



El potencial del Inventario Forestal Nacional para evaluar el estado de conservación de los tipos de Hábitat forestales de Interés Comunitario: nuevos retos para cumplir con las políticas de conservación de la biodiversidad

David S. Pescador^{1,2,*} , Jordi Vayreda³ , Adrián Escudero² , Francisco Lloret^{3,4} 

- (1) Departamento de Farmacología, Farmacognosia y Botánica, Facultad de Farmacia, Universidad Complutense de Madrid, 28940 Madrid, España.
(2) Área de Biodiversidad y Conservación, Departamento de Biología y Geología, Física y Química Inorgánica, Universidad Rey Juan Carlos, 28933 Móstoles, Madrid, España.
(3) CREA, Campus de Bellaterra (UAB) Edifici C, 08193 Cerdanyola del Vallès, España.
(4) Dept. Biología Animal, Biología Vegetal i Ecología, Universitat Autònoma Barcelona, Campus de Bellaterra (UAB) Edifici C, 08193 Cerdanyola del Vallès, España.

* Autor de correspondencia: David S. Pescador [david.sanchez@urjc.es]

> Recibido el 06 de mayo de 2022 – Aceptado el 28 de junio de 2022

Como citar: Pescador, D.S., Vayreda, J., Escudero, A., Lloret, F. 2022. El potencial del Inventario Forestal Nacional para evaluar el estado de conservación de los tipos de Hábitat forestales de Interés Comunitario: nuevos retos para cumplir con las políticas de conservación de la biodiversidad. *Ecosistemas* 31(3):2384. <https://doi.org/10.7818/ECOS.2384>

El potencial del Inventario Forestal Nacional para evaluar el estado de conservación de los tipos de Hábitat forestales de Interés Comunitario: nuevos retos para cumplir con las políticas de conservación de la biodiversidad

Resumen: Evaluar el estado de conservación (EC) de los tipos de Hábitats de Interés Comunitario (HICs) es un requerimiento de la Directiva Hábitats (92/43/CEE) que persigue salvaguardar su biodiversidad. Para ello se necesita un amplio conocimiento sobre la distribución, la estructura y función (E&F) y las condiciones de estos hábitats. El Inventario Forestal Nacional (IFN) puede representar una herramienta adecuada y precisa para caracterizar los hábitats forestales, al monitorizar decenalmente alrededor de 100 parámetros en más de 90 000 parcelas distribuidas en toda España. El objeto de este trabajo es valorar la idoneidad del IFN como fuente de datos para informar sobre el EC del parámetro E&F de los 22 HICs forestales españoles. Para ello se evaluó la representatividad de cada HIC en el IFN y se estimaron un total de 15 variables diagnóstico del parámetro E&F en las parcelas categorizadas dentro de cada HIC. Los resultados mostraron que la mayoría de los HICs forestales de España están bien representados en el IFN pero que el EC del parámetro E&F fue principalmente 'desfavorable-inadecuado' (15 HICs) y 'desfavorable-malo' (6 HICs), lo que es acorde con evaluaciones previas. En concreto, acebedas (9380) y alcornocales (9330) mostraron el mayor porcentaje de parcelas en estado 'favorable', en contraste con los palmerales de *Phoenix* (9370) y los encinares y alsinares (9340). Este trabajo presenta un sistema de seguimiento estandarizado y optimizado para evaluar el EC del parámetro E&F de los hábitats forestales cuya fácil implementación podría guiar las estrategias europeas de monitorización y conservación de los mismos.

Palabras clave: bosques españoles; conservación; Directiva Hábitats; estructura y función; Inventario Forestal Nacional

The potential of the National Forest Inventory to assess the state of conservation of forest Habitat types of Community Interest: new challenges to comply with biodiversity conservation policies

Abstract: Assessing the state of conservation (SC) of the Habitat types of Community Interest (HCIs) is a requirement of the Habitats Directive (92/43/CEE) that seeks to safeguard their biodiversity. Thus, extensive knowledge about the distribution, structure and function (S&F) and conditions of these habitats is needed. The National Forest Inventory (NFI) can represent an adequate and precise tool to characterize forest habitats, by monitoring around 100 parameters every ten years in more than 90 000 plots distributed throughout Spain. The aim of this work is to assess the suitability of the NFI as a data source to report on the SC of the S&F parameter of the 22 Spanish forestry HCIs. For this, the representativeness of each HCI in the NFI was evaluated and a total of 15 diagnostic variables of the S&F parameter were estimated in the plots categorized within each HCI. The results showed that most of the forestry HCIs in Spain are well represented in the NFI but that their SC of the S&F parameter was mainly 'unfavourable-inadequate' (15 HCIs) and 'unfavourable-bad' (6 HCIs), which agrees with previous evaluations. Specifically, forests of *Ilex aquifolium* (9380) and *Quercus suber* (9330) showed the highest percentage of plots in 'favorable' status, in contrast to palm groves of *Phoenix* (9370) and *Q. ilex* and *Q. rotundifolia* forests (9340). This work presents a standardized and optimized approximation to evaluate the SC of the S&F parameter of forest habitats whose easy implementation could guide European strategies for their monitoring and conservation.

Keywords: conservation; Habitats Directive; National Forest Inventory; Spanish forests; structure and function

Introducción

En el contexto de la conservación de la biodiversidad, la Directiva Hábitats (DH; [Council Directive 1992](#)), adoptada en 1992, crea la red de espacios protegidos denominada Red Natura 2000 (RN2000; [Evans 2012](#)) con la finalidad de mantener en un estado de conservación favorable los tipos de hábitat y las especies de interés comunitario. Según este documento, cada Estado miembro de la Unión Europea tiene la responsabilidad política y administrativa de contar con un sistema de seguimiento del estado de conservación (EC) de cada uno de los Tipos de Hábitats de Interés Comunitario (en adelante HIC) reconocidos en su territorio. El EC debe evaluarse sexenalmente y a escala de región biogeográfica, aplicando la denominada Matriz General de Evaluación que contempla cuatro grandes parámetros: Rango, Área, Estructura y función (E&F), y Perspectivas Futuras.

Los bosques representan un pilar central de la RN2000, con un total de 79 HICs forestales a escala europea ([Barbati et al. 2014](#)) que cubren alrededor de la mitad de la superficie protegida por toda la Red ([Sotirov 2017](#)) e incluyen muchas especies de interés para la conservación. A pesar de la larga trayectoria de la DH, no existe en la actualidad un método armonizado ni consensuado para evaluar el EC de los HICs forestales ([Alberdi et al. 2019](#)). Los Estados Miembros son libres de elegir la metodología de seguimiento del EC, aunque los datos deben de ser comparables a escala europea. Dada la enorme diversidad forestal, resulta un reto definir procedimientos e índices estandarizados y optimizados que evalúen el parámetro E&F de los bosques europeos. Así, muchos de los Estados Miembros basan sus evaluaciones en el juicio de expertos, lo que dificulta la comparación espacial y temporal de los resultados alcanzados ([Alberdi et al. 2019](#)). En este sentido numerosos estudios han ido sugiriendo variables e indicadores con capacidad diagnóstica del parámetro E&F ([Cantarello y Newton 2008](#); [Rondeux et al. 2012](#); [Kovač et al. 2016](#); [Sotirov 2017](#); [Tsiripidis et al. 2018](#); [Kovač et al. 2020](#); [Heym et al. 2021](#)), sin que se haya llegado a un consenso sobre su uso y aplicación. Una segunda dificultad radica en la definición de un EC favorable de los diversos HICs forestales. Algunos trabajos han considerado los bosques maduros como referentes ([Burrascano et al. 2013](#); [EUOPARC-España 2020](#)), existiendo cierto consenso sobre algunos descriptores estructurales de madurez que potencialmente podrían representar indicadores de un EC favorable ([Fiedler et al. 2007](#)). Algunos de estos descriptores están relacionados con la diversificación de la estructura vertical y de las clases diamétricas ([Storch et al. 2018](#)), la presencia de árboles de grandes dimensiones, la existencia de regeneración, de madera muerta ([Rondeux et al. 2012](#); [EUOPARC-España 2020](#)) o de microhábitats sobre los árboles ([Larrieu et al. 2014](#)), la riqueza de especies arbóreas o la ausencia de intervenciones antrópicas. Muchos de estos indicadores son ya considerados explícitamente en los procedimientos de algunos países como Francia ([Camino 2009](#); [Maciejewski 2016](#)), Italia ([Gigante et al. 2016](#)) o UK ([Joint Nature Conservation Committee 2004](#)). En el caso de España, el Gobierno formuló unas bases metodológicas y operativas para diseñar un sistema de seguimiento de sus HICs ([VV.AA. 2019](#)) que incluía los HICs forestales ([Rodà et al. 2009](#)). Estas bases trataron de mejorar el conocimiento disponible sobre i) qué indicadores deberían definir el EC de cada tipo de hábitat forestal y ii) qué valores umbrales de los indicadores pueden considerarse favorables. Además, durante 2015-2018 el Gobierno español desarrolló unas metodologías para el establecimiento de un sistema estatal de seguimiento del EC de sus tipos de hábitats ([VV.AA. 2019](#)). Los procedimientos de evaluación del parámetro E&F en el caso de los HICs forestales se basaron en el Inventario Forestal Nacional (IFN; [Pescador et al. 2019](#)), y de manera piloto en la tecnología LiDAR ([Vayreda et al. 2019](#)) o las imágenes satélite ([Del Barrio et al. 2019](#)).

