



2022
Lleida

27·1
junio · juny
julio · juliol

Cataluña
Catalunya

8º CONGRESO FORESTAL ESPAÑOL

La **Ciencia forestal** y su contribución a
los **Objetivos de Desarrollo Sostenible**

8CFE

Edita: Sociedad Española de Ciencias Forestales
Cataluña | Catalunya · 27 junio | juny - 1 julio | juliol 2022
ISBN 978-84-941695-6-4
© Sociedad Española de Ciencias Forestales

Organiza



Evolución de la Naturalidad y de la Biodiversidad Potencial en las Reservas Forestales de Girona

PALLARÉS, M.¹, BELTRÁN, M.¹, NAVARRO, S.¹, PIQUÉ, M.¹, GOMIS, J.M.², y SANITJAS, A.²

¹ Centre de Ciència i Tecnologia Forestal de Catalunya (CTFC).

² Diputació de Girona.

Resumen

La red de Reservas Forestales de la Diputación de Girona fue creada en 2005 con el objetivo de establecer rodales de referencia de bosque maduro. Los 85 rodales elegidos suponen unas 780 ha, que se mantienen a evolución natural, sin intervención. En ellos se ha instalado un sistema de seguimiento permanente, cuyo inventario forestal se centra en la naturalidad y en la biodiversidad potencial a partir de indicadores indirectos. Estos indicadores son de especial interés, puesto que permiten evaluar la biodiversidad y las condiciones naturales del bosque sin tener que hacer muestreos específicos. Los primeros resultados del seguimiento muestran ligeras mejoras en la naturalidad y biodiversidad en la mayoría de los rodales e independientemente de la formación forestal. Las mayores variaciones en los indicadores se dan en los elementos que tienen relación con las características intrínsecas de los rodales, especialmente madera muerta y microhábitats. Con todo, los datos obtenidos facilitan la toma de decisiones en el modelo segregado de las reservas, y, además, sirven como referencia para integrar la biodiversidad en la gestión de bosques de características similares.

Palabras clave

Ecología forestal, biodiversidad, reservas forestales, bosques maduros, inventario, seguimiento.

1. Introducción

Los bosques maduros son aquellos cuya dinámica está libre de intervención humana y se componen por rodales en todas las fases de desarrollo o madurez (EUROPARC-ESPAÑA, 2020). La existencia de bosques maduros es muy escasa a nivel mundial, europeo, y en la cuenca mediterránea en particular. Según la FAO (2013), en el área mediterránea tan solo el 2% de la vegetación original puede considerarse inalterada y ésta se sitúa en Turquía y Bulgaria.

Ante la inexistencia de este tipo de bosques en España, parece más apropiado utilizar otros términos que reflejen de manera más precisa la realidad de los bosques ibéricos. Dado que el concepto de “bosque viejo”, que sería aquel que lo ha sido de forma ininterrumpida durante siglos (EUROPARC-ESPAÑA, 2020), no está necesariamente relacionado con la madurez, y visto que la mayoría de las estructuras o elementos maduros se encuentran en unidades espaciales relativamente pequeñas, se estima más oportuno hablar de la madurez a escala de rodal.

De esta manera, siguiendo las definiciones de EUROPARC-ESPAÑA (2020), un “rodal maduro” sería el que posee características de madurez como consecuencia de una continuidad temporal y dinámicas de pequeñas perturbaciones, un “rodal viejo” sería una zona del bosque en una fase avanzada de madurez, que ha alcanzado la fase de senescencia, con lo que además de características de madurez tiene presencia de árboles muy viejos y de árboles ya muertos, y un “rodal de referencia” sería aquel cuyas características de madurez son de las más avanzadas de las disponibles en el territorio.

Es en este contexto en el que cabe ubicar la red de Reservas Forestales de Girona. Esta red fue creada en 2005 por la Diputación de Girona con el objetivo de identificar un conjunto de “rodales de

referencia” para su estudio y conservación, dejándolos a evolución natural. Desde entonces, la red se ha ido aumentando y actualmente está formada por 63 fincas que contienen 85 rodales y abarca una superficie de unas 780 ha, repartidas entre bosques públicos (52%) y privados (48%).

