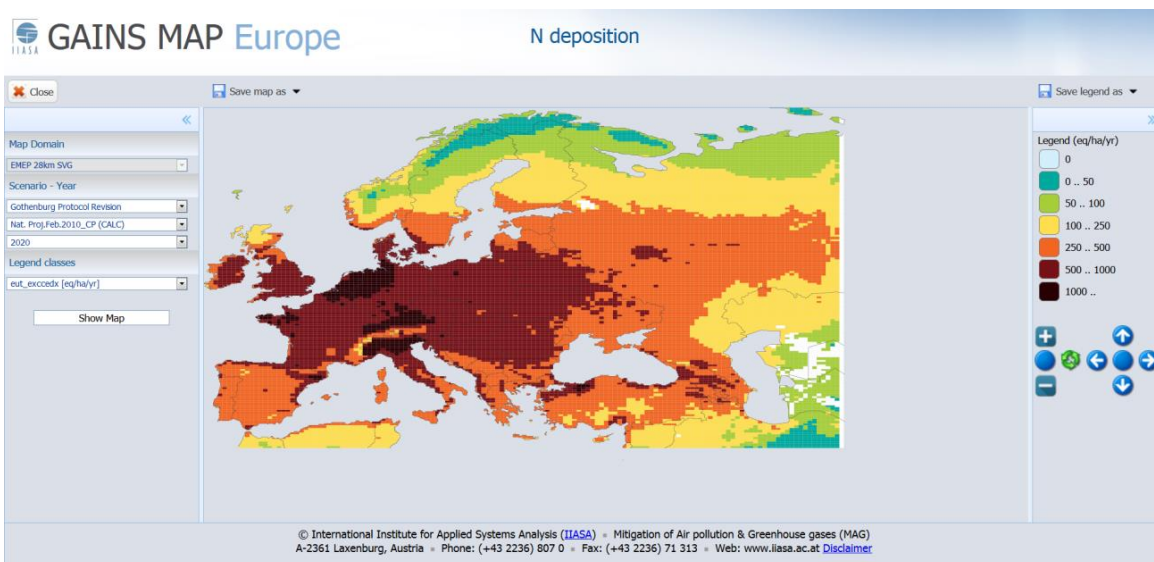


Figura PA 10.11.3 Cartografía de la deposición N estimada para el año 2020. Fuente: extraída de la herramienta GAINS MAP³⁹ del Instituto Internacional para el Análisis de Sistemas Aplicados (IIASA).

⁴⁰ https://gains.iiasa.ac.at/models/gains_models3.html



2. Indicar qué información de 1 aplica para determinar impactos en el tipo de hábitat

Se dan los datos de las formas de deposición de N oxidado (pero no para N reducido, ya que no está publicado en este sitio web) para las celdas de la península ibérica. Transformación de eq ha^{-1} a mg m^{-2} → multiplicar por 1,4. Datos disponibles bajo solicitud expresa a la autora de este procedimiento: deposición y excedencias de N en España del año 2020.

3. Evaluar la sensibilidad del tipo de hábitat a la amenaza

Se cruzaría la capa de GIS con las capas de los tipos de hábitat para determinar la superficie del tipo de hábitat con nivel H. Como no se dispone de información de umbrales, la superación de los valores mencionados en la Tabla PA 10.9.1 corresponde a un impacto alto (H). Si una superficie del 1% anual se encontrara en categoría H las perspectivas futuras serían desfavorables.

Por otro lado, se han calculado las excedencias de deposición de N para el año 2020. El 97% de los bosques situados en áreas de la Directiva Hábitats reciben un exceso de deposición de N. Esta deposición en promedio de todas las celdas es de $0,84 \text{ mg N m}^{-2} \text{ año}^{-1}$.

- Valoración de la excedencia: es un valor muy bajo que se prevé que no tendrá un impacto alto en la conservación.

4. Periodicidad en la aplicación de protocolos

Se recomienda cruzar las capas con los modelos de simulación de deposición de N publicados en GAINS cada 5-10 años.

