

La estimación de la biodiversidad forestal en el Inventario Forestal Nacional. Aplicación en el IFN-4 en Galicia

Iciar Alberdi¹, Laura Hernández¹, Marcelo Barrera¹, Sonia Condés², Vicente Sandoval³, Roberto Vallejo³, Isabel Cañellas¹

¹CIFOR-INIA. Dpto. Selvicultura y Gestión de los Sistemas Forestales

²Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes Universidad Politécnica de Madrid.

³Dirección General de Medio Natural y Política Forestal Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino

Teniendo como punto de partida la Convención de la Diversidad biológica de 1992, desde la segunda mitad del siglo XX las perspectivas en política y gestión medioambiental han dado un giro sin precedentes. Variables intangibles, difíciles de medir, como es la biodiversidad, son cada vez más importantes para la sociedad. En consecuencia, enmarcado en políticas y requerimientos internacionales, desde el Tercer Inventario Forestal Nacional (IFN-3) se está aplicando una nueva metodología en continuo desarrollo que trata de estimar nuevas variables relacionadas con la biodiversidad. El objetivo más importante es poder analizar mediante estos nuevos indicadores la evolución del estado de la biodiversidad forestal de nuestros bosques a lo largo de los sucesivos IFN. Para llevar a cabo este reto, la toma de datos de campo en el inventario se centra principalmente en indicadores relativos a la composición florística y a la estructura de las masas forestales. En este artículo se describe la evolución y el desarrollo de la metodología llevada a cabo hasta el momento para la estimación de la biodiversidad forestal en el IFN. Además, se detallan los resultados derivados de su aplicación en las formaciones forestales más representativas de Galicia. Finalmente, se exponen los nuevos indicadores relacionados con la biodiversidad forestal en los que se está investigando, así como nuevas perspectivas de análisis.

EL INVENTARIO FORESTAL NACIONAL

El Inventario Forestal Nacional (IFN) español se desarrolla con una periodicidad decenal, estando actualmente realizándose el cuarto (IFN-4). A partir del Segundo Inventario Forestal Nacional (IFN-2) se diseña un inventario continuo con un muestreo estadístico con distribución sistemática. Las parcelas de muestreo de campo se sitúan en las zonas arboladas (con una fracción de cabida cubierta mayor del 5 %) sobre los vértices de la malla UTM de 1 km, repitiéndose las parcelas levantadas en los anteriores Inventarios. La unidad de trabajo es la provincia. En la Tabla 1 se indican las principales características y diferencias de cada uno de ellos. Las parcelas son permanentes, formadas por cuatro círculos concéntricos de 5, 10, 15 y 25 m. En el radio de 25 m se miden todos los árboles cuyo diámetro normal (d) es mayor de 42,5 cm; en el de 15 m, aquellos árboles con $d > 22,5$ cm; en el de 10 m, aquellos con $d > 12,5$ cm; y en el de 5 m, todos los árboles con $d > 7,5$ cm son medidos y los de $2,5 \text{ cm} < d < 7,5$ cm son contabilizados por especie.

ANTECEDENTES

Para ayudar a la toma de decisiones en el ámbito de la política forestal y medioambiental es necesario tener una información adecuada y actualizada sobre los ecosistemas forestales. La evaluación de las existencias reales en volumen de madera y de variables rela-

cionadas con la dinámica y la evolución de las formaciones forestales requiere una buena selección de indicadores cuantificables que nos permitan realizar estas valoraciones.

El principal objetivo de los inventarios forestales nacionales ha sido tradicionalmente la estimación del volumen en pie de madera en los bosques, así como la cuantificación de su crecimiento. Sin embargo, los inventarios forestales complementados con mediciones y observaciones adicionales también pueden ser una herramienta útil para estimar la biodiversidad forestal (Newton y Kapos, 2002).

La biodiversidad es un término que engloba aspectos muy diversos y complejos y cuya totalidad es imposible de estimar. Por ello, en función de los objetivos de cada estudio, la biodiversidad puede ser enfocada de muy diferentes maneras. En el ámbito de los inventarios forestales nacionales, estos estudios denominados de “biodiversidad forestal” se centran principalmente en el análisis de la diversidad estructural y de la composición florística.

Aunque se cuenta con directrices generales de los distintos parámetros que deben analizarse (UNEP, 1997, 2003), no existen metodologías internacionalmente aceptadas para su medición. Sin embargo, ha habido esfuerzos centrados en estos protocolos como son los proyectos Biosoil (2004), EMAN (Roberts-Pichette y Gillespie, 1999) y BIOCONDITION. Además, en los últimos años se han desarrollado acciones cuya

finalidad es el análisis de los criterios y metodologías existentes para la estimación de la biodiversidad y su armonización en el marco Europeo (COST E-43 2004-2010; USEWOOD 2010-2013). A pesar de ello, el número de variables consideradas en estas estimaciones de diversidad varían mucho entre los diferentes países participantes, pese a que la mayor parte de las variables de base son muestreadas en casi todos los IFN (ver Figura 1).

Las metodologías utilizadas en los IFN corresponden a proyectos en origen completamente independientes, que responden a muy diversas formaciones forestales. No obstante, para casi todas las variables que son estimadas en la mayoría de los países, la armonización es posible, estando en la actualidad analizándose las funciones de paso. Este es el caso de las variables relacionadas con la estructura de la masa forestal o con la madera muerta.

Este creciente interés en la armonización se debe principalmente a la obligación de los diferentes países de aportar información “comparable” a los diversos requerimientos internacionales, como son las exigencias internacionales en Recursos Forestales Mundiales (FRA 2010) de la Organización para la Alimentación y la Agricultura de las Naciones Unidas (FAO) y de la Conferencia Ministerial sobre la Protección de los Bosques en Europa (*Forest Europe*), que deben ser contestadas por todos los países, así como otros convenios internacionales

Inventario	Ciclo	Estratificación	Parcelas de muestreo	N.º de parcelas
IFN-1	1965-1974	Malla variable en cada provincia, sobre fotografías aéreas	Afijación óptima. Parcelas temporales	65.000
IFN-2	1986-1996	Malla sobre el Mapa de Cultivos y Aprovechamientos, Escala 1:50.000	Malla UTM 1 km x 1 km. Parcelas permanentes	84.203
IFN-3	1997-2007	Malla sobre el Mapa Forestal de España, escala 1:50.000 (MFE 50)	Malla UTM 1 km x 1 km. Parcelas permanentes. Repetición de parcelas. Parcelas remedidas aprox. 85 %	95.327
IFN-4	2008-2017	Malla sobre el Mapa Forestal de España, escala 1:25.000 (MFE 25)	Malla UTM 1 km x 1 km. Parcelas permanentes. Repetición de parcelas.	98.000 aprox.

Tabla 1. Descripción de los ciclos del IFN

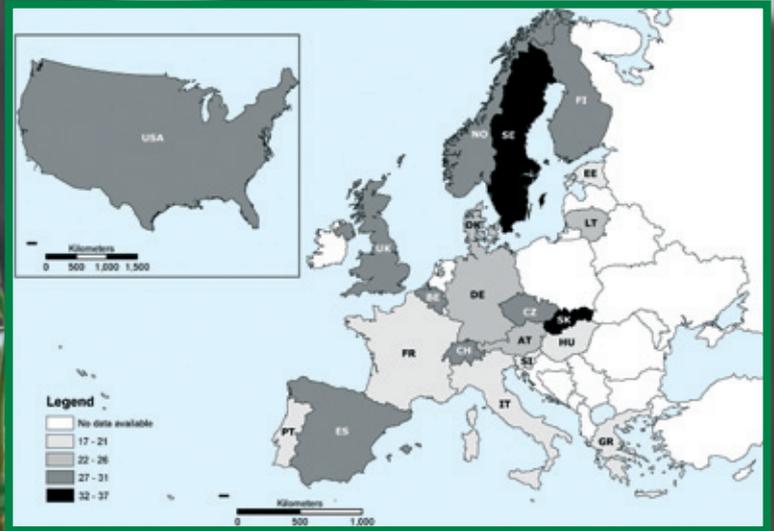


Figura 1. Número de variables de biodiversidad forestal consideradas actualmente en los diferentes países europeos y en EE.UU. según el estudio realizado en el proyecto COST E-43 (Chirici et al., 2010)

Foto 1. Para caracterizar la biodiversidad tanto florística como estructurales, es importante considerar tanto el estrato arbóreo como el arbustivo

que requieren información nacional, como la Convención de Cambio Climático.