Los rodales seleccionados, que se encuentran mayoritariamente en lugares de difícil acceso del Pirineo y Prepirineo catalán, forman parte de los más maduros existentes en la provincia de Girona para cada formación forestal, por lo que su grado de madurez es variable y depende del grado de madurez del conjunto de las masas existentes en el territorio.

Tal y como apunta PARVIAINEN *et al.* (2000), en las reservas forestales estrictas (teniendo en cuenta que hay distintas interpretaciones del término “estricto”) se pueden observar y esclarecer los procesos que tienen lugar en los bosques naturales para imitarlos con la silvicultura naturalística. Sin embargo, la contribución de estas áreas en cuanto a conservación de la biodiversidad no se puede evaluar sin considerar su calidad o valor de conservación (SCHULTZE *et al.*, 2014).

Teniendo esto en cuenta, con la delimitación de los primeros rodales se inició también un proceso de inventario para evaluar su estado, que ha sido llevado a cabo por del Centro de Ciencia y Tecnología Forestal de Catalunya. Hasta la fecha, se han inventariado 37 rodales (15 en 2010, 12 en 2019, 4 en 2020 y 6 en 2021) y se ha hecho un segundo inventario en 15 de ellos (12 en 2019 y 3 en 2021), con lo que el número total de inventarios realizados asciende a 52.

En los 15 rodales en los que se han hecho dos inventarios sucesivos en el tiempo, se ha realizado un análisis de la evolución de la naturalidad y de la biodiversidad potencial en base a los datos obtenidos. Si bien es cierto que 9/11 años son una unidad temporal pequeña con relación a las dinámicas del bosque, es un primer paso en el largo camino de monitoreo de estas áreas.

Dada la complejidad de dinámicas y procesos presentes en los ecosistemas forestales, existen distintos indicadores que permiten estimar la calidad de los hábitats de un bosque de manera simplificada. En líneas generales, estos se dividen en indicadores estructurales, como por ejemplo la estratificación vertical o la madera muerta, y especies indicadoras (CHRISTENSEN *et al.*, 2005). Los indicadores usados en este estudio son estructurales.

Según WINTER (2012), la naturalidad se puede definir como el “grado de similitud del estado actual de un ecosistema con su estado natural”, es uno de los principales prerequisites para mantener la biodiversidad forestal y debería ser un foco principal para la gestión forestal y la conservación en todas las escalas. Después de analizar diferentes estudios, WINTER (2012) considera que los principales atributos de la naturalidad son, por orden decreciente, la diversidad de especies arbóreas, la estructura forestal, la fauna, el sotobosque y la madera muerta. El grado de naturalidad ha sido evaluado teniendo esto en cuenta.

Por otro lado, LARRIEU y GONIN (2008) desarrollaron una herramienta de diagnóstico indirecto que permite evaluar la capacidad de acogida de biodiversidad de un rodal forestal a partir de distintos factores estructurales de fácil medida en campo: el Índice de Biodiversidad Potencial (IBP). En Catalunya, el Centro de la Propiedad Forestal (CPF), junto con los colegas franceses del Centre National de la Propriété Forestière (CNPF), ha liderado la adaptación de este índice al contexto regional a través del proyecto LIFE Biorgest, que cuenta con la colaboración de diversos actores del sector forestal y de la conservación de la biodiversidad. Actualmente, se está trabajando para la adaptación de este índice a la cuenca mediterránea (GONIN *et al.*, 2017) de una manera armonizada.

El análisis de estos índices abarca los aspectos fundamentales propuestos por SCHULTZE *et al.* (2014) para evaluar las reservas forestales protegidas estrictas (espacio, tiempo y función) y es la base sobre la que se ha estudiado la evolución de las Reservas Forestales de Girona.