5. Cautelas

Las cautelas deben ser propuestas una vez que el protocolo sea puesto en marcha.

6. Referencias

Bobbink A R & Hetteling J P. 2011. Review and Revision of empirical Critical Loads. Proceedings of an expert workshop, Noordwijkerhout, 23-25 June 2010. Coordination Centre for Effects, National Institute for Public Health and the Environment (RIVM). www.rivm.nl/cce.

Bobbink R, Hicks K, Galloway J, Spranger T, Alkemade R, Ashmore M, Bustamante M, Cinderby S, Davidson E, Dentener F, Emmett B, Erismann J W, Fenn M, Nordin A, Pardo L & De Vries W .2010. Global assessment of nitrogen deposition effects on terrestrial plant diversity: a synthesis. *Ecological Applications*. 20(1): 30-59.



PA 10.12. Procedimiento de amenazas (Deposición de nitrógeno): parámetro 'Estructura y función'

PROCEDIMIENTO DE AMENAZAS	
PA 10. CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA - DEPOSICIÓN DE NITRÓGENO	
ESTRUCTURA Y FUNCIÓN	
1. Recopilación de fuentes de información y bases de datos	<p>En este caso la información requerida será principalmente bibliográfica (ver PA 10.10. Procedimiento de presiones (Deposición de nitrógeno): parámetro 'Estructura y función').</p> <p>Para los compuestos oxidados de N, se prevé una reducción del 20-30% de las emisiones, con lo que las amenazas disminuirán. Para los compuestos reducidos de N se prevé un aumento entre el 5-10% de las emisiones. En el trabajo de Aguilhaume <i>et al.</i> (2016) se constata una disminución de las concentraciones de nitrato en el agua de la lluvia, en consonancia con la disminución de las emisiones de N oxidado en España a partir de 2005. En cambio, las concentraciones de amonio en la lluvia no muestran ninguna tendencia significativa, aunque las emisiones de NH₃ en España aumentan claramente en las últimas tres décadas. Así pues, las emisiones de NH₃ no muestran una correlación significativa con las emisiones españolas (Ávila & Aguilhaume 2017), lo que puede ser debido a la formación de aerosoles de NH₄⁺, que por su pequeño tamaño (<1 µm) se transportan a larga distancia. Por otro lado, se debe tener en cuenta que la deposición seca de compuestos de N puede estar aumentando (Aguilhaume <i>et al.</i> 2016).</p>
2. Indicar qué información de 1 aplica para determinar impactos en el tipo de hábitat	<p>Listado de valores de cargas críticas de N de Bobbink <i>et al.</i> (2010) y Bobbink & Hetteling (2011).</p>
3. Evaluar la sensibilidad del tipo de hábitat a la amenaza	<p>Ver PA 10.10. Procedimiento de presiones (Deposición de nitrógeno): parámetro 'Estructura y función'.</p>
4. Periodicidad en la aplicación de protocolos	<p>La periodicidad recomendable de revisión de aplicación de protocolos es cada 5–10 años.</p>
5. Cautelas	<p>Ver PA 10.10. Procedimiento de presiones (Deposición de nitrógeno): parámetro 'Estructura y función'.</p>



6. Referencias

Bobbink A R & Hetteling J P. 2011. Review and Revision of empirical Critical Loads. Proceedings of an expert workshop, Noordwijkerhout, 23-25 June 2010. Coordination Centre for Effects, National Institute for Public Health and the Environment (RIVM). www.rivm.nl/cce.

Bobbink R, Hicks K, Galloway J, Spranger T, Alkemade R, Ashmore M, Bustamante M, Cinderby S, Davidson E, Dentener F, Emmett B, Erisman J W, Fenn M, Nordin A, Pardo L & De Vries W .2010. Global assessment of nitrogen deposition effects on terrestrial plant diversity: a synthesis. *Ecological Applications*. 20(1): 30-59.