Por lo tanto, para poder dar respuesta a toda la información requerida por las diferentes organizaciones relacionadas a nivel mundial, los inventarios forestales, una de las mayores fuentes de información de los ecosistemas naturales a nivel nacional e internacional, se han visto obligados a aumentar las variables muestreadas. Estas nuevas medidas proveen a estas tradicionales y valiosas fuentes de datos de un marcado carácter multifuncional acorde con su tiempo.

HISTORIA DE LA ESTIMACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD FORESTAL

El IFN español pertenece a la red de trabajo ENFIN (European Network of National Forest Inventories), que ha desarrollado una metodología de toma de datos de biodiversidad forestal en consonancia con las propuestas de armonización internacional, añadiendo mediciones adicionales propuestas por el grupo de trabajo técnico sobre biodiversidad del proyecto COST E-43 (Chirici et al., 2010).

Las nuevas variables tomadas en campo junto a las consideradas en

el inventario clásico hacen posible la estimación de diversos indicadores relacionados con la cobertura del suelo, la composición florística arbórea y de matorral, la estructura de la masa (tanto horizontal como vertical), la madera muerta y la frecuencia de elementos singulares, así como otras auxiliares, como el ramoneo. Además se han

considerado un grupo de indicadores relacionados con la acción antrópica en los sistemas forestales en estudio.

Con los datos muestreados en el inventario clásico se podían calcular algunos indicadores de biodiversidad, principalmente en lo relativo a la composición. La toma adicional de datos de campo de biodiversidad comenzó en



Figura 2. Ejemplos de la labor de divulgación de los resultados de Biodiversidad Forestal en el IFN mediante diferentes publicaciones técnicas

1997 en el Tercer Inventario Forestal Nacional (IFN-3), siendo en las provincias de Zaragoza y Teruel a principios del año 2005 donde se instauran las bases metodológicas utilizadas actualmente. El número de parcelas en las que se realizó esta toma de datos adicional se muestra en la Tabla 2. En el Cuarto Inventario Forestal Nacional (IFN-4), un porcentaje constante de parcelas está siendo muestreado (75 %) con mediciones adicionales para la estimación de la biodiversidad forestal (Tabla 3).

Los primeros resultados de biodiversidad forestal enmarcados en el IFN-3 aparecían publicados en el capítulo Ámbito de Capacidades en las publicaciones provinciales del Inventario Forestal Nacional. Actualmente, estos se presentan junto con el resto de resultados del inventario tanto en las publicaciones provinciales como en las que se realizan actualmente a nivel de Comunidad Autónoma en el apartado de Biodiversidad Forestal. Algunos ejemplos de difusión de estos datos en las publicaciones del IFN-3 y IFN-4 se muestran en la Figura 2. Además, en la publicación especial “Estimación de la biodiversidad forestal en el Tercer Inventario Forestal Nacional. País Vasco/Euskadi” se hace una descripción completa de la metodología desarrollada y aplicada hasta la fecha.

El total de parcelas con toma adicional de datos de biodiversidad en el IFN-3 es de 19.690, y en el IFN-4 es de 15.077 hasta estos momentos.

La metodología se ha ido adaptando y perfeccionando según se ha observado el funcionamiento de los protocolos de campo y según se han ido analizando y estudiando los diferentes indicadores desarrollados a partir de la toma de datos. Los principales cambios entre el IFN-3 y el IFN-4 han sido los siguientes.

- Se han dejado de estimar dos grandes grupos de variables: la abundancia de plantas herbáceas y helechos (debido al carácter continuo del inventario que dificulta la identificación de estas especies en algunas épocas del año) y los líquenes epifitos (debido a los grandes costes que suponían en tiempo su muestreo y a la dificultad en el análisis de los resultados)
- Se han añadido a la toma de datos variables relacionadas con la

Tabla 2. Provincias en las que en el Tercer Inventario Forestal Nacional se realizó una toma de datos adicional para la estimación de la biodiversidad forestal.

Provincia	Parcelas clásicas IFN-3	Parcelas Biodiversidad IFN-3	Parcelas por provincia (%)	Parcelas CC.AA. (%)
Zaragoza	1.363	534	39	40
Teruel	2.124	846	40	
Álava	1.374	1.374	100	98
Guipúzcoa	1.374	1.312	95	
Vizcaya	1.217	1.217	100	
Castellón	2.075	2.071	100	94
Valencia	2.324	2.319	100	
Alicante	1.240	1.019	82	
Jaén	2.100	1.759	84	69
Córdoba	1.268	1.051	83	
Málaga	1.512	1.186	78	
Cádiz	1.273	1.040	82	
Granada	1.886	1.085	58	
Almería	1.159	582	50	
Sevilla	1.382	944	68	
Huelva	2.754	1.351	49	

Tabla 3. Parcelas del Cuarto Inventario Forestal Nacional donde se realiza una toma de datos adicional para la estimación de la biodiversidad forestal

Provincia	Parcelas clásicas IFN-4	Parcelas Biodiversidad IFN-4	Parcelas por provincia (%)	Parcelas CC.AA. (%)
La Coruña	3.077	2.308	75	75
Pontevedra	1.534	1.151	75	
Lugo	2.440	1.830	75	
Orense	1.651	1.238	75	
Asturias	2.300	1.725	75	75
Baleares	1.200	900	75	75
Murcia	1.500	1.125	75	75
La Rioja	1.400	1.050	75	75
Navarra	3.200	2.400	75	75
Cantabria	1.800	1.350	75	75

estimación de la naturalidad de la masa, la edad, la presencia de especies invasoras y el estado de ramoneo

- Así mismo ha habido algunas mejoras en los protocolos y en los indicadores para la estimación de la estructura de la masa y la madera muerta.

METODOLOGÍA

Hay tres niveles de biodiversidad aceptados: genética, de especies y de ecosistema (WRI, 1992). Estos tres niveles están lógicamente interrelacionados entre ellos. Dado que nuestra escala de muestreo es provincial, la aproximación que se ha considerado como la más oportuna es la de ecosistema, tanto por tamaño como por los

conceptos que engloba. Los ecosistemas considerados serán los definidos en el IFN-4 como “formaciones forestales”. Esta escala engloba características importantes para el estudio de las masas forestales, ya que permite analizar tendencias en la distribución de poblaciones, especies o comunidades, análisis de especies indicadoras y dominantes, o el estudio de relaciones bióticas y abióticas entre los diferentes componentes del ecosistema.

En la toma de datos de campo de biodiversidad, los grupos de variables muestreados en el IFN-4 han sido los siguientes:

- Naturalidad de la masa
- Cobertura del suelo
- Estructura de la masa
- Madera muerta
- Ramoneo
- Edades
- Frecuencia de elementos singulares
- Conservación: especies amenazadas; especies invasoras

Con esta información adicional y la obtenida del muestreo clásico de las parcelas del Inventario Forestal Nacional, los grupos de indicadores que se han estudiado para la estimación de la biodiversidad forestal en Galicia (IFN-4) han sido:

1. Naturalidad de la masa
2. Cobertura del suelo
3. Riqueza de especies arbóreas y de matorral
4. Estructura de la masa
 - 4.1. Estructura horizontal

	La Coruña	Lugo	Orense	Pontevedra
<i>Acacia dealbata</i>	X	X	X	X
<i>Acacia longifolia</i>	X			
<i>Acacia mearnsii</i>				X
<i>Acacia melanoxylon</i>	X	X	X	X
<i>Arundo donax</i>			X	X
<i>Cortaderia selloana</i>	X	X		X
<i>Phyllostachys spp.</i>	X	X		X
<i>Phytolacca americana</i>	X	X		
<i>Reynoutria japonica</i>			X	X
<i>Robinia pseudoacacia</i>				X
<i>Tradescantia fluminensis</i>				X
<i>Tritonia crocosmiflora</i>	X	X		

Tabla 4. Lista de especies invasoras elaborada en el IFN-4 para las provincias de Galicia

4.2. Estructura vertical

4.3. Estructura vertical y horizontal combinadas arbórea y de matorral

4.4. Árboles añosos

5. Madera muerta

6. Ramoneo

7. Edades

8. Frecuencia de elementos singulares

9. Conservación: especies amenazadas; especies invasoras

A continuación se desarrolla la metodología de los nuevos indicadores más significativos y se presentan algunos de los resultados obtenidos tras su aplicación práctica en los ecosistemas forestales gallegos.