En la actualidad, los inventarios forestales representan una herramienta multipropósito clave de la cual extraer información armonizada relativa al EC de los HICs forestales ([Corona et al. 2011](#)).

Así algunos trabajos han evaluado las posibilidades de los IFNs a la hora de estimar indicadores diagnósticos ([Winter et al. 2008](#); [Chirici et al. 2012](#); [Alberdi et al. 2017](#); [Kovač et al. 2020](#)) y algunas iniciativas tratan de armonizar todo el proceso de evaluación usando indicadores e IFNs a escala europea (e.g. Proyecto H2020 – DIA-BOLO; ‘*Distributed, Integrated And Harmonised Forest Information For Bioeconomy Outlooks*’). En España, el IFN tiene por objeto extraer la máxima información posible sobre la estructura, función y dinámica de los bosques españoles para la toma de decisiones sobre su planificación, gestión y conservación. Se trata de un inventario de aplicación provincial y de tipo continuo al medirse las mismas variables sobre las mismas parcelas de muestreo (más de 90 000 en el Tercer Inventario Forestal Nacional -IFN3- presentes en toda España coincidiendo con una cubierta forestal arbolada) con una periodicidad aproximadamente decenal. Hasta la fecha en España se han llevado a cabo tres Inventarios Forestales, y en la actualidad se está finalizando el cuarto (IFN4). El número de parámetros e indicadores medidos por parcela asciende a más de 100, estando ligados a la estructura y composición arbórea y arbustiva, el crecimiento de las especies forestales y su regeneración, y algunas características del suelo, entre otras.

El principal objetivo de este trabajo es evaluar la idoneidad del uso de las variables y los datos recogidos en el IFN3 como fuente de datos fiable para el seguimiento y evaluación del EC del parámetro E&F de los HICs forestales españoles. Esto permitirá a) evaluar si el número de parcelas presentes en el IFN3 para cada HIC es estadísticamente suficiente para garantizar una correcta evaluación de su EC, b) estimar unas variables diagnóstico para cada HIC, c) determinar en base a unos umbrales definidos y consensuados previamente el EC de las parcelas del IFN3 incluidas dentro de la cartografía de cada hábitat y d) establecer el EC de acuerdo al parámetro E&F de cada HIC forestal presente en España.

Material y métodos

España cuenta con un total de 27 HICs forestales declarados en su territorio, aunque 5 de ellos tienen un claro carácter ripario (i.e. 91B0, 91E0, 92A0, 92B0 y 92D0) y como tal no fueron objeto de este trabajo dada la dificultad de evaluación con el IFN3 (ver [Tabla 1](#)). El establecimiento de un procedimiento que permita la evaluación del parámetro E&F de estos 22 HICs forestales requirió de diversas fases que son descritas en detalle en [Pescador et al. \(2019\)](#) y que se resumen a continuación.

Selección y descripción de variables

En un intento de establecer unas variables y un protocolo armonizado para evaluar el parámetro E&F de todos los HICs forestales, en una primera fase se recopiló, ordenó y homogeneizó toda la información disponible en [VV.AA. \(2009\)](#) para los 22 HICs. Así, se llevó a cabo una revisión de las variables y parámetros propuestos y se valoró la fiabilidad del IFN3 como fuente de datos. Las conclusiones alcanzadas permitieron proponer 15 variables diagnósticas relacionadas con el biotopo, la diversidad, la dendrometría, la diversidad estructural, el regenerado y el crecimiento; ver [Tabla 2](#) y [Apéndice 1](#)), extraíbles directa o indirectamente del IFN3, que potencialmente podrían caracterizar el parámetro E&F en el marco de la evaluación de su EC ([Fig. 1](#)).

Criterios de categorización de las parcelas del IFN

La naturaleza del IFN3 hizo necesario descartar del análisis aquellas parcelas sin presencia de pies mayores (DBH>7.5 cm), al no contar estas con información relativa a ciertas variables diagnósticas, y todas aquellas parcelas de comparación entre inventarios (i.e. parcelas clasificadas como A2C, A3C, A4C y A6C en el IFN3) y las parcelas de refuerzo (i.e. parcela de ribera satélite de una parcela clasificadas como R1, R2, R3 y R4 en el IFN3). Con las parcelas resultantes se siguieron los siguientes pasos (ver [Fig. 1](#)):

Tabla 1. Tipos de hábitat de interés comunitario (HICs) forestales-no riparios presentes en España. Para cada HIC se muestra la superficie ocupada de acuerdo a la Cartografía de los Tipos de Hábitat Forestales de España 1:50 000 (CHFE50; Sánchez de Dios et al. 2019), el número de parcelas presentes en el IFN3 de acuerdo a la tipificación (ver Apéndice 2 y Tabla S5), incluyendo las parcelas en cada región biogeográfica y la proporción de parcelas por unidad de superficie. Se incluye además la columna Filtro para definir aquellos HICs que han tenido que ser filtrados dentro de la CHFE50 (señalados con *) y de las regiones mediterránea (†) o macaronésica (‡). Sup. – Superficie, Parc. – Parcelas, Atl. – región atlántica, Alp. – región alpina, Med. – región mediterránea, Mac. – región macaronésica. Los HIC que en su definición incluyen (*) son HICs prioritarios.

Table 1. Non-riparian forest Habitat types of Community Interest (HCIs) present in Spain. For each HCI, the area occupied is shown according to the Cartography of Forest Habitat Types in Spain 1:50 000 (CHFE50; Sánchez de Dios et al. 2019), the number of plots present in the Third National Forest Inventory (NF13) according to typification (see Appendix 2 and Table S5, including plots in each biogeographic region), and the proportion of plots per unit area. The filter column is also included to define those HCIs that have had to be filtered within the CHFE50 (marked with *), and within the mediterranean (†) or macaronesian (‡) regions. Sup. – Surface, Parc. – Plots, Atl. – atlantic region, Alp. – alpine region, Med. – mediterranean region, Mac. – macaronesian region. HCIs that include (*) in their definition are priority HCIs.