2. Objetivos

El objetivo de esta comunicación es presentar las Reservas Forestales de Girona y mostrar los resultados obtenidos en cuanto a evolución de la naturalidad y a capacidad de acogida de la biodiversidad en los 15 rodales de la red que han sido remuestreados en un plazo de 9 a 11 años.

3. Metodología

Reservas Forestales analizadas

La red de Reservas Forestales de Girona consta actualmente de 85 rodales y abarca una superficie de unas 780 ha. Hasta el momento, se han inventariado 37 rodales, lo que supone un total de unas 370 ha, y se ha hecho un segundo inventario en 15 de ellos (183 ha), 12 en 2019 y 3 en 2021.

Los 15 rodales de los que se dispone información en dos períodos de tiempo (2010 y 2019/21) se distribuyen en 4 comarcas de la provincia de Girona, 3 de las cuales se encuentran en el Pirineo catalán (Figura 1).

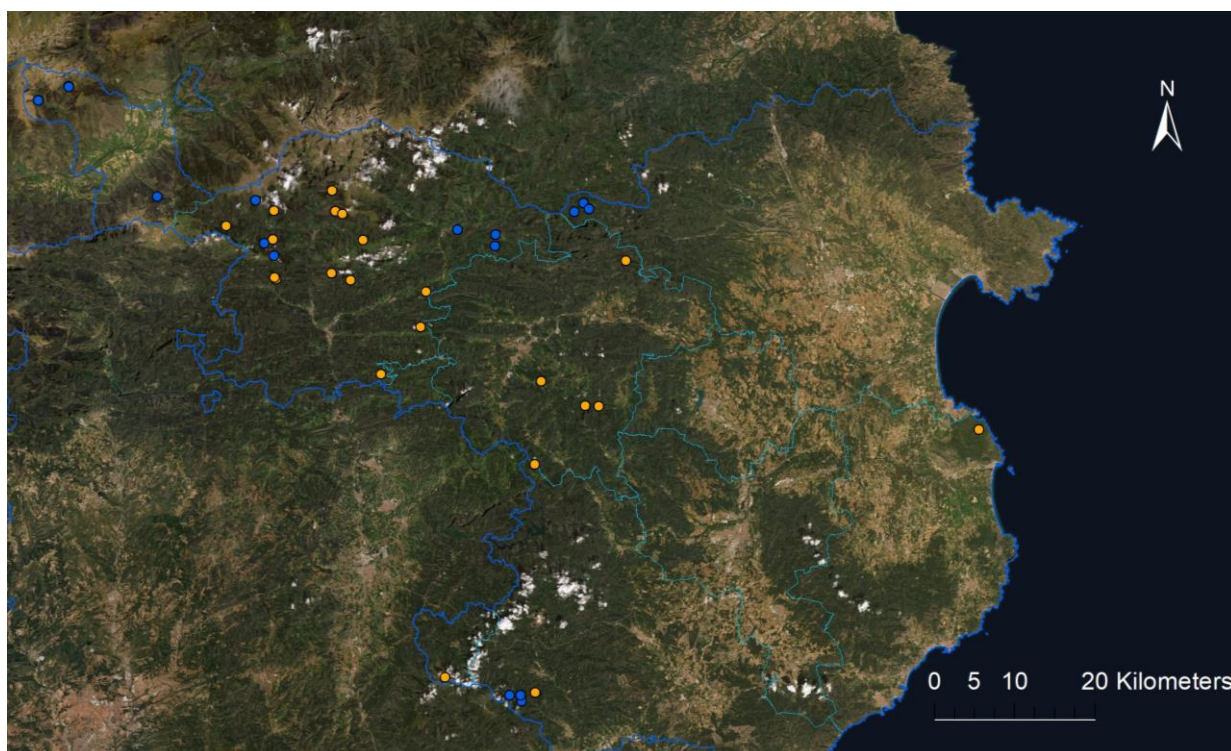


Figura 1. Localización de las Reservas Forestales inventariadas en la provincia de Girona, según si se ha hecho un inventario (naranja) o dos (azul).