Riqueza de especies arbóreas y de matorral

Para la estimación de la composición de especies leñosas se consideran índices de biodiversidad que combinan los parámetros de riqueza de especies y de heterogeneidad (índice de diversidad de Shannon-Weaver, índice de diversidad de Simpson, índice de diversidad de Berger- Parker, etc.).

La riqueza arbórea del estrato se caracteriza contando el número total de especies diferentes encontradas en las parcelas de muestreo, incluyendo las especies pertenecientes al estrato de regeneración. Este estimador tan fácil de interpretar muestra en diversos estudios buenas correlaciones con la presencia de distintos táxones de fauna e insectos, especialmente con las comunidades aviares y con las mariposas (Vesseby *et al.*, 2001; Margalef, 1998). Los indicadores considerados para determinar la riqueza son el máximo y el mínimo número de especies presentes en las parcelas que caracterizan cada

Foto 2. Las mimosas, perteneciente al género *Acacia*, son algunas de las especies alóctonas de mayor presencia en los ecosistemas forestales de nuestro país



estrato, así como la media y su desviación típica y, por último, el número total de especies en cada formación por superficie.

La riqueza de especies de matorral, en términos de composición, se evalúa contando el número de táxones presentes (se habla de táxones, ya que no se puede hablar de especies, puesto que se muestrean solo las especies seleccionadas por el IFN, y en algunos casos no son especies, sino géneros). Esta información es de gran ayuda tanto para la caracterización de las masas forestales como para el análisis del grado de evolución de la formación.

Conservación de la flora: Especies invasoras

La invasión de especies alóctonas es una de las principales amenazas para la pérdida de biodiversidad de los sistemas forestales, por lo que su estudio tiene un creciente interés (UNEP, 2002). Esta es la razón por la que se realiza un análisis de la presencia de especies de especial interés por su carácter invasor en las parcelas del inventario. Para ello se seleccionan una serie de especies susceptibles de encontrarse en áreas forestales de la provincia en cuestión y de ser fácilmente

identificadas basado en diferente bibliografía relacionada: Atlas de las Plantas Alóctonas Invasoras de España (Sanz *et al.*, 2004) y catálogos provinciales y regionales de flora invasora. La lista definitiva es consensuada con los expertos en conservación de flora de cada comunidad. En el ejemplo, esta fue consultada con la *Xunta* de Galicia (Tabla 4).

El objetivo de este estudio es realizar un seguimiento de estas especies para así conocer su evolución a través de los sucesivos inventarios. De esta manera, por un lado se podrá aumentar en el conocimiento de la colonización y dispersión de estas especies alóctonas y su agresividad, y por otro, predecir los posibles efectos de esta invasión sobre la flora nativa.

La presencia de cada una de ellas en la parcela de 25 m es anotada. Además se registra el número de individuos de cada especie avistados en el interior de una parcela de radio de 10 m si es una especie arbórea, de 5 m si se trata de una especie arbustiva y de 1 m si se trata de una especie herbácea. En los dos primeros casos, el centro de las parcelas coincide con el centro de la parcela de 25 m, pero en el último (especies herbáceas), el

centro se desplaza 4 m al norte del centro de las parcelas para evitar el efecto del pisoteo.

Estructura de la masa. Cantidad de árboles añosos

Se determina la cantidad de árboles añosos debido a su importancia como factor que proporciona mayor riqueza a la estructura de la masa, suministrando además refugios para la fauna o sostén para hongos saprófitos, líquenes y otras tipologías de plantas, y que por tanto su presencia puede suponer un aumento de la biodiversidad del ecosistema (Ranius y Jansson, 2000; Nilsson y Baranowski, 1997). Además se puede considerar como indicador de la naturalidad o de la gestión forestal de una región. La definición de "árboles añosos" se ha particularizado para cada especie. Se han determinado los diámetros críticos atendiendo a la longevidad de la especie, el turno de corta, la bibliografía especializada, así como a los datos de masa (diámetro) obtenidos en el Segundo Inventario Forestal Nacional; los árboles con diámetro normal superior a ese valor crítico son los considerados árboles añosos. Estos diámetros críticos varían desde 42,5 cm hasta 100 cm depen-