HIC	Definición	Filtro	Sup. Cart. (km ²)	Parc. IFN3 (Atl., Alp., Med., Mac.)	Parc. IFN3/km ²
9120	Hayedos acidófilos atlánticos con sotobosque de <i>Ilex</i> y a veces de <i>Taxus</i> (<i>Quercion robori-petraeae</i> o <i>Ilici-Fagenion</i>)	*	2772.5	1587 (1079, 191, 317, 0)	0.57
9130	Hayedos del <i>Asperulo-Fagetum</i>	*	493.8	322 (240, 63, 19, 0)	0.65
9150	Hayedos calcícolas medioeuropeos del <i>Cephalanthero-Fagion</i>	*	420.0	271 (79, 34, 158, 0)	0.65
9160	Robledales pedunculados o albares subatlánticos y medioeuropeos del <i>Carpinion betuli</i>	*	36.8	17 (13, 1, 3, 0)	0.46
9180	Bosques de laderas, desprendimientos o barrancos del <i>Tilio-Acerion</i> (*)	*	67.0	10 (2, 4, 4, 0)	0.15
9230	Robledales galaico-portugueses con <i>Quercus robur</i> y <i>Quercus pyrenaica</i>		8334.0	3686 (1387, 14, 2285, 0)	0.44
9240	Robledales ibéricos de <i>Quercus faginea</i> y <i>Quercus canariensis</i>		2889.0	1602 (191, 33, 1378, 0)	0.55
9260	Bosques de <i>Castanea sativa</i>		922.7	694 (422, 5, 245, 22)	0.75
9320	Bosques de <i>Olea</i> y <i>Ceratonia</i>	*	1161.6	309 (0, 0, 309, 0)	0.27
9330	Alcornocales de <i>Quercus suber</i>		2174.5	1406 (24, 0, 1382, 0)	0.65
9340	Encinares de <i>Quercus ilex</i> y <i>Quercus rotundifolia</i>		25 402.6	7190 (225, 71, 6894, 0)	0.28
9360	Laurisilvas macaronésicas (<i>Laurus</i> , <i>Ocotea</i>) (*)	*	80.8	47 (0, 0, 0, 47)	0.58
9370	Palmerales de <i>Phoenix</i> (*)	*	13.7	4 (0, 0, 0, 4)	0.29
9380	Bosques de <i>Ilex aquifolium</i>	*	274.8	44 (34, 1, 9, 0)	0.16
9430	Bosques montanos y subalpinos de <i>Pinus uncinata</i> (*) en sustratos yesosos o calcáreos)		895.2	593 (0, 584, 9, 0)	0.66
9520	Abetales de <i>Abies pinsapo</i>		72.9	43 (0, 0, 43, 0)	0.59
9530	Pinares (sud-) mediterráneos de pino negros endémicos (*)	†	3759.6	3032 (0, 0, 3032, 0)	0.81
9540	Pinares mediterráneos de pinos mesogeanos endémicos	†	18 138.2	14207 (0, 0, 14207, 0)	0.78
9550	Pinares endémicos canarios	‡	648.9	1629 (0, 0, 0, 1629)	2.51
9560	Bosques endémicos de <i>Juniperus</i> spp. (*)		1728.5	1046 (2, 0, 1044, 0)	0.61
9570	Bosques de <i>Tetraclinis articulata</i> (*)		6.1	1 (0, 0, 1, 0)	0.16
9580	Bosques mediterráneos de <i>Taxus baccata</i> (*)	*	29.7	13 (7, 1, 5, 0)	0.44

Tabla 2. Propuesta de variables del Tercer Inventario Forestal Nacional (IFN3) con un alto valor diagnóstico del estado de conservación del parámetro 'Estructura y función' (E&F) de los HICs forestales españoles (ver [Apéndice 1](#) para una descripción detallada de las mismas).

Table 2. Proposal of the Third National Forest Inventory (NFI3) variables with a high diagnostic value of the state of conservation (SC) of the 'Structure and function' (S&F) parameter of the Spanish forestry HICs (see [Appendix 1](#) for a detailed description of them).

Categorización	Variable	Acrónimo	Descripción
Biotopo	Suelo desnudo	SD	Porcentaje no cubierto por ningún tipo de vegetación en cada parcela del IFN3
	Rociedad	Roc	Grado de rocosidad de cada parcela del IFN3
	Materia orgánica	MO	Espesor en cm de la capa de materia muerta (acículas, hojas, ramillas, cenizas, musgo u otros elementos vegetales pegados al suelo) de cada parcela
Diversidad	Riqueza de especies arbóreas	R _{i arb}	Número de especies de árboles presentes en cada parcela
	Riqueza de especies arbustiva	R _{i arb}	Número de especies de arbusto presentes en cada parcela
Dendrometría	Densidad específica	D _i	Número de pies/ha vivos de la especie/s caracterizadora/s de cada tipo de hábitat en cada una de las parcelas del IFN3 que conforman el mismo.
	Área basimétrica específica	AB _i	Área basimétrica en m ² /ha de la especie caracterizadora de cada tipo de hábitat en cada una de las parcelas del IFN3 que conforman el mismo.
	Volumen maderable con corteza específico	VCC _i	Volumen con corteza en m ³ /ha de los pies vivos de la especie caracterizadora de cada tipo de hábitat para cada una de las parcelas del IFN3 que conforman el mismo
	Volumen de madera muerta	VCC _{muerta}	Para cada una de las parcelas del IFN3 que conforman el tipo de hábitat de estudio, volumen en m ³ de madera muerta por hectárea de todas las especies presentes en dicha parcela
	Diámetro a la altura del pecho promedio	DBH _i	Diámetro a la altura del pecho en cm promediado y ponderado por la abundancia de pies vivos de la especie/s caracterizadora/s de cada tipo de hábitat
Diversidad Estructural	Altura dominante específica	ADOM _i	Altura máxima en m alcanzada por la especie caracterizadora de cada tipo de hábitat en cada una de las parcelas de muestreo
	Número de clases diamétricas	N-CD _i	Cantidad total de clases diamétricas de la especie caracterizadora del tipo de hábitat en cuestión presentes en cada una de las parcelas de muestreo
Regenerado	Número de clases altura	N-CA _i	Cantidad total de clases de altura de la especie caracterizadora del tipo de hábitat en cuestión presente en cada una de las parcelas de muestreo
	Densidad del regenerado	IR _i	Para la especie caracterizadora del tipo de hábitat, densidad de pies vivos y con un diámetro inferior a 7.5 cm ponderado por la categoría de desarrollo de los mismos
Crecimiento	Crecimiento diametral específico	ΔCm _i	Se trata del crecimiento medio del diámetro en mm/año de la especie o especies caracterizadora/s del tipo de hábitat

1. Categorización de las parcelas según su tipo morfoestructural en 'Bosque', 'Plantación' y 'Dehesa', recurriendo a la variable NIVEL3 del IFN3 que clasifica las parcelas con información aportada por la cartografía de base del IFN3 (i.e. mapa forestal español 1:50 000) y por el capataz.
2. Asignación, cuando procediera, de las parcelas categorizadas como 'Bosque' a cada HIC en base a la dominancia de la/s especie/s clave/s del mismo y según los criterios de selección detallados en la [Tabla S5](#) y el [Apéndice 2](#).
3. Regionalización de las parcelas de cada HIC por región biogeográfica (i.e. atlántica, alpina, mediterránea y macaronésica; Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/servicios/banco-datos-naturaleza/informacion-disponible/Regiones_Biogeograficas_descargas.aspx).
4. Correspondencia de las parcelas con la cartografía disponible: un paso adicional para algunos HICs (ver columna Filtro de la

Tabla 1) fue la selección de las parcelas del IFN3 presentes dentro del área de distribución de dichos HICs forestales según la Cartografía de los Tipos de Hábitat Forestales de España 1:50 000 (CHFE50; [Sánchez de Dios et al. 2019](#)). Este paso fue necesario, por ejemplo, para categorizar los tres HICs donde el haya es la especie principal (i.e. 9120, 9130 y 9150), los HIC mixtos formados por combinaciones de especies o las formaciones singulares (i.e. Bosques de *Ilex aquifolium* y de *Taxus baccata*) Además, en el caso de los HICs 9530 (Pinares (sud-) mediterráneos de pino negros endémicos) y 9540 (Pinares mediterráneos de pinos mesogeanos endémicos) exclusivos de ambientes mediterráneos se consideraron solo las parcelas presentes en la región mediterránea mientras que las parcelas del HIC 9550 (Pinares endémicos canarios) fueron filtradas dentro de la región macaronésica. En todos los casos cabe considerar que se usaron las coordenadas de las parcelas facilitadas en el propio IFN3, las cuales son nominales y no representan una localización real de las mismas.