Inventarios

Para que los resultados de los inventarios realizados en 2019/2021 fueran comparables a los de 2010 y pudieran incorporar a la vez los nuevos avances y conocimientos, la metodología del

primer inventario fue revisada y adaptada en 2019 en base a las indicaciones de los manuales de campo desarrollados en el marco del proyecto Life Redbosques (LIFE REDBOSQUES, 2018).

Inventario dasométrico

Las parcelas de inventario se han establecido de manera permanente para posibilitar la comparación de los datos obtenidos en los diferentes años.

El tamaño de las parcelas varía en función de la tipología de bosque y de la densidad de la masa, de manera que el tamaño debe permitir incluir al menos 40 - 50 árboles vivos inventariables ($CD \geq 10$). La forma de las parcelas es circular, y el radio es de 15, 20 o 25 metros, con corrección de pendiente.

En cada parcela se evalúan los parámetros dasométricos (descriptivos o cuantitativos) que se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Parámetros analizados en el inventario dasométrico, según si son descriptivos o cuantitativos. Los asteriscos (*) indican las variables medidas en los pies inventariables ($CD \geq 10$).

Parámetros	
Descriptivos	Cuantitativos
Tipología forestal arbolada, según PIQUÉ <i>et al.</i> (2014)	Fracción de cabida cubierta, en intervalos del 10%. Se estima la relativa a la masa y a las especies arbóreas presentes en el estrato dominante
Especies arbóreas presentes en el subvuelo	Número de estratos verticales ($0 \leq H < \frac{1}{4} H_0$; $\frac{1}{4} \leq H < \frac{1}{2} H_0$; $\frac{1}{2} \leq H < \frac{3}{4} H_0$; $\frac{3}{4} \leq H_0$; Hemergente $> H_0$)
Especies arbóreas que aparecen en el regenerado	Diámetro normal*
Índice de espesura de la masa (incompleta vacía, incompleta clara, completa o trabada)	Altura total*
Tipo de masa mixta (pie a pie, por golpes, por bosquetes o por rodales)	Altura de la primera rama viva*
Estratificación de la masa (monoestratificada, biestratificada o pluriestratificada)	Microhábitats*, según el catálogo de KRAUS <i>et al.</i> (2016)
Especie y vitalidad* (vivo o muerto)	Número de pies de regenerado ($D_n < 7,5$ cm) de cada especie arbórea
Tipo de pie* (árbol o estaca)	Estratificación y recubrimiento del estrato arbustivo
Aspecto visual del pie*, según los 9 códigos descriptivos de la Figura 2	Recubrimiento y altura del estrato herbáceo

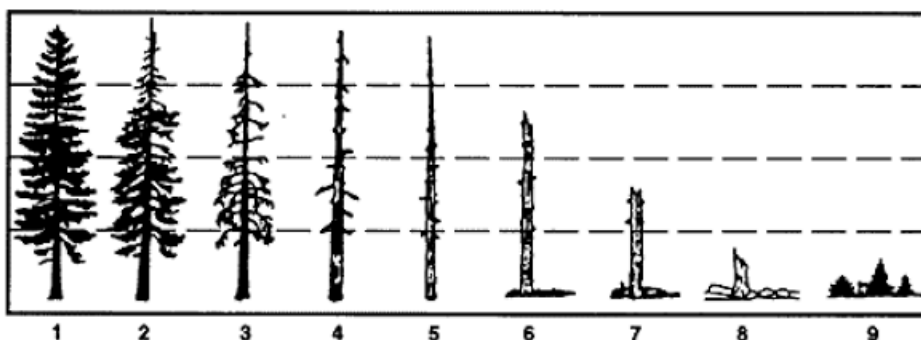


Figura 2. Códigos de aspecto visual para un pie determinado.

Inventario del sotobosque

La caracterización del sotobosque se realiza en una subparcela concéntrica de 150 m², en la que se analiza lo siguiente:

- Recubrimiento y altura del regenerado, por especies.
- Recubrimiento y altura del estrato arbustivo, por especies.
- Recubrimiento y altura del estrato herbáceo, sin distinguir por especies.