Foto 3. Ejemplo de árbol añoso

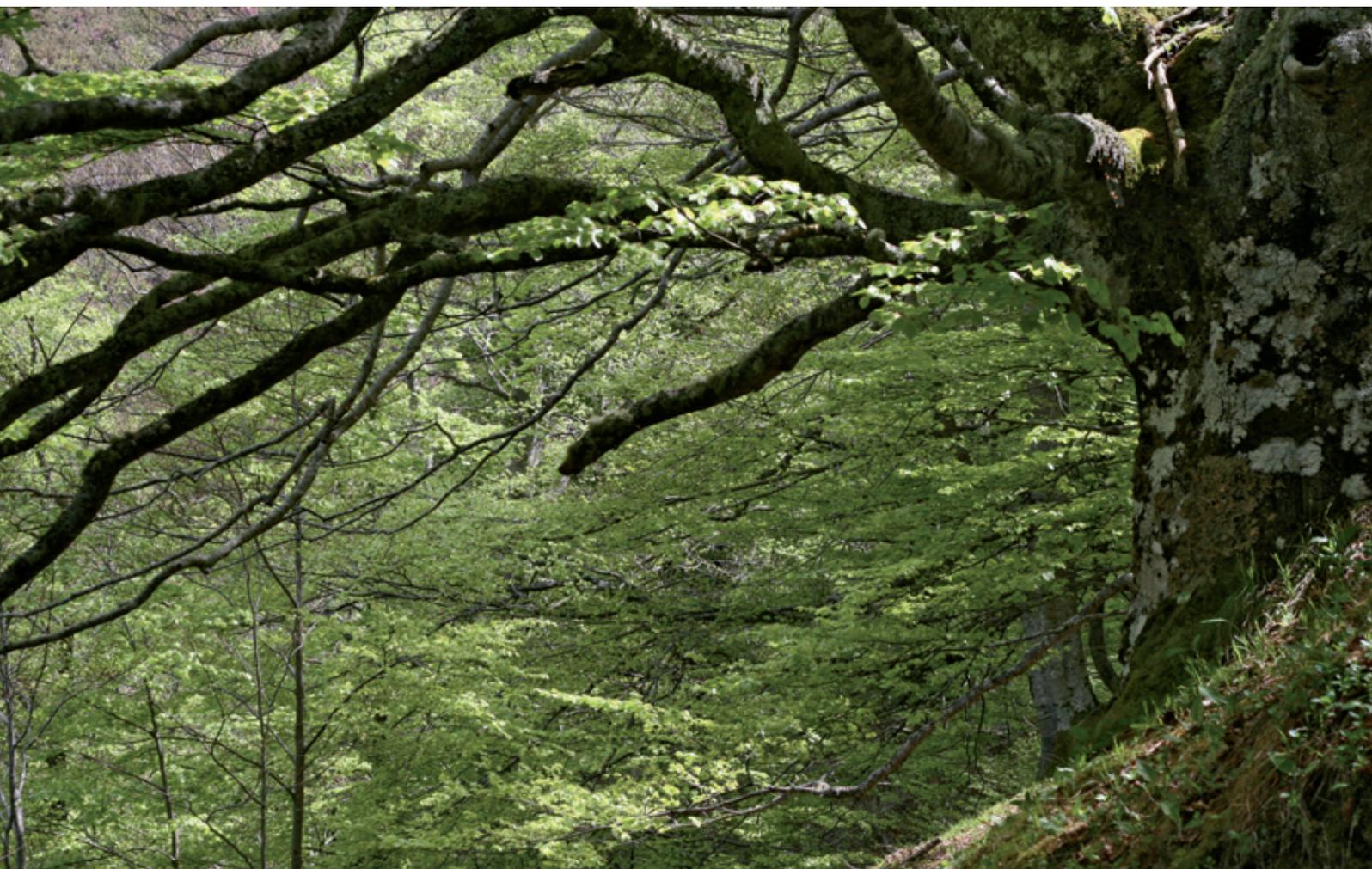




Foto 4. Arbol muerto caído en un hayedo

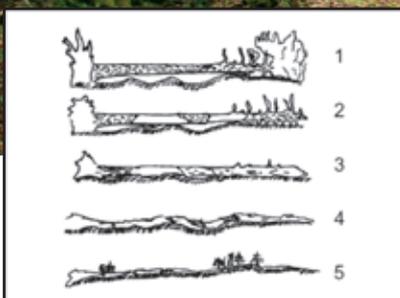


Figura 3. Grados de descomposición de árboles muertos (Stockland et al., 2003)

diendo de la especie. En la actualidad se está trabajando para definir con mayor propiedad estos diámetros críticos.

Madera muerta

La presencia de madera muerta es para muchos autores un aspecto crucial en la conservación de la biodiversidad y de la naturalidad por ser un elemento fundamental para el buen funcionamiento del ecosistema, siendo altamente beneficioso contar con un cierto porcentaje de madera muerta dentro del sistema forestal (Schuckel et al., 2004; Butler et al., 2002; Roman-Amat et al., 2001; Ferris-Kaanet et al., 1993). Pero hay que tener en cuenta que en nuestros ecosistemas mediterráneos la cantidad de madera muerta no debe sobrepasar un umbral que favorezca la aparición de plagas y aumente la peligrosidad de los incendios forestales. La madera muerta además integra uno de los cinco sumideros de carbono que conforman los terrenos forestales de acuerdo a la Convención de Cambio Climático. Su

evaluación y el seguimiento de su evolución son dos parámetros requeridos internacionalmente.

Todos los datos se recogen para cada especie en una subparcela con el mismo centro que la parcela clásica del IFN-4 y de radio 15 m.

Las categorías de madera muerta consideradas son una adaptación de las propuestas por el proyecto ForestBIOTA (Travaglini y Chirici, 2006); son las siguientes:

- Pies mayores muertos en pie ($d \geq 7,5$ cm)
- Pies mayores muertos caídos (diámetro a 1,3 m de longitud medido desde la base del fuste, mayor de 7,5 cm)
- Pies menores muertos en pie ($2,5 \text{ cm} \leq d \leq 7,5 \text{ cm}$ y $h \geq 1,3$ m)
- Pies menores muertos caídos ($2,5 \text{ cm} \leq$ diámetro a 1,3 m de longitud medido desde la base del fuste $\leq 7,5$ cm y $l \geq 1,30$ m)
- Ramas y leñas gruesas (diámetro medio $\geq 7,5$ cm y $l \geq 0,3$ m)
- Tocones (diámetro medio $\geq 7,5$ cm y $h \leq 1,3$ m)
- Tocones de brotes de cepa (tocones procedentes de una cepa totalmente muerta y con diámetro medio de esta mayor o igual a 7,5 cm y altura

máxima de 1,3 m)

- Acumulaciones (con diámetro a la mitad de su longitud del tronco o troza media superior o igual a 7,5 cm).

Asimismo se mide la madera muerta procedente del matorral siempre y cuando cumpla los criterios de dimensiones descritos.

En cada caso se identifica la especie y se miden las variables necesarias para su posterior cubicación. Además se consideran los cinco grados de descomposición (Figura 3) (GD) de la madera propuestos por Hunter (1990) y se añaden dos categorías nuevas (GD 6 y GD 9), la de madera recién cortada, que permite en función de los casos hacer una estimación de la madera que probablemente será extraída del monte, facilitando las comparaciones con posteriores inventarios de madera muerta, y la de madera (tocones, troncos, etc.) hueca en su interior, que evita sobrestimaciones de su volumen. Con estos datos se pueden, por ejemplo, realizar estudios de mortalidad de los sistemas forestales.

Los grados de descomposición de madera muerta considerados son los siguientes:

- GD 1: Corteza intacta, presencia de

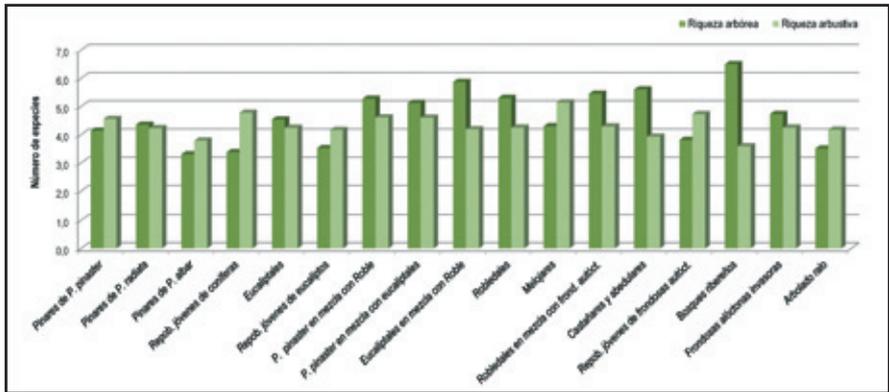


Figura 4.- Valor medio de la riqueza arbórea y arbustiva por parcela en las formaciones arboladas en Galicia

pequeñas ramillas (menores de 3 cm), textura de la madera intacta. En el caso de árboles muertos en pie, tronco arraigado con firmeza.

- GD 2: Corteza intacta, sin presencia de pequeñas ramillas. En el caso de árboles muertos en pie, tronco que puede moverse ligeramente.
- GD 3: Rastros de corteza, sin pequeñas ramillas, madera dura. En el caso de árboles muertos en pie, tronco que se puede desarraigar.
- GD 4: Sin corteza, sin ramillas, madera blanda con una textura que se desprende en trozos.
- GD 5: Sin corteza, sin ramillas, madera blanda con una textura pulverulenta.
- GD 6: Hueco en su interior debido a su estado de descomposición.
- GD 9: Madera verde, cuando acaban de realizarse las cortas o podas y la madera está cortada pero aún no ha comenzado a descomponerse.

Los pies mayores y menores caídos se registran siempre y cuando la parte del fuste con mayor diámetro esté dentro de esta subparcela de 15 m de radio. En este caso se mide siempre la totalidad del árbol. En el resto de los elementos (árboles mayores y menores en pie, ramas, tocones y acumulaciones) se miden en su totalidad cuando están dentro de la subparcela en más de un 50 %.

En el caso de tocones totalmente fuera del suelo, serán considerados leñas y como tales se realizará su medición.

Para cubicar la madera de los pies mayores muertos en pie o caídos se utilizan las ecuaciones de cubicación del IFN4, considerando la especie, diámetro normal, altura y forma de cubicación. Para cubicar la madera muerta de los pies mayores muertos en pie se

suman los valores obtenidos al utilizar las ecuaciones de cubicación del fuste y de las leñas del IFN-4 considerando la especie, el modelo y la forma de cubicación.

La madera muerta de los pies menores en pie o caídos se cubica suponiendo que el árbol tiene una forma cónica. Las ramas o trozas se cubican según la fórmula de Smalian. La cubicación de los tocones se realiza mediante la fórmula de Huber, anotando además si el árbol ha sido derribado por el hombre o por otras causas (tormentas, viento, etc.).