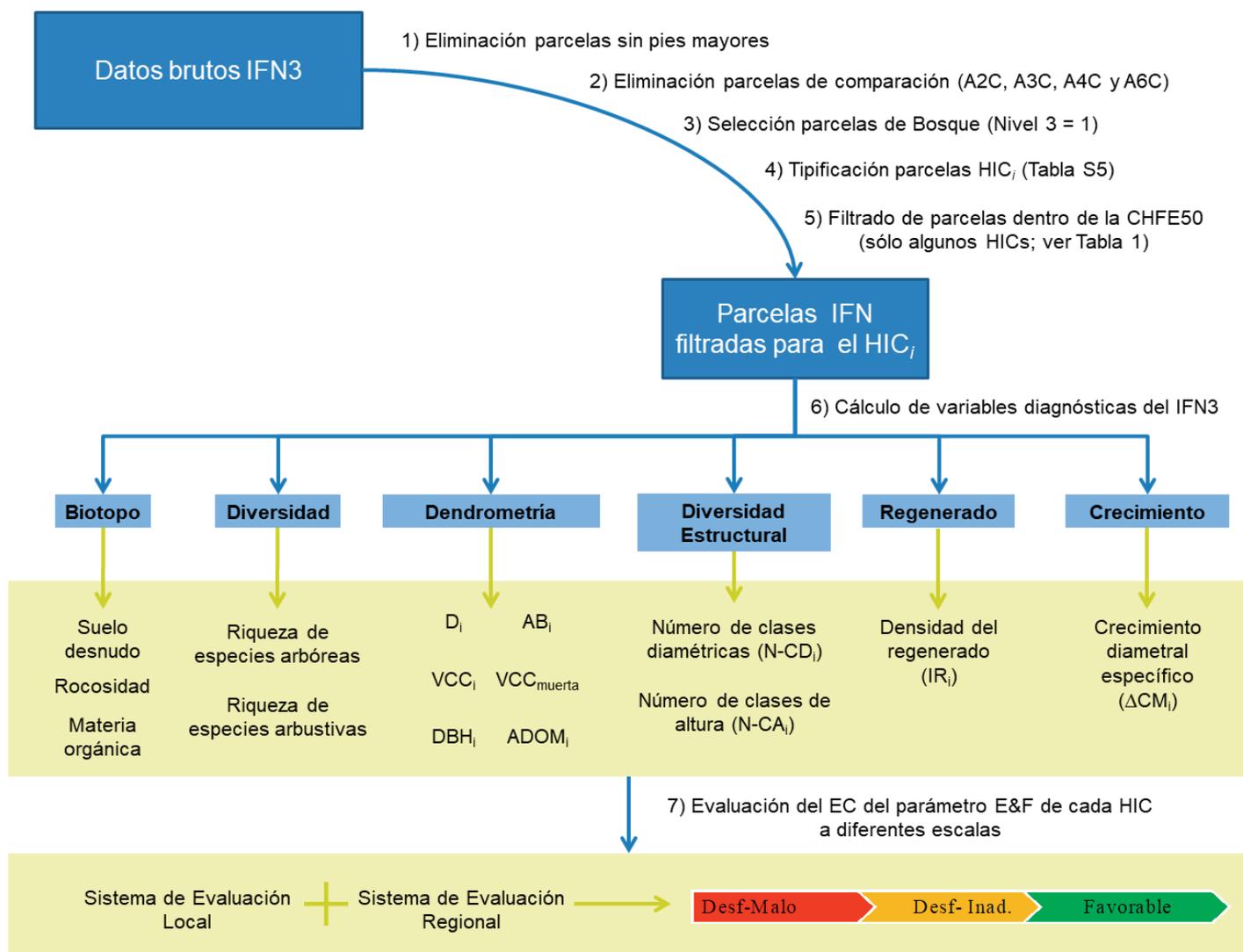


Figura 1. Marco conceptual del procedimiento seguido para la selección de las parcelas del IFN3, la estimación de las 15 variables diagnósticas y la evaluación del parámetro 'Estructura y función' (E&F) de cada uno de los 22 HICs forestales presentes en España.

Figure 1. Conceptual framework of the procedure followed for the selection of the Third National Forest Inventory (NF3) plots, the estimation of the 15 diagnostic variables and the evaluation of the 'Structure and function' (S&F) parameter of each of the 22 forest HICs present in Spain.

Sistema integrado de evaluación local

Este procedimiento permitió evaluar el EC de cada una de las parcelas del IFN3 categorizadas previamente. Así, para cada HIC se seleccionaron, vía formularios enviados a expertos (Tabla S6), aquellas variables con un alto valor diagnóstico del parámetro E&F. Al mismo tiempo se utilizaron los formularios, para que los expertos propusieran valores de ponderación y umbrales de referencia para cada variable propuesta. Esta información junto a la bibliografía consultada (fichas de los HICs forestales presentes en VV.AA. 2009; ver Tabla S6) permitió asignar (i) valores de ponderación que otorgan diferente importancia a cada una de las variables seleccionadas, y (ii) valores umbral que proporcionan puntuaciones asociadas a los valores alcanzados por cada variable en cada parcela e HIC, los cuales permiten discriminar el EC (ver Tabla S7). El cómputo de las puntuaciones asociadas a cada variable permitió definir el EC local relativo al parámetro E&F, asignando las categorías 'favorable', 'desfavorable-inadecuado' o 'desfavorable-malo'.

Sistema integrado de evaluación regional

Los estados de conservación de cada una de las parcelas se integraron para determinar el EC regional del parámetro E&F de cada HIC a escala nacional y de región biogeográfica. Así, cuando más del 50% de las parcelas de un HIC se encontraban en un estado 'favorable' el EC para ese HIC en esa región biogeográfica fue 'favorable'. Independientemente del porcentaje de parcelas en

otros estados de conservación, cuando el 25% o más de las parcelas a nivel nacional o de una región biogeográfica se encontraban en estado 'desfavorable-malo', el EC para ese HIC en esa región biogeográfica fue 'desfavorable-malo'. Cualquier otro porcentaje de parcelas correspondería a un estado 'desfavorable-inadecuado' para ese HIC a nivel nacional o de región.

Toda la metodología para establecer el EC del parámetro E&F de los HICs forestales en España se llevó a cabo usando el software libre R (R Core Team 2022).

Resultados

El IFN3 cuenta con un total 99 046 parcelas distribuidas por todo el territorio nacional, que se reducen a 74 901 parcelas una vez eliminadas las parcelas sin pies mayores, las relativas a comparación entre inventarios y las de refuerzo. De ellas un total de 59 078 parcelas son de Bosque (79%), 10 328 de Plantación (14%) y 5429 (7%) de Dehesa. Los 22 HICs forestales presentes en España quedan representados por 37 753 parcelas. Los HICs 9540 (pinos mesogeanos endémicos) y 9340 (encinares y alsinares) son los que tienen una mayor superficie en España y mejor representatividad en el IFN, mientras que los HICs 9180 (formaciones de *Tilio-Acerion*), 9370 (palmerales de *Phoenix*) y 9570 (bosques de *Tetraclinis articulata*) cuentan con menos de una docena de parcelas en el IFN3 (Tabla 1).

Los HICs españoles tienen una riqueza media de 4 y 5 especies arbóreas y arbustivas respectivamente, siendo las formaciones de *Tilio-Acerion* (9180) y los robledales del *Carpinion betuli* (9160) los más diversos en cuanto a especies arbóreas (más de 10 en ambos casos), y los alcornoques (9330) en cuanto a especies arbustivas (7 especies aproximadamente; Fig. 2 y Fig. S1). El área basimétrica (AB) promedio de los HICs forestales es de 12.2 m²/ha, con densidades medias de 431 pies/ha, siendo los castaños (9260), para el AB, y las acebedas (9380; que pueden alcanzar densidades máximas de más de 8994 pies/ha), para la densidad, los que poseen mayores valores medios. Los hayedos (i.e. 9120, 9130 y 9150) poseen los mayores volúmenes maderables con corteza (VCC; Fig. S1) y alturas dominantes, con valores rondando los 200 m³/ha y los 23 m de altura, respectivamente. Por

contra, los bosques de *Olea* y *Ceratonia* (9320) presentan valores muy bajos de AB (5.53 m²/ha) y VCC (15.5 m³/ha). Las laurisilvas (9360) junto con los pinsapares (9520) presentan los mayores niveles de madera muerta (VCC_{muerta} = 12.5 y 9.1 m³/ha, respectivamente). Ambos HICs poseen, de media y respectivamente, un mayor número de clases de altura (N-CA = 6.62 para las laurisilvas) y diamétricas (N-CD = 7.74 para los pinsapares). Acebedas (9380) y encinares (9340) presentan mayores valores de regenerado, aunque un bajo número de clases diamétricas en ambos casos (N-CD ~ 3). El crecimiento medio de los HICs forestales españoles ronda los 3.3 mm/año encontrando crecimientos máximos superiores a los 30 mm/año en algunas parcelas de pino canario (9550; Fig. S1), aunque el regenerado de este HIC es de los más bajos registrados.