Inventario de madera muerta en el suelo

En los inventarios realizados en 2010, el muestreo de la madera muerta en suelo se hizo dentro de la parcela de inventario. Sin embargo, en 2019 se adoptó el protocolo de Redbosques (LIFE REDBOSQUES, 2018) para avanzar en la estandarización de los métodos de evaluación de bosques maduros. Después de analizar el efecto de este cambio, se estimó que los resultados serían comparables en magnitud.

Así, en los inventarios hechos a partir 2019 se han realizado 3 transectos de 25 m con corrección de pendiente para analizar la cantidad de madera muerta en el suelo. Estos transectos se separan 120° entre ellos, de manera que el primero está a 30°, el segundo a 150° y el tercero a 270°. Si en 2 de estos transectos no se encuentra madera muerta, se realizan otros transectos, esta vez a 90°, 210° y 330°.

En cada transecto se contabiliza la madera muerta de $\varnothing > 17,5$ cm en el punto de intersección, de la que se recopila la siguiente información:

- Diámetro en la intersección.
- Inclinación, en grados, del tronco respecto a su horizontal.
- Estado de descomposición, según las clases que se muestran en la Figura 3.

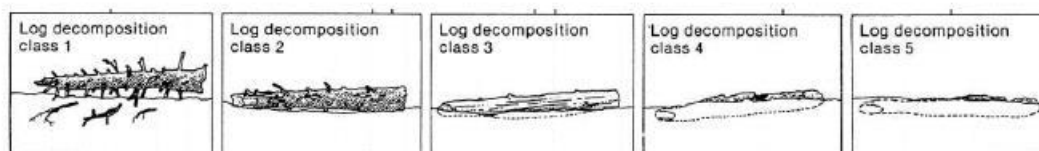


Figura 3. Clases de clasificación de la madera muerta según su estado de descomposición.

Naturalidad

La evaluación de la naturalidad de los rodales se ha hecho siguiendo el “Manual de campo para la identificación de rodales maduros de referencia” de Europarc (EUROPARC-ESPAÑA, 2019). En él se definen los indicadores de naturalidad, la forma concreta de obtenerlos en campo, la manera de ponderarlos para tener un valor del grado de madurez y un umbral mínimo para considerar que un indicador muestra indicios de naturalidad (

Tabla 2).

Tabla 2. Relación de los criterios e indicadores de naturalidad y umbral mínimo.

Criterio	Indicadores	Unidad de muestreo	Umbral
Composición específica	Especies arbóreas autóctonas	Número	2
Complejidad estructural	Diversidad estructural	Forma de la masa	Irregular
	Estratos verticales	Número	3
Senectud	Árboles excepcionales	Diámetro máximo	3 veces la altura dominante
	Madera muerta en pie	Pies/ha	2
	Madera muerta en suelo	Pies/ha	2
Microhábitats	Dendromicrohábitats en pies vivos	Número de tipos	3
Dinámica	Aperturas en el dosel	Número de agujeros por caída de árboles	1
	Regenerado avanzado	Ocupación en %	5

Para analizar los indicadores, es preciso hacer una descripción clara de cada uno de ellos, así como de sus unidades:

- **Especies arbóreas autóctonas.** Es la riqueza o número de especies arbóreas autóctonas presentes en el rodal. Incluye tanto las especies del dosel principal como las del subpiso y el regenerado.
- **Diversidad estructural.** Indica si la masa se considera regular, semirregular, irregular o adhesionada.
- **Estratos verticales.** Teniendo en cuenta la altura dominante (H_0), se establecen 3 estratos: inferior ($H < 1/3 H_0$; árboles dominados y regenerado de CD5); intermedio ($1/3 H_0 < H < 2/3 H_0$; árboles entre los dos estratos); superior ($H > 2/3 H_0$; árboles dominantes y codominantes).
- **Árboles excepcionales.** Se consideran árboles excepcionales aquellos cuyo diámetro es equivalente a tres veces la altura dominante.
- **Madera muerta en pie.** Se considera madera en pie la de los pies con diámetro normal superior a 17,5 cm.
- **Madera muerta en suelo.** Se considera madera en suelo los pies caídos, o parte de estos y sus ramas, siempre que su diámetro en la mitad de su longitud sea superior a 17,5 cm y su longitud mínima de 1 m.
- **Dendromicrohábitats en pies vivos.** Número de tipos de microhábitats, según el catálogo de KRAUS *et al.* (2016), presentes en pies vivos de árboles con diámetro superior a 17,5 cm. Para que un microhábitat se contabilice debe de aparecer en más de 2 pies/ha.