Así, para cada clase de madera muerta se calcula en cada parcela, para cada especie y para cada grado de descomposición tanto el número de elementos (pies mayores, tocones, etc.) como el volumen con corteza por hectárea y sus respectivas desviaciones típicas (con las excepciones anteriormente detalladas).

RESULTADOS OBTENIDOS APLICACIÓN: GALICIA

A partir de los datos recogidos en el IFN se describen a continuación algunos indicadores de especial relevancia para la estimación de la biodiversidad forestal relacionados con la estructura de la masa y su composición florística.

Riqueza arbórea y arbustiva de las formaciones forestales en Galicia

Un indicador de la riqueza específica que caracteriza los ecosistemas forestales gallegos es el número medio de especies por formación (Figura 4). Hay que tener en cuenta en el análisis que solo se consideran los táxones recogidos en las listas de especies

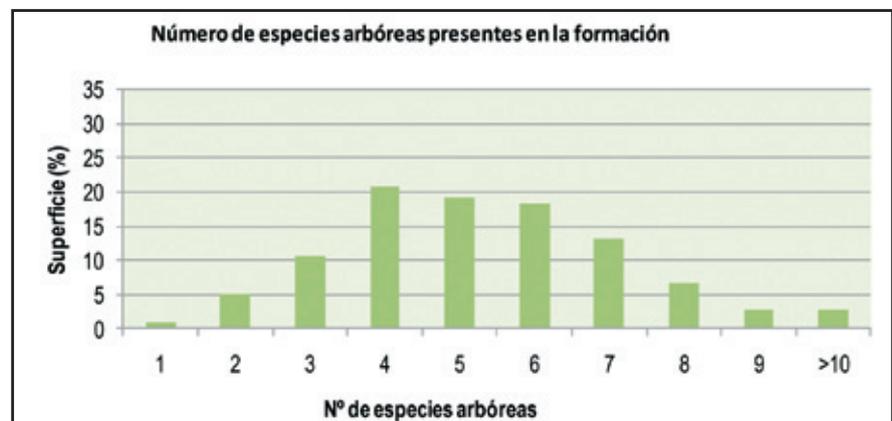
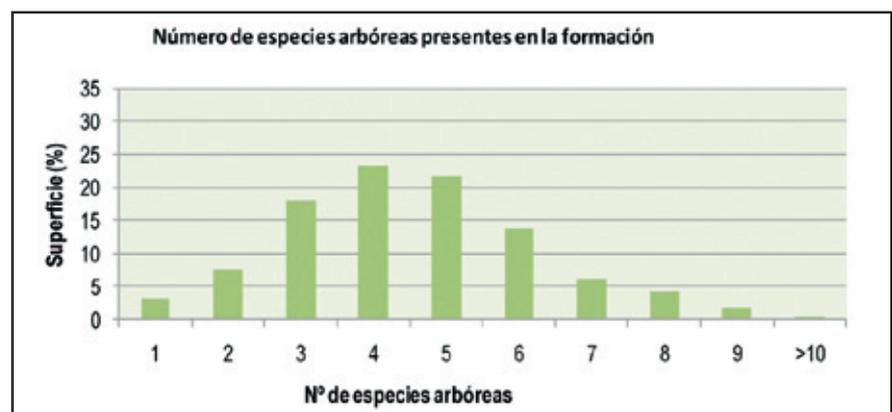


Figura 5. Porcentaje de superficie con un número determinado de especies arbóreas presentes en la formación de robledales de Quercus robur (arriba) y eucaliptares (abajo) en Galicia



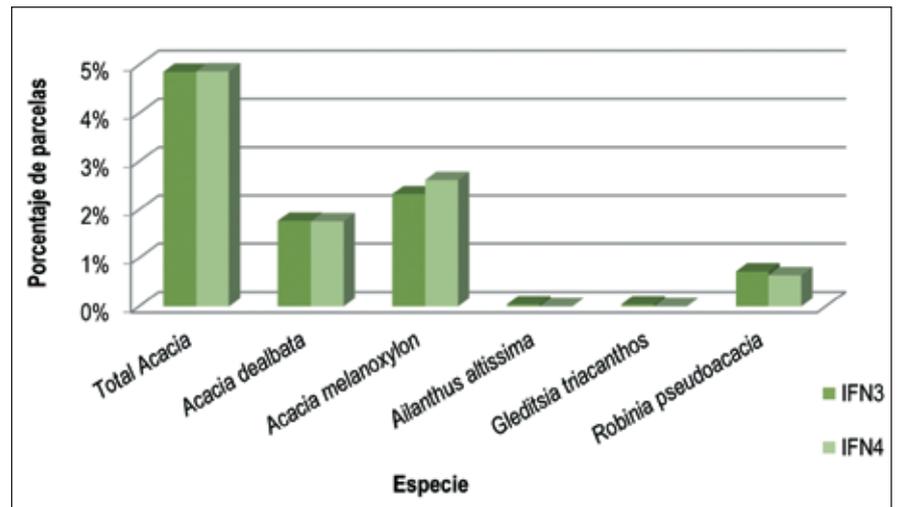
arbóreas y de matorral que han sido inventariados en las parcelas de 25 m y 10 m respectivamente.

Aunque la información de este indicador se puede completar con un análisis detallado para cada formación de la riqueza por superficie (Figura 5), las riberas arboladas son los ecosistemas que mayor número medio de especies arbóreas presentan en Galicia. Mientras que formaciones como pinares de pino marítimo y melojares son los que presentan mayor riqueza arbustiva.

Especies Invasoras

Los táxones de carácter invasor más frecuentes en Galicia pertenecen al género *Acacia*. En las Figuras 6 y 7, "Total Acacia" representa la presencia de *Acacia melanoxylon*, *A. dealbata* y otras especies del género no identificadas hasta el rango de especie. Destaca la presencia en aumento de *A. melanoxylon* en las provincias de mayor influencia atlántica, mientras que *A. dealbata* está presente aproximadamente en un 5 % de las parcelas de la provincia más continental, Orense. La presencia de esta flora invasora en las parcelas del inventario no parece

Figura 6.- Evolución de la presencia de especies de carácter invasor en las parcelas del inventario entre el IFN3 y IFN4 en Galicia



haber aumentado entre los ciclos del IFN3 e IFN4, apareciendo en menos de un 5 % del total de las parcelas de la comunidad. Aunque en Pontevedra estas aparecen en casi un 10 % de su superficie forestal y en La Coruña su presencia va en aumento.

Árboles añosos

Los pies añosos de Galicia son en su mayor parte de frondosas. La especie con un mayor número de pies

añosos por hectárea es el castaño (*Castanea sativa*), seguida del pino marítimo (*Pinus pinaster*) y el rebollo (*Quercus pyrenaica*). Mientras que los mayores diámetros pertenecen a castaños, con más de 2 m de diámetro en algunos casos, también destacan otras especies de frondosas como el roble carballo (*Quercus robur*), el melojo (*Quercus pyrenaica*) y a una especie de eucalipto (*Eucalyptus gomphocephalus*) (Figura 8 y Figura 9).