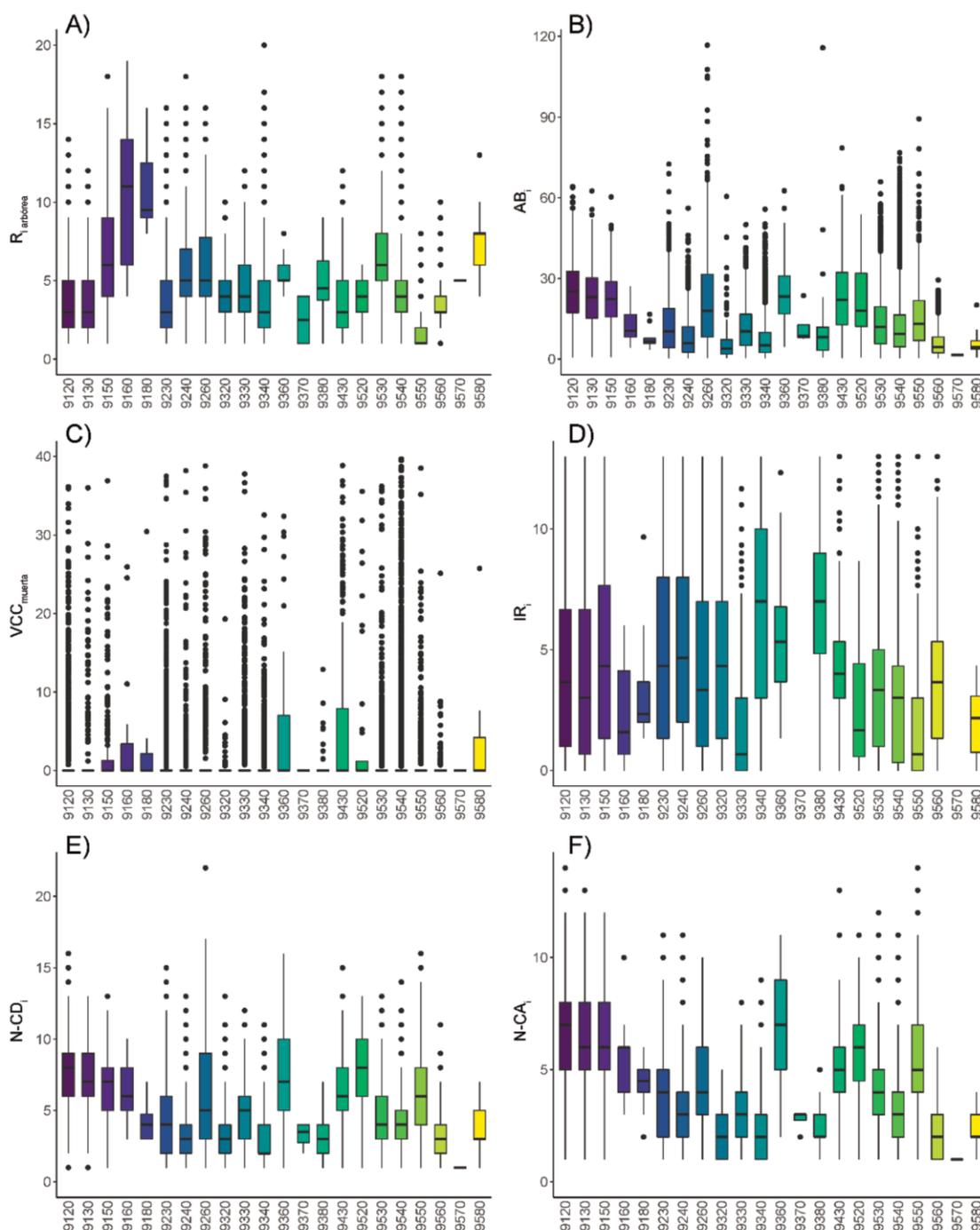


Figura 2. Diagramas de caja mostrando la distribución de A) riqueza de especies arbóreas ($R_{i\text{ arborea}}$), B) área basimétrica (AB), C) volumen de madera muerta (VCC_{muerta}), D) índice de regenerado (IR), E) número de clases diamétricas (N-CD) y F) número de clases de altura (N-CA) para cada HIC forestal en el IFN3 (ver [Tabla 1](#) para identificar el código numérico).

Figure 2. Box plots showing the distribution of A) tree species richness ($R_{i\text{ arborea}}$), B) basal area (AB), C) volume of dead wood (VCC_{muerta}), D) regenerated index (IR), E) number of diameter classes (N-CD) and F) number of height classes (N-CA) for each forest HIC in the Third National Forest Inventory (NF3) (see [Table 1](#) to identify the numerical code).

A nivel nacional, un solo HICs presentó un EC del parámetro E&F 'favorable', 15 'desfavorable-inadecuado' y 6 'desfavorable-malo' (Fig. 3). En concreto las acebedas (9380) y alcornoques (9330) presentaron un EC 'favorable' en más de un tercio de sus parcelas, siendo los hábitats mejor conservados, mientras que los HICs 9370 (palmerales de *Phoenix*) y 9340 (encinares y alsinares) tuvieron más de la mitad de sus parcelas en un estado 'desfavorable-malo' (Fig. 3). Cuando la evaluación se hizo por región biogeográfica los resultados fueron similares (Fig. S2).

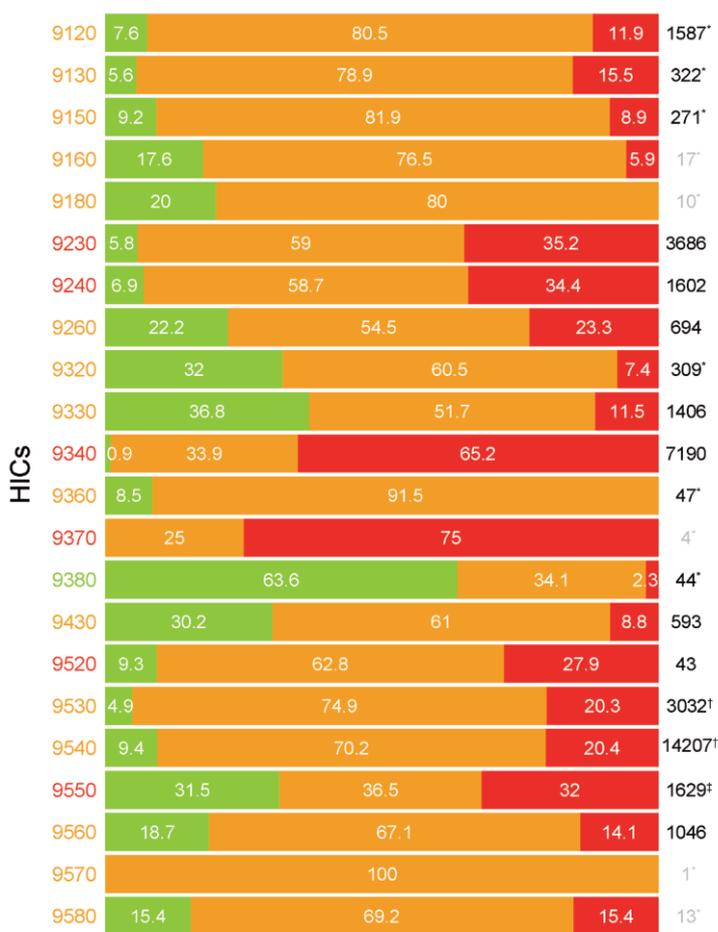


Figura 3. Estado de conservación (EC) del parámetro 'Estructura y función' (E&F) a nivel nacional de los 22 HICs forestales presentes en España (ver Tabla 1 para identificar el código numérico). Para cada HIC se representa el porcentaje de parcelas en estado 'favorable' (verde), 'desfavorable inadecuado' (amarillo) y 'desfavorable-malo' (rojo). El color de la etiqueta de cada HIC denota el EC del mismo en España según el sistema integrado de evaluación regional. A la derecha del panel se muestra el número total de parcelas de cada HIC presentes en el IFN3 resaltando en gris aquellos hábitats con menos de 20 parcelas en el IFN3. Como subíndice a este valor en algunos HICs se representa un * para denotar aquellos hábitats que han tenido que ser filtrados dentro de la Cartografía de los Tipos de Hábitat Forestales de España 1:50 000 (CHFE50; Sánchez de Dios et al. 2019), o los símbolos † y ‡ para representar aquellos HICs filtrados dentro de las regiones mediterránea o macaronésica respectivamente.

Figure 3. Status of conservation status (SC) of the parameter 'structure and function' (S&F) at the national level of the 22 forest HICs present in Spain (see Table 1 to identify the numerical code). For each HIC, the percentage of plots in a 'favorable' (green), 'unfavourable-inadequate' (yellow) and 'unfavourable-bad' (red) status is represented. The colour of the label of each HIC denotes its SC in Spain according to the integrated regional evaluation system. To the right of the panel, the total number of plots of each HIC present in the Third National Forest Inventory (NFI3) is shown, highlighting in gray colour those HICs with less than 20 plots in the NFI3. As a subscript to this value in some HICs, an * is represented to denote those habitats that have had to be filtered within the Cartography of Forest Habitat Types of Spain 1:50 000 (CHFE50; Sánchez de Dios et al. 2019), or the symbols † and ‡ to represent those HICs filtered within the mediterranean or macaronesian regions, respectively.