- Aperturas en el dosel. Se registran aquellas aperturas del dosel superior cuyo origen sean perturbaciones a pequeña escala.
- Regenerado avanzado. Se consideran todas las especies arbóreas con diámetro normal entre 2,5 y 7,5 cm.

Una vez valorado cada indicador, la comparación de los datos obtenidos con los umbrales mínimos permite validar el grado de naturalidad del rodal, tal y como se muestra en la siguiente tabla (Tabla 3). Para considerar que un indicador supera el umbral debe igualarlo o superarlo.

Tabla 3. Grados de naturalidad y relación con el número de indicadores que superan el umbral correspondiente.

Grado de naturalidad	Número de indicadores superados
Rodal con pocos indicios de naturalidad	De 1 a 3
Rodal con algunos indicios de naturalidad	De 4 a 6
Rodal con muchos indicios de naturalidad	De 7 a 9

Índice de Biodiversidad Potencial de Catalunya (IBP_Cat)

El IBP_Cat se ha aplicado a escala de rodal siguiendo la metodología de BAIGES *et al.* (2019). Este procedimiento consiste en evaluar en qué estado se encuentra cada uno de los 10 factores que componen el índice:

- 7 modificables con la gestión: (A) especies autóctonas, (B) estructura vertical de la vegetación, (C) madera muerta grande en pie, (D) madera muerta en el suelo, (E) árboles grandes vivos, (F) árboles vivos portadores de microhábitats y (G) espacios abiertos
- 3 relacionados con el contexto: (H) continuidad temporal del monte, (I) medios acuáticos y (J) medios rocosos.

Para calcularlo, se definen 3 o 4 estados según el factor y a cada uno se le otorga un valor numérico (0, 1, 2 o 5 puntos, siendo 5 el mejor estado), de manera que la puntuación máxima para los factores de gestión es 35, para los de contexto 15 y la total es de 50 (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**). Los resultados finales y segregados se presentan en forma de valor absoluto y en porcentaje, y suelen ir acompañados de una representación gráfica para visibilizar el estado de cada factor y facilitar, así, las decisiones de gestión.

La definición y valoración de cada factor se hace de la manera que se describe a continuación. Para calcular la puntuación final de cada uno se sigue la metodología desarrollada por el CPF (2019) en el marco del proyecto Life Biorgest.

- Especies arbóreas autóctonas. Presencia de diferentes géneros observados, tanto vivos como muertos, de más de > 50 cm de altura.
- Estructura vertical de la vegetación. Ocupación de cada uno de los 5 estratos (herbáceo; < 1,5 m; 1,5 – 5 m; 5 – 15 m; > 15 m). Para que un estrato se contabilice debe tener un recubrimiento mínimo del 20%.
- Madera muerta en pie y en suelo. Número de individuos observados, de > 1 m de longitud, de madera muerta en pie o en suelo. Se tienen en cuenta dos medidas ($17,5 < \varnothing < 27,5$ cm; $\varnothing \geq 27,5$ cm).
- Árboles grandes. Número de individuos de árboles vivos grandes ($\varnothing > 37,5$ cm) y muy grandes ($\varnothing > 57,5$ cm).
- Dendromicrohábitats. Árboles con algún tipo de dendromicrohábitat según el catálogo de KRAUS *et al.* (2016). Cada tipo de microhábitat se considera como máximo por cada 2 árboles/ha. Una vez alcanzado este límite, se deja de contabilizar.