Figura 7.- Evolución de la presencia de especies de carácter invasor en las parcelas del inventario entre el IFN3 e IFN4 en cada provincia gallega

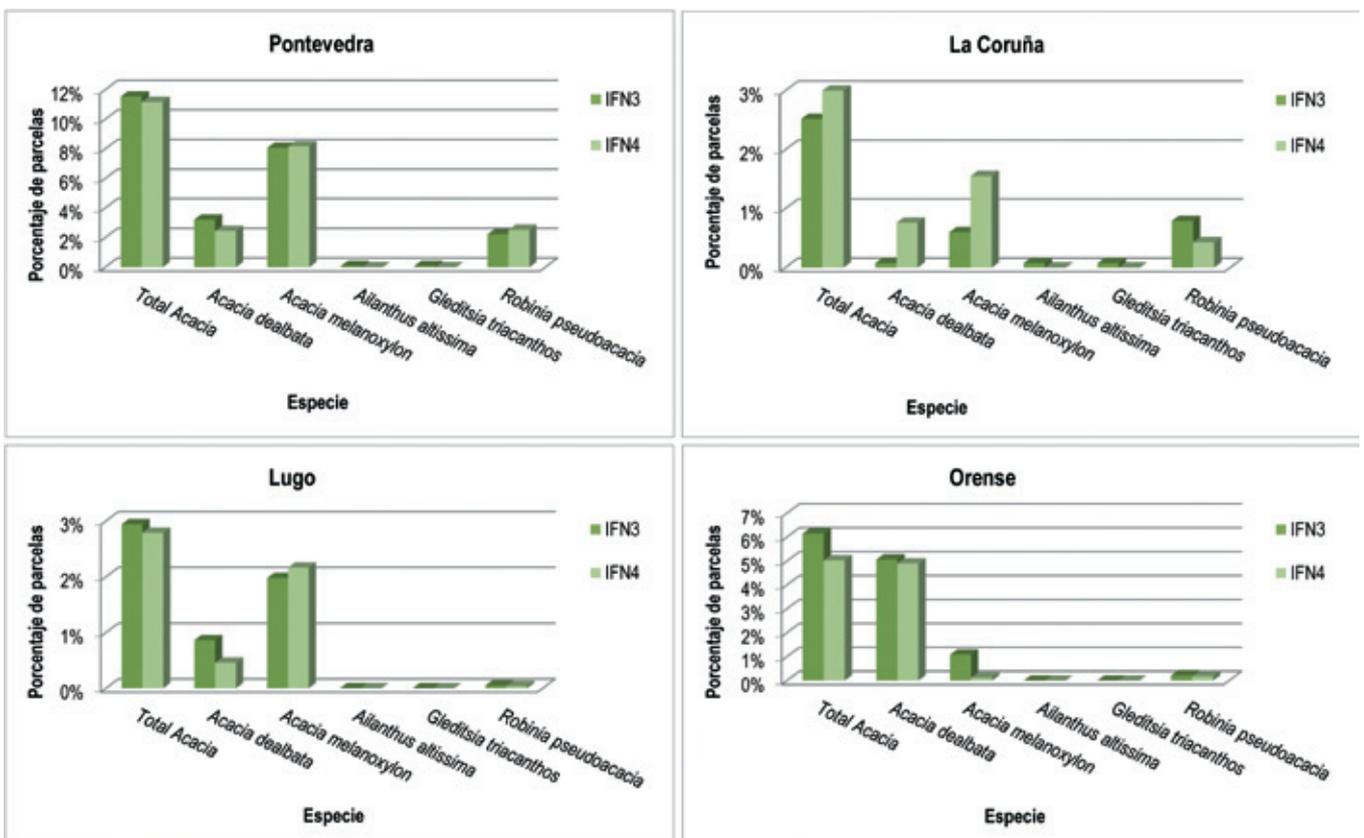
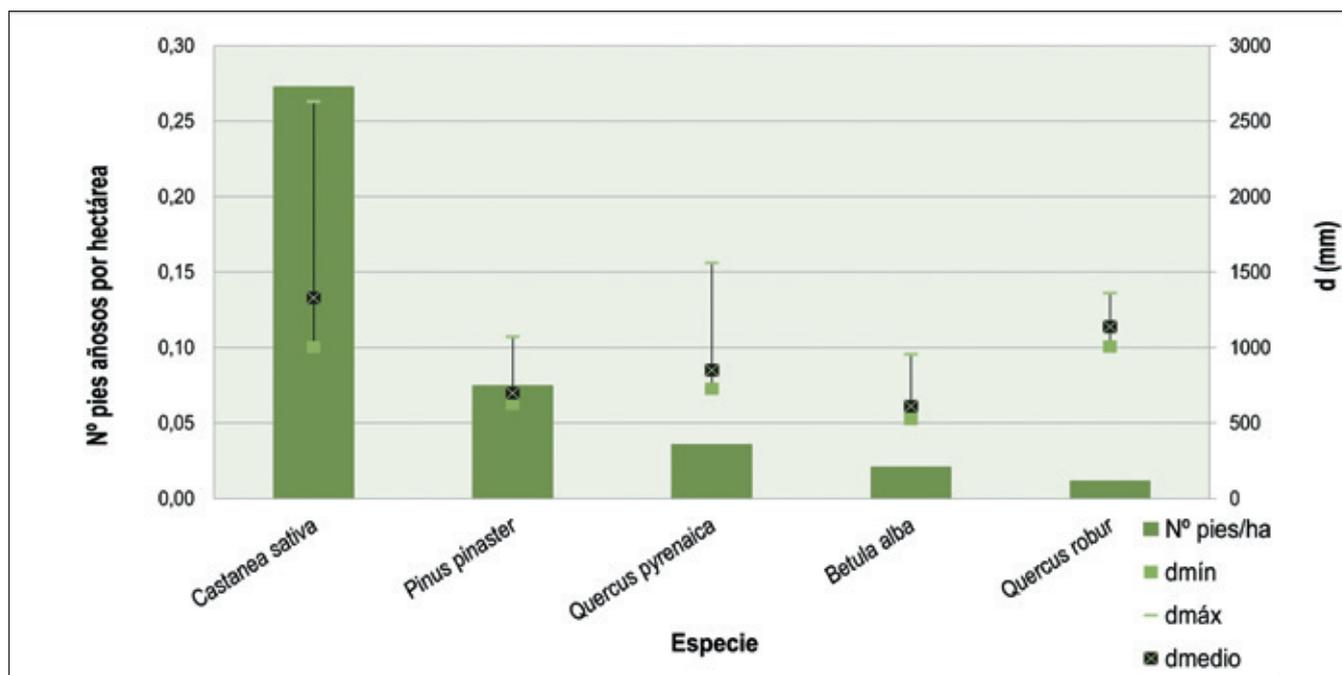


Figura 8.- Densidad y caracterización diamétrica de los árboles añosos en Galicia. Solo se presentan las especies con más de 0,01pies añosos/ha



Madera muerta

Se considera como volumen de madera muerta (V_{MM}) el volumen del fuste de pies mayores y menores muertos, las ramas, los tocones, los tocones de brotes de cepa y las acumulaciones (Figura 10). Para esta comunidad destacan los volúmenes de madera muerta registrados en los pinares de pino albar, castaños y abedulares. Mientras que las especies que presentan mayor volumen son el pino marítimo (*Pinus pinaster*) y el eucalipto blanco (*E. globulus*) (Tabla 5 y Figura 12).

El indicador expresado por el cociente entre el volumen de madera muerta (V_{MM}) y el volumen del fuste de los pies mayores vivos (V_{CC}) se considera relevante para el conocimiento de la dinámica de los sistemas forestales. Este indicador se detalla tanto a nivel provincial como de la Comunidad Autónoma para cada una de las principales formaciones forestales, siendo especialmente relevante en la Comunidad Autónoma en la formación constituida por los bosques ribereños. En la Figura 11 se presenta el valor de este cociente para las formaciones de pinares de pino marítimo y robledales de roble carballo.