Discusión

Los ecosistemas forestales cubren alrededor del 30% de la superficie terrestre (Keenan et al. 2015) y pueden albergar más biodiversidad que cualquier otro ecosistema terrestre (Lindenmayer y Franklin 2002), pero al mismo tiempo son objeto cada vez de más presiones y amenazas que comprometen su distribución, estructura y funciones (Referowska-Chodak 2019). Existe así una responsabilidad ecológica y ética, y también política y administrativa, de priorizar esfuerzos en monitorizar el EC de este tipo de hábitats. Para ello es necesario recopilar periódicamente información sobre su estructura y las funciones que desempeñan y los IFNs representan una fuente de información clave de donde extraerla. En este trabajo se han propuesto, calculado y analizado hasta un total de 15 indicadores fácilmente extraíbles del IFN3 y relacionados con la E&F, que han permitido evaluar el EC de los 22 HICs forestales presentes en España.

Los resultados indican que la mayoría de los HICs forestales están bien representados en el IFN3 con algunas excepciones (e.g. formaciones de *Tilio-Acerion*, palmerales de *Phoenix* o bosques de *Tetraclinis articulata*) que son consideradas formaciones singulares con representatividades acordes a su escasez. La evaluación del parámetro E&F desarrollada en este trabajo supuso un reto y reveló que la mayoría de los HICs forestales españoles se hayan en un estado 'desfavorable inadecuado' (ca. 68%) o 'desfavorable-malo' (ca. 27%). Estos resultados coinciden con los arrojados por el último reporte de la UE para el EC de los HICs en Europa, donde sólo el 14% de los HICs forestales se encuentra en un estado favorable, 55% 'desfavorable inadecuado' y 30% 'desfavorable-malo' (Naumann et al. 2020).

Los HICs en peor situación vienen representados por los palmerales de *Phoenix* (9370), encinares y alsinares (9340), robledales de *Quercus robur* y *Quercus pyrenaica* (9230) y de *Quercus faginea* y *Quercus canariensis* (9240). En el caso de los palmerales, el bajo número de parcelas del IFN3 usado para su caracterización (i.e. 4 parcelas) hace que la evaluación no sea fiable. Esto se hace patente incluso cuando consideramos todas las parcelas presentes del IFN3 de acuerdo a la tipificación de este HIC (i.e. 29 parcelas sin considerar la CHFE50) donde casi el 70% de las mismas tienen un estado 'desfavorable inadecuado'. El resto de HICs con un mal estado de conservación tienen quercíneas como especies caracterizadoras y la ausencia de regenerado puede estar comprometiendo su persistencia (Plieninger et al. 2010). Los encinares a su vez están caracterizados por una pobre estructura de clases diamétricas que puede acentuar su grado de amenaza, especialmente en algunos encinares con altas densidades donde los árboles grandes son raros debido al manejo histórico de estos bosques (carbonero con tala rasa) y la probable competencia interespecífica (Moreno y Cubera 2008). Los pinares canarios (9550) también tuvieron un EC del parámetro E&F 'desfavorable-malo'. Esto se debe a que existe una alta proporción de parcelas con AB y/o densidades superiores a 40 m²/ha y 900 individuos/ha respectivamente que denotan una influencia antropogénica que en ausencia de un manejo adecuado pueden permanecer estancadas sin crecimiento ni regeneración (Arévalo y Fernández-Palacios 2009). No obstante, existe para este HIC un alto porcentaje de parcelas en un estado favorable, lo que unido a que gran parte de sus manchas se localizan en áreas protegidas presagian una perspectivas de futuro favorables si se dedican esfuerzos en naturalizar las manchas más artificiales (Arévalo y Fernández-Palacios 2009). Esta misma situación se repite con los pinsapares (9520), que presentan un EC 'desfavorable-malo', pero cuyas parcelas y manchas están ubicadas íntegramente en espacios protegidos. La superficie de este hábitat relicto está aumentando notablemente en la última mitad de siglo gracias a la eliminación de la presión ganadera y silvícola que han favorecido el regenerado en algunas masas, aunque nuevas amenazas ligadas al cambio climático, los incendios provocados y las plagas y patógenos ponen en riesgo a las poblaciones cercanas a su límite ecológico (Esteban et al. 2010).

Por su parte las acebedas presentan un EC muy favorable, caracterizadas por un alto nivel de regenerado y DBH promedios superiores a 14 cm, lo que indica bosques con pies adultos con una elevada tasa de reposición. El regenerado de estas formaciones ha sido considerado un cuello de botella en especial para las poblaciones marginales del acebo (Arrieta y Suárez 2006), pero que si se supera puede revertir en formaciones con un buen EC (Arrieta 2009). Aunque la pérdida de los usos tradicionales amenaza con desestructurar las acebedas adhesionadas o monoespecíficas, se observa una clara expansión del acebo como sotobosque de masas forestales (Arrieta 2009), probablemente favorecido por las normativas autonómicas que protegen este hábitat. Los alcornocales por su parte también presentaron buenos estados de conservación del parámetro E&F, lo que contrasta con la afectación reciente por plagas y patógenos, a menudo asociada a episodios de sequía (Hommet et al. 2019), con el retroceso de su superficie ocupada en las regiones del suroeste de Europa y noroeste de África (Pausas et al. 2012) y el estado desfavorable de la E&F de los alcornocales italianos (Genovesi et al. 2014). Los bosques de *Pinus uncinata* (9430) también presentaron buenos estados de conservación con más de un 30% de las parcelas en un estado 'favorable'. Esta especie tiene una gran capacidad regenerativa en lapsos de tiempo relativamente cortos y en áreas con pequeños claros (Bosch y Gutiérrez 1999). Así el posible descenso de la cabaña ganadera (García-Ruiz y Lasanta-Martínez 1990) y del aprovechamiento forestal probablemente hayan favorecido la expansión y regenerado de estas formaciones, que presentan buenos estados favorables del parámetro E&F (Camarero 2009), pero cuyas poblaciones marginales podrían verse rápidamente comprometidas por el cambio climático (Camarero y Gutiérrez 2007). La proporción de parcelas en cada EC de las parcelas de *Olea* y *Ceratonia* (9320) es similar a la de los bosques de *Pinus uncinata*. Estos bosques, cuyo grado de naturalidad está mermado por su origen antrópico, al tratarse frecuentemente de antiguos cultivos, presentan unas áreas basimétricas promedio bajas en comparación con otras formaciones, pero unos niveles de regeneración aceptables que garantizan la gran recuperación tras perturbaciones incluso de alta intensidad. Sin embargo, el cambio climático de nuevo podría afectar a este HIC, especialmente a las formaciones de *Olea* que requieren un ombrotipo más húmedo que *Ceratonia* (Rey et al. 2009). Otras formaciones importantes a nivel nacional son las formaciones de hayedo (9120, 9130, 9150) y pinares mesogeanos (9540), que según nuestro procedimiento de evaluación se hayan en un EC 'desfavorable-inadecuado' lo que coincide con las evaluaciones previas llevadas a cabo para los HIC de hayedos (Olano y Peralta 2009a; Olano y Peralta 2009b; Olano y Peralta 2009c; Tejera et al. 2012) pero no para el HIC 9540 (Ruiz Benito et al. 2009).

Conclusiones y perspectivas futuras

La metodología propuesta se presenta como un procedimiento estandarizado y riguroso para evaluar el EC del parámetro E&F de los HICs forestales presentes en España. El EC de acuerdo con nuestra metodología es en general 'desfavorable-inadecuado' para la mayoría de HICs y probablemente refleja un legado de unos aprovechamientos muy intensos en tiempos pasados, junto a un abandono bastante generalizado de la gestión forestal en las últimas décadas. La aproximación seguida en este trabajo representa la punta de lanza para armonizar los procedimientos de evaluación de EC de los bosques españoles y extenderlo a los europeos, cuyas evaluaciones hasta la fecha se basan principalmente en el criterio de experto (Alberdi et al. 2019). Así, esta metodología podría representar una propuesta a incluir en las guías europeas de monitoreo de los HICs y de hecho ya ha sido presentada, consensuada y acogida por las CCAAs, que en España tienen la competencia de informar sobre el EC de los HICs presentes en su territorio. En este trabajo se ha hecho un esfuerzo por considerar valores umbrales diferentes para cada HIC (algunos de ellos considerados como mixtos), región biogeográfica y grado de madurez del bosque (sólo en el caso del HIC 9520) recogiendo así parte de la diversidad y heterogeneidad de los bosques de nuestro país.

nos de ellos considerados como mixtos), región biogeográfica y grado de madurez del bosque (sólo en el caso del HIC 9520) recogiendo así parte de la diversidad y heterogeneidad de los bosques de nuestro país.