- Espacios abiertos. Superficie de claros o zonas poco densas con presencia de vegetación florícola.
- Continuidad temporal del bosque. Se evalúa la continuidad del suelo forestal (reciente (> 1945); reciente limitante con bosques antiguos; antiguo pero replantado o solo parcialmente conservado; antiguo (< 1945)).
- Ambientes acuáticos y rocosos. Se anota la presencia de un máximo de 2 tipos de ambientes. Para considerarlos, deben de ocupar una superficie mínima de 20 m².

4. Resultados

La mayoría de los rodales estudiados están dominadas por robles o pinos, siendo las formaciones principales las masas mixtas de roble con otros planifolios y las masas puras de pino negro (Tabla 4). Con menor representación, los rodales estudiados están dominados por abeto, haya y encina. Las características silvomasométricas de cada rodal, obtenidas a partir de los datos de inventario, se muestran en la Tabla 4. En todos los rodales se realizó un primer inventario en 2010. El segundo inventario se realizó en 2019, excepto en Morató I, Bosc de Campelles I y El Mulladar, donde se realizó en 2021.

En la Figura 4 se muestra la evolución, entre el primer y el segundo inventario, de la densidad y el volumen de los rodales analizados, y en la Figura 5 los resultados con relación al diámetro medio y al área basimétrica, por tipología forestal.

Tabla 4. Datos descriptivos de las Reservas Forestales objeto de estudio y caracterización silvodasmétrica a partir de los datos de inventario de 2010 y 2019. Las Tipologías forestales arboladas siguen la nomenclatura de PIQUÉ et al. (2014), indicando la especie dominante (y la secundaria en caso de masa mixta) y la calidad de estación (para la especie o especies indicadas) en una escala de tres categorías A, B y C.

Reserva Forestal	Sup. (ha)	Formación Forestal Arbolada	Tipología Forestal Arbolada	N		AB		Dg		Hm		Do		Ho		V	
				peus/ha		m ² /ha		cm		m		cm		m		m ³ /ha	
				2010	2019	2010	2019	2010	2019	2010	2019	2010	2019	2010	2019	2010	2019
El Domer	35,47	Bosques mixtos de roble pubescente y otros planifolios	Qh_PI-A	633	796	28	32,8	20,4	23,7	12,8	13,6	41,9	44,9	19,6	19,7	181,1	213,6
El Sobirà	27,71	Bosques mixtos de roble pubescente y otros planifolios	Qh_PI-A	370	600	24,3	33,5	22,7	27,6	-	9,5	46,4	52,8	-	16,2	160,5	185,0
Morató I	16,29	Bosques mixtos de roble pubescente y otros planifolios	Qh_PI-B	382	749	15,2	32,3	19,5	23,8	-	12,2	34,1	43,7	-	17,5	90,2	193,9
Bosc de Ger	14,6	Bosques de pino negro	Pu-C	1.106	1.127	71,9	69,1	26,3	28,8	-	9,7	52,4	50,8	-	12,0	399,2	331,2
Bosc de Meranges	21,25	Bosques de pino negro	Pu-C	1.150	1.127	60,0	62,2	24,3	27,9	-	13,8	39,0	39,8	-	16,7	314,1	404,0
Muntanya d'Alp	9,8	Abetales	Aa-B	885	708	76,7	64,5	28,6	36,7	19,9	24,3	64,0	54,9	28,3	30,1	849,4	760,8
Coll de Té	5,04	Hayedos	Fs-B	358	366	37,4	39,9	35,4	34,9	-	25,7	45,8	47,0	-	27,2	326,4	360,0
El Beier	4,8	Encinar de montaña	QiiMUN-C	1.571	1.503	52,2	54,6	19,2	18,7	10,9	10,7	38,0	38,9	13,8	13,2	213,1	214,0
Feixa Llarga	8,03	Bosques mixtos de roble pubescente y encina	Qh_Qii-BC	1.615	1.746	41,2	47,2	16,5	14,9	-	10,5	31,3	34,0	-	18,3	203,6	283,0
Avetar de	7,3	Bosques de pino	PsPIR