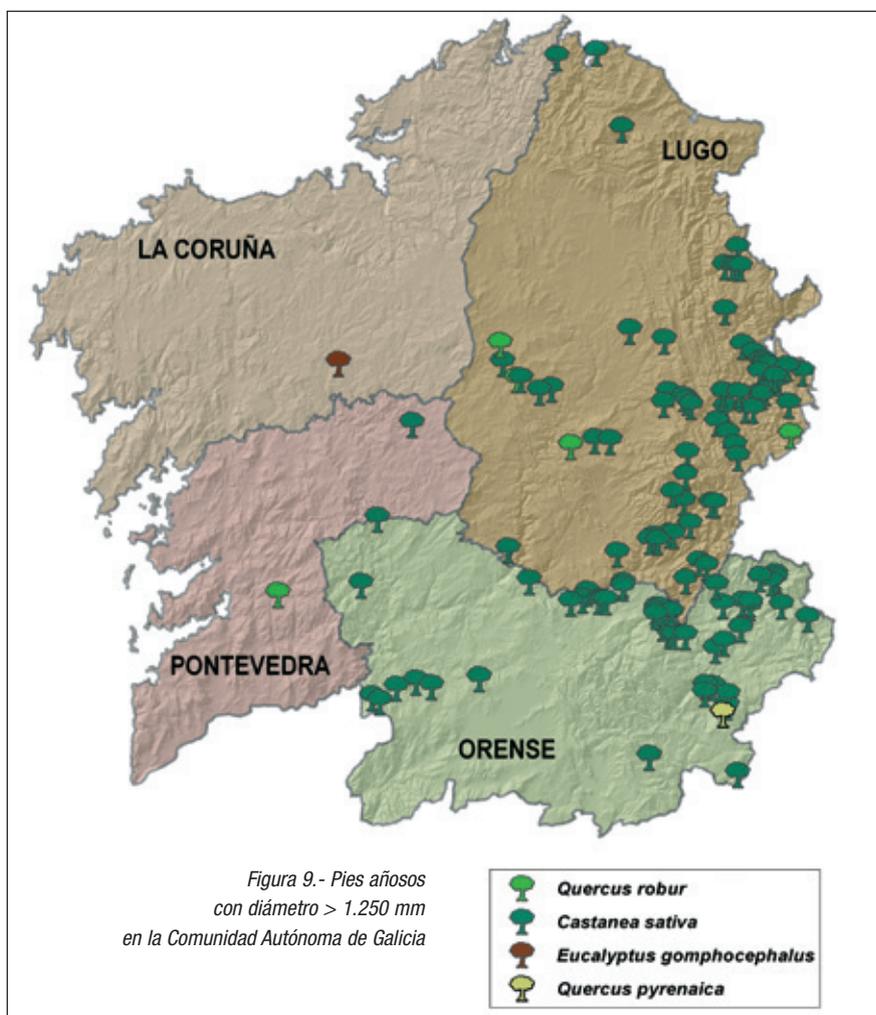


Figura 9.- Pies añosos con diámetro > 1.250 mm en la Comunidad Autónoma de Galicia

NUEVAS PERSPECTIVAS

Una de las mejoras introducidas en el IFN-4 es dar resultados por formaciones arboladas homogéneas por todo el territorio, basándose por ello

en la información existente en el Mapa forestal de España (MFE). Este cambio también afectará a la evaluación de la biodiversidad forestal al poder comparar parámetros de iguales formaciones

que se encuentran en situaciones ecológicas diferentes.

La toma de datos de biodiversidad forestal en parcelas permanentes con una periodicidad de diez años permitirá

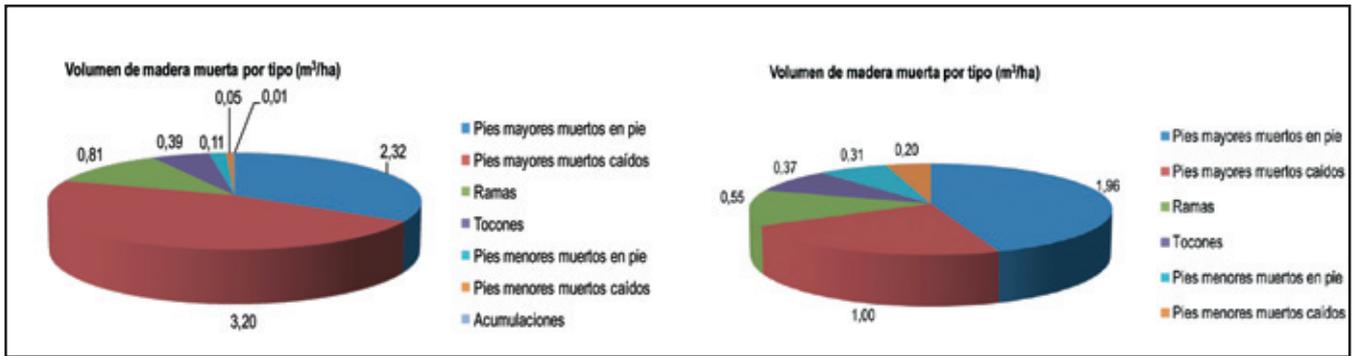


Figura 10.- Volumen de las diferentes fracciones en volumen de madera muerta para la formación de pinares de *Pinus radiata* (izquierda) y melojares de *Quercus pyrenaica* (derecha)

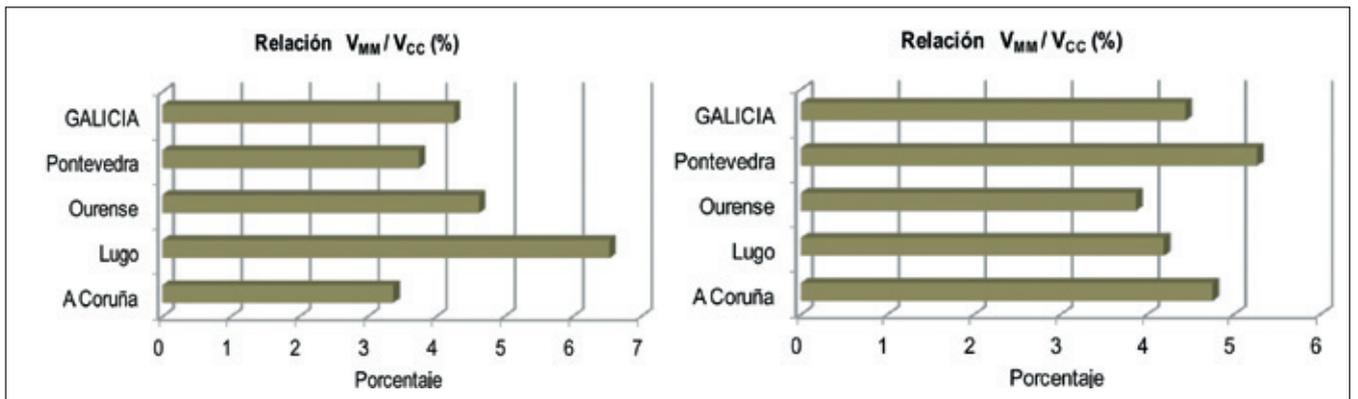


Figura 12.- Porcentaje del volumen de madera muerta por especie respecto del volumen total en Galicia

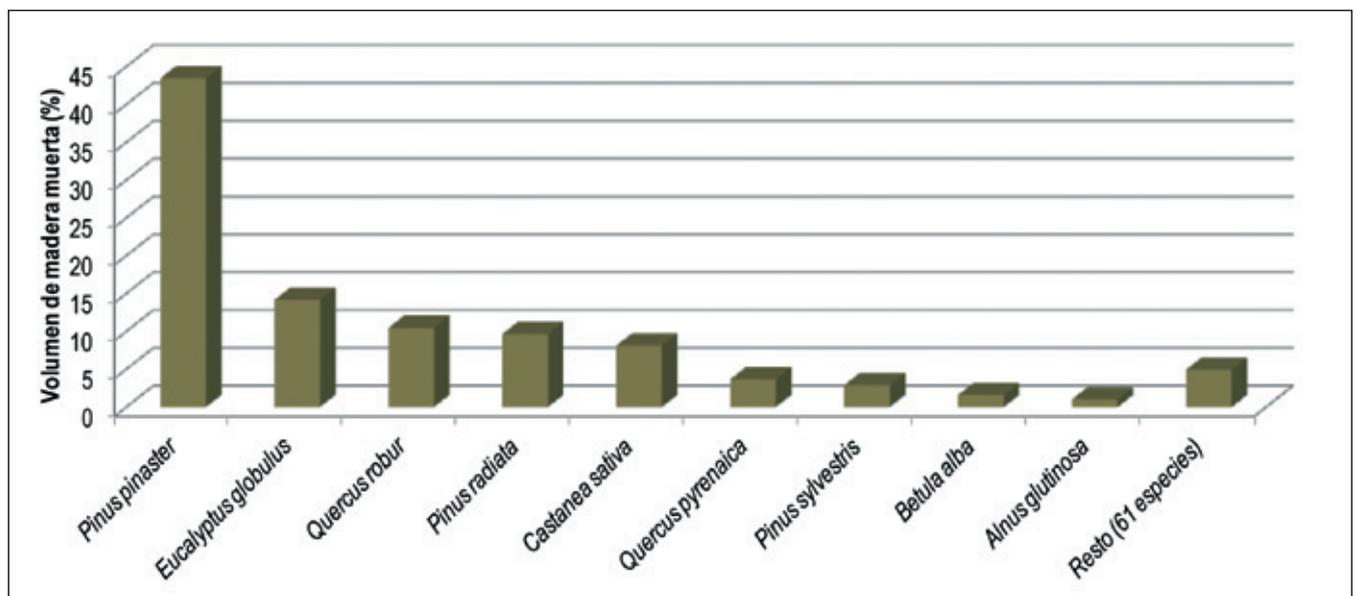


Tabla 5.- Volumen de madera muerta de cada una de las formaciones forestales consideradas para Galicia