Somos conscientes de que resulta poco recomendable proponer unas variables genéricas y únicas para los diferentes HICs forestales presentes en España, ya que el EC de estos no tiene por qué responder una configuración de variables idéntica. Por otro lado, la utilización de umbrales definidos por expertos limita el valor de nuestra aproximación. Además, se constatan las dificultades para utilizar referentes bien conservados en la mayoría de los Estados europeos dada la larga historia de manejo y perturbación sistémica de los bosques. Por ello creemos que existe margen de mejora de nuestra metodología. En primer lugar, la consideración de nuevas variables ecológicas comunes y específicas de ciertos hábitats, tales como i) daños a la vegetación, estado fitosanitario del dosel y nivel de defoliación, ii) diversidad y cantidad de madera muerta, iii) presencia de fauna dispersora (aves frugívoras y micromamíferos), iv) comunidad de invertebrados saproxílicos, v) señales antrópicas, vi) cobertura de musgos y helechos. La finalización del IFN4, que incluye un porcentaje de parcelas donde se evalúan distintos aspectos de la biodiversidad, permitirá ampliar alguna de estas variables. Así mismo el nuevo mapa forestal español (MFE25) y las cada vez más accesibles imágenes satélite permitirán evaluar la integridad de los hábitats forestales a escalas nunca antes vistas (Hansen et al. 2013). En segundo lugar, sería interesante reforzar el número de parcelas de aquellos HICs con baja representatividad en el IFN3 (marcados en gris en la Fig. 3), más cuando la mayoría de ellos son prioritarios por su escasez. Finalmente, los valores umbrales definidos para evaluar la E&F de cada HIC suponen meras aproximaciones basadas en la bibliografía y en el criterio de un grupo limitado de expertos, de manera que la revisión y el consenso con un mayor número de expertos nacionales e internacionales deberían ser prioridades a tener en cuenta. Todas estas consideraciones suponen un compromiso de los gobiernos y la comunidad científica para recopilar más y mejores datos que, mediante el desarrollo de nuevas herramientas, permitan arrojar conclusiones que faciliten la toma de decisiones y guiar las estrategias para la monitorización y conservación de los hábitats forestales.

Contribución de los autores

David S. Pescador: Conceptualización, Análisis formal, Metodología, Redacción - borrador original, Visualización. Jordi Vayreda: Investigación, Metodología, Redacción - revisión y edición. Adrián Escudero: Conceptualización, Supervisión, Redacción - revisión y edición. Francisco Lloret: Conceptualización, Supervisión, Redacción - revisión y edición.

Agradecimientos

Los datos y resultados obtenidos en este trabajo derivan del proyecto 'Metodologías para el seguimiento del estado de conservación de los tipos de hábitat' donde la Asociación Española de Ecología Terrestre (AEET), de la que los autores forman parte, participó junto con otras sociedades científicas, el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico y la empresa pública Tragsatec. Agradecer a todas las personas que han sacado adelante el proyecto, demasiado numerosas para ser mencionadas aquí, al Departamento Medio Natural de Tragsatec, y en especial a Rafael Hidalgo Martín, Elena Bermejo Bermejo y Juan Carlos Simón Zarzoso por su confianza, apoyo y ayuda prestada en todo momento. Gracias a Rut Sánchez de Dios, Helios Sainz Ollero y Juan Carlos Velázquez por su ayuda con la tipología y cartografía de los HICs forestales de España. Agradecer también a EUROPARC-España y a todos los expertos (Tabla S6) que colaboraron de manera activa en la definición del Sistema integrado de evaluación de los HICs forestales de España.

Referencias

- Alberdi, I., Vallejo, R., Álvarez-González, J.G., Condés, S., González-Ferreiro, E., Guerrero, S., et al. 2017. The multi-objective Spanish National Forest Inventory. *Forest Systems* 26(2): e04S.
- Alberdi, I., Nunes, L., Kovac, M., Bonheme, I., Cañellas, I., Rego, F.C., et al. 2019. The conservation status assessment of Natura 2000 forest habitats in Europe: capabilities, potentials and challenges of national forest inventories data *Annals of Forest Science* 76(2): 34.
- Arévalo, J.R., Fernández-Palacios, J.M. 2009. 9550 Pinares endémicos canarios. En: VV.AA. (ed.), *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, España.
- Arrieta, S. 2009. 9380 Bosques de *Ilex aquifolium*. En: VV.AA. (ed.), *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, España.
- Arrieta, S., Suárez, F. 2006. Marginal holly (*Ilex aquifolium* L.) populations in Mediterranean central Spain are constrained by a low-seedling recruitment. *Flora - Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants* 201(2): 152-160.
- Barbati, A., Marchetti, M., Chirici, G., Corona, P. 2014. European Forest Types and Forest Europe SFM indicators: Tools for monitoring progress on forest biodiversity conservation. *Forest Ecology and Management* 321(145-157)
- Bosch, O., Gutiérrez, E. 1999. La sucesión en los bosques de "*Pinus uncinata*" del Pirineo: De los anillos de crecimiento a la historia del bosque. *Ecología* 13: 133-172.
- Burrascano, S., Keeton, W.S., Sabatini, F.M., Blasi, C. 2013. Commonality and variability in the structural attributes of moist temperate old-growth forests: A global review. *Forest Ecology and Management* 291(458-479).
- Camarero, J.J. 2009. 9430 Bosques montanos y subalpinos de *Pinus uncinata* (en sustratos yesosos o calcáreos) (*). En: VV.AA. (ed.), *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, España.
- Camarero, J., Gutiérrez, E. 2007. Response of *Pinus uncinata* Recruitment to Climate Warming and Changes in Grazing Pressure in an Isolated Population of the Iberian System (NE Spain). *Arctic, Antarctic, and Alpine Research* 39(2): 210-217.
- Cantarello, E., Newton, A.C. 2008. Identifying cost-effective indicators to assess the conservation status of forested habitats in Natura 2000 sites. *Forest Ecology and Management* 256(4): 815-826.
- Carnino, N. 2009. *État de conservation des habitats forestiers d'intérêt Communautaire à l'échelle du site - Guide d'application de la méthode d'évaluation des habitats forestiers*. Muséum National d'Histoire Naturelle / Office National des Forêts, Paris, Francia.
- Corona, P., Chirici, G., McRoberts, R.E., Winter, S., Barbati, A. 2011. Contribution of large-scale forest inventories to biodiversity assessment and monitoring. *Forest Ecology and Management* 262(11): 2061-2069.
- Council Directive 1992. 92/43/EEC of 21 May 1992 on the conservation of natural habitats and of wild fauna and flora. *Official Journal of the European Union* 206(7-50).
- Chirici, G., McRoberts, R.E., Winter, S., Bertini, R., Brändli, U.-B., Asensio I.A., et al. 2012. National Forest Inventory Contributions to Forest Biodiversity Monitoring. *Forest Science* 58(3): 257-268.
- Del Barrio, G., Sanjuán, M., Martínez-Valderrama, J., Ruiz, A. 2019. Descripción de un procedimiento normalizado para determinar cambios y tendencias en el estado ecológico de los tipos de hábitat de bosque y matorral. En: Serie "Metodologías para el seguimiento del estado de conservación de los tipos de hábitat". Ministerio para la Transición Ecológica, Madrid, España. 117 pp.
- Esteban, L.G., de Palacios, P., Aguado, L.R.-L. 2010. *Abies pinsapo* forests in Spain and Morocco: threats and conservation. *Oryx* 44(2): 276-284
- EUROPARC-España 2020. Bosques maduros mediterráneos: características y criterios de gestión en áreas protegidas. Manual 14. Serie de manuales EUROPARC-España. Fundación Fernando González Bernáldez, Madrid, España.
- Evans, D. 2012. Building the European Union's Natura 2000 network. *Nature Conservation* 1:11-26.
- Fiedler, C.E., Friederich, P., Petrucio, M., Denton, C., Hacker, W.D. 2007. Managing for Old Growth in Frequent-fire Landscapes. *Ecology and Society* 12(2):20.
- García-Ruiz, J.M., Lasanta-Martinez, T. 1990. Land-Use Changes in the Spanish Pyrenees Mountain. *Research and Development* 10(3): 267-279.
- Genovesi, P., Angelini, P., Bianchi, E., Dupré, E., Ercole, S., Giacanelli, V., et al., 2014. *Specie e habitat di interesse comunitario in Italia: distribuzione, stato di conservazione e trend*. Serie Rapporti, 194/2014. ISPRA. Roma, Italia.
- Gigante, D., Attorre, F., Venanzoni, R., Acosta, A., Agrillo, E., Aleffi, M. et al., 2016. A methodological protocol for Annex I Habitats monitoring: the contribution of Vegetation science. *Plant Sociology* 53(77-87).
- Hansen, M.C., Potapov, P.V., Moore, R., Hancher, M., Turubanova, S.A., Tyukavina, A. et al., 2013. High-Resolution Global Maps of 21st-Century Forest Cover Change. *Science* 342(6160): 850-853.
- Heym, M., Uhl, E., Moshhammer, R., Dieler, J., Stimm, K., Pretzsch, H. 2021. Utilising forest inventory data for biodiversity assessment. *Ecological Indicators* 121(107196).
- Homet, P., González, M., Matías, L., Godoy, O., Pérez-Ramos, I.M., García, L.V., et al., 2019. Exploring interactive effects of climate change and exotic pathogens on *Quercus* suber performance: Damage caused by *Phytophthora cinnamomi* varies across contrasting scenarios of soil moisture. *Agricultural and Forest Meteorology* 276-277(107605).
- Joint Nature Conservation Committee 2004. *Joint Nature Conservation Committee Common Standards Monitoring Guidance for Woodland Habitats*. Peterborough, Reino Unido.
- Keenan, R.J., Reams, G.A., Achard, F., de Freitas, J.V., Grainger, A., Lindquist, E. 2015. Dynamics of global forest area: Results from the FAO Global Forest Resources Assessment 2015. *Forest Ecology and Management* 352(9-20).
- Kovač, M., Kutnar, L., Hladnik, D. 2016. Assessing biodiversity and conservation status of the Natura 2000 forest habitat types: Tools for designated forestlands stewardship. *Forest Ecology and Management* 359(256-267).
- Kovač, M., Gasparini, P., Notarangelo, M., Rizzo, M., Cañellas, I., Fernández-de-Uña, L., et al. 2020. Towards a set of national forest inventory indicators to be used for assessing the conservation status of the habitats directive forest habitat types. *Journal for Nature Conservation* 53(125747).
- Larrieu, L., Cabanettes, A., Brin, A., Bouget, C., Deconchat, M. 2014. Tree microhabitats at the stand scale in montane beech–fir forests: practical information for taxa conservation in forestry. *European Journal of Forest Research* 133(2): 355-367.
- Lindenmayer, D.B., Franklin, J.F. 2002. *Conserving forest biodiversity: a comprehensive multiscaled approach*. Island press. Whashington D.C., Estados Unidos.
- Maciejewski, L. 2016. *État de conservation des habitats forestiers d'intérêt Communautaire, Evaluation à l'échelle du site Natura 2000, Version 2. Tome 1 : définitions, concepts et éléments d'écologie*. Service du patrimoine naturel, Muséum national d'Histoire naturelle, Paris, Francia.
- Moreno, G., Cubera, E. 2008. Impact of stand density on water status and leaf gas exchange in *Quercus ilex*. *Forest Ecology and Management* 254(1): 74-84.
- Naumann, S., Noebel, R., Gaudillat, Z., Stein, U., Röschel, L., Ittner, S. et al., 2020. *State of nature in the EU. Results from reporting under the nature directives 2013-2018*. EEA Report. European Environment Agency, Luxemburgo.
- Olano, J., Peralta, J. 2009a. 9120 Hayedos acidófilos atlánticos con soto-bosque de *Ilex* y a veces de *Taxus* (*Quercion robori-petraeae* o *Ilici-Fagenion*). En: VV.AA. (ed.), *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, España.
- Olano, J., Peralta, J. 2009b. 9130 Hayedos del *Asperulo-Fagetum*. En: VV.AA. (ed.), *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, España.
- Olano, J., Peralta, J. 2009c. 9150 Hayedos calcícolas medioeuropeas del *Cephalanthero-Fagion*. En: VV.AA. (ed.), *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, España.
- Pausas, J.G., Pereira, J.S., Aronson, J. 2012. The Tree. En: Aronson J., Pereira J.S., Pausas J.G. (eds.), *Cork oak wood-lands on the edge. Ecology, adaptive management, and restoration*, pp. 235–245. Island Press, Washington D.C., Estados Unidos.