avanzar en el conocimiento de la dinámica de la diversidad en los sistemas forestales. Además será posible analizar los efectos del cambio global como los cambios de uso de suelo, efectos de la gestión o la ausencia de gestión, así como la invasión de especies alóctonas y los cambios en las condiciones

ambientales sobre la biodiversidad.

Conjuntamente con estos indicadores de biodiversidad forestal se están analizando actualmente otras variables complementarias:

- El ramoneo, que permitirá conocer la presión que ejercen los fitófagos silvestres y domésticos sobre nues-

tras masas forestales, haciendo especial hincapié en el análisis de la regeneración de las mismas. Además, basándose en los resultados se intentará deducir la palatabilidad de las diferentes especies y los indicadores de selección de dieta.

Formación	Volumen (m3/ha)	Formación	Volumen (m3/ha)
Pinares de P. pinaster	7,39	Robledales	5,59
Pinares de P. radiata	6,90	Melojares	4,40
Pinares de P. albar	9,24	Robledales en mezcla con frondosas autóctonas	5,93
Replantaciones jóvenes de coníferas	3,90	Castañares y abedulares	9,20
Eucaliptares	5,45	Replantaciones jóvenes de frondosas autóctonas	3,77
Replantaciones jóvenes de eucaliptos	5,18	Bosques ribereños	7,26
P. pinaster en mezcla con roble	7,12	Frondosas autóctonas invasoras	7,15
P. pinaster en mezcla con eucaliptares	7,66	Arbolado ralo	6,81
Eucaliptares en mezcla con roble	7,99	GALICIA	6,34

- La altura de la base de la copa, variable con la que es posible deducir indicadores relacionados con la probabilidad de ocurrencia de incendios de copa especialmente en masas de coníferas de alta espesura.

Para el desarrollo de estos indicadores se está colaborando con la Unidad de Pastos de la ETSI de Montes de la Universidad Politécnica de Madrid y con la Unidad de Gestión Forestal Sostenible de la Universidad de Santiago de Compostela.

La gestión sostenible de los sistemas forestales exige un conocimiento profundo no solo de las existencias en superficie arbolada o de las existencias maderables. Para poder determinar si la gestión que se realiza es la adecuada para la conservación de las funciones productivas de estos ecosistemas, también se debe analizar el efecto que esta tiene sobre su biodiversidad asociada.

Los nuevos índices derivados de los estudios de biodiversidad en el IFN no solo permitirán dar respuesta a algunos de los requerimientos internacionales en materia medioambiental, sino que permitirán evaluar el estado y la evolución de la biodiversidad de los sistemas forestales para avanzar así en el conocimiento de los posibles efectos del cambio global al que están sometidos dichos ecosistemas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BIOCONDITION. [online] URL: <http://www.derm.qld.gov.au/wildlife-ecosystems/biodiversity/biocondition.html>
- Biosoil. 2004. Biosoil project proposal. A demonstration study of forest biodiversity assessment at Level I under council Regulation Forest Focus. Documento interno DG ENV, Comisión Europea.
- Butler J, Alexander K, Green T (2002) Decaying wood: An overview of its status and ecology in the United Kingdom and Continental Europe. USDA Forest Service General Technical Report. PSW-GTR-181. http://www.fs.fed.us/psw/publications/documents/psw_gtr181/004_Butler.pdf
- Chirici G, Winter S, McRoberts, RE (Eds), 2010. National Forest Inventories: Contributions to Forest Biodiversity Assessments. Managing Forest Ecosystems, Springer Netherlands (20).
- COST E43. 2004. [online] URL: <http://www.metla.fi/eu/cost/e43/>
- Ferris-Kaan, R.; Lonsdale, D.; Winter, T. 1993. The conservation management of deadwood in forests. Research Information Note 241. Research Division, Forestry Authority.
- Margalef, R. 1998. Ecología. Novena Edición. Ediciones Omega. Barcelona, España. 951 pp. Newton, A. C.; Kapos, V. 2002. Biodiversity indicators in national forest inventories. Unasylva, 53(210): 56-64.
- Roberts-Pichette P, Gillespie L (1999) Vegetation Monitoring Protocols Working Group of the Biodiversity Science Board of Canada for the Ecological Monitoring and Assessment Network. http://science.nature.nps.gov/im/monitor/protocols/veg_protocol.pdf
- Roman-Amat, B.; Hermeline, M.; Michon, J.M. 2001. An Approach to Indicators for Sustainable Forest Management at the Sub-national Level in European Forestry. En: RAISON et al. (eds.). 2001. Criteria and indicators for sustainable forest management. C. 20: 423-440. IUFRO Research Series, 7. Wallingford, UK, CABI Publishing.
- Sanz Elorza, M.; Dana Sánchez, E. D.; Sobrino Vesperinas, E. 2004. Atlas de las plantas autóctonas invasoras en España. Ministerio de Medio Ambiente. Madrid. 378pp.
- Schuck, A.; Meyer, P.; Menke, N.; Lier, M.; Linder, M. 2004. Forest biodiversity indicator: Dead wood - A proposed approach towards operationalising the MCPFE indicator. En: MARCHETTI (Ed.). 2004. Monitoring and Indicators of forest biodiversity in Europe - From ideas to operability. EFI proceedings, 51: 49-77.
- Stockland JN, Eriksen R, Tomter SM, Korhonen K, Tomppo E, Rajaniemi S, Söderström U, Toet H, Riis-Nielsen T (2003). Forest biodiversity indicators in the Nordic countries. Status based on National Forest Inventories. Nordic Council of Ministers. TemaNord, 108pp.
- Travaglini, D.; Chirici, G. 2006. Forest Biota. Forest Biodiversity Test-phase Assessments. Dead wood assessment. Work report. Accademia Italiana di Scienze Forestali. [online] URL: <http://www.icp-forests.org/forestbiota/docs/MinutesAthens.doc>
- UNEP. 1997. Recommendations for a core set of indicators of biological biodiversity. Convention on Biological Diversity. UNEP/CBD/SBSTTA/3. Montreal.
- UNEP (United Nations Environmental Programme). 2002. COP 6 Decision VI/23. Alien species that threaten ecosystems, habitats or species. The Hague, 7-19 April 2002. Available at: <http://www.cbd.int/decisions/?id=7197> (last accessed September 2008 UNEP, 2003. Proposed biodiversity indicators relevant to the 2010 target. UNEP/CBD/SBSTTA/9).
- USEWOOD. 2010. [online] URL: http://www.cost.esf.org/domains_actions/fps/Actions/FP1001
- Vessey, K.; Söderström, B.; Glimskar, A.; Svensson, B. 2001. Species-Richness correlations of six different taxa in Swedish seminatural Grasslands. Conservation Biology, 16(2): 430-439.
- WRI, WCU, UNEP. 1992. Global Biodiversity Strategy. Guidelines for action to save, study and use earth's biotic wealth sustainably and equitably. Library of Congress Catalog Card. 234pp. F