- Pescador, D.S., Vayreda, J., Escudero, A., Lloret, F. 2019. *Identificación y descripción de las variables utilizadas en el Inventario Forestal Nacional para la evaluación de la 'Estructura y función' de los tipos de hábitat de bosque*. En, Serie "Metodologías para el seguimiento del estado de conservación de los tipos de hábitat". Ministerio para la Transición Ecológica, Madrid, España. 135 pp.
- Plieninger, T., Rolo, V., Moreno, G. 2010. Large-Scale Patterns of *Quercus ilex*, *Quercus suber*, and *Quercus pyrenaica* Regeneration in Central-Western Spain. *Ecosystems* 13(5): 644-660.
- R Core Team 2022. *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, . Vienna, Austria. Disponible en: <https://www.R-project.org/>
- Referowska-Chodak, E. 2019. Pressures and Threats to Nature Related to Human Activities in European Urban and Suburban Forests. *Forests* 10(9): 765.
- Rey, P., Alcántara, J., Fernández, J. 2009. 9320 Bosques de *Olea* y *Ceratonia*. En: VV.AA. (ed.), *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, España.
- Rodà, F., Olano, J.M., Cabello, J., Fernández-Palacios, J.M., Gallardo, A., Escudero, A., et al. 2009. Grupo 9. Bosques. En: VV.AA. (ed.), *Bases ecológicas preliminares para la conservación de los tipos de hábitat de interés comunitario en España*, p. 8. Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino, Madrid, España.
- Rondeux, J., Bertini, R., Bastrup-Birk, A., Corona, P., Latte, N., McRoberts, R.E., et al. 2012. Assessing Deadwood Using Harmonized National Forest Inventory Data. *Forest Science* 58(3): 269-283.
- Ruiz Benito, P., Álvarez-Uría, P., Zavala, M. 2009. 9540 Pinares mediterráneos de pinos mesogeanos endémicos. En: VV.AA. (ed.), *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, España.
- Sánchez de Dios, R., Sainz-Ollero, H., Velázquez, J. 2019. *Descripción de métodos para estimar las tasas de cambio del parámetro 'Superficie ocupada' de los tipos de hábitat de bosque*. En, Serie "Metodologías para el seguimiento del estado de conservación de los tipos de hábitat". Ministerio para la Transición Ecológica, Madrid, España.
- Sotirov, M. 2017. *Natura 2000 and forests: Assessing the state of implementation and effectiveness. What science can tell us 7*. European Forest Institute. Joensuu, Finlandia.
- Storch, F., Dormann, C.F., Bauhus, J. 2018. Quantifying forest structural diversity based on large-scale inventory data: a new approach to support biodiversity monitoring. *Forest Ecosystems* 5(1): 34.
- Tejera, R., Núñez, M.V., Hernando, A., Velázquez, J., Pérez-Palomino, A. 2012. Biodiversity and Conservation Status of a Beech (*Fagus sylvatica*) Habitat at the Southern Edge of Species Distribution. En: Lameed G.A. (ed.), *Biodiversity Enrichment in a Diverse World*, pp. 63-84. IntechOpen, Londres, Reino Unido.
- Tsiripidis, I., Xystrakis, F., Kallimanis, A., Panitsa, M., Dimopoulos, P. 2018. A bottom-up approach for the conservation status assessment of structure and functions of habitat types. *Rendiconti Lincei. Scienze Fisiche e Naturali* 29(2): 267-282.
- Vayreda, J., Batlles, C., Lerner, M., Vila, B., Pescador, D.S., J C.-L., et al. 2019. *Desarrollo de un procedimiento estandarizado para generar datos de las variables ecológicas estructurales que permitan estimar el estado de conservación de los tipos de bosque y matorral utilizando como fuente de datos la tecnología LiDAR*. En, Serie "Metodologías para el seguimiento del estado de conservación de los tipos de hábitat". Ministerio para la Transición Ecológica, Madrid, España.
- 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, España.
- VV.AA. 2019. *Metodologías para el seguimiento del estado de conservación de los tipos de hábitat*. Ministerio para la Transición Ecológica, Madrid, España.
- Winter, S., Chirici, G., McRoberts, R.E., Hauk, E., Tomppo, E. 2008. Possibilities for harmonizing national forest inventory data for use in forest biodiversity assessments. *Forestry: An International Journal of Forest Research* 81(1): 33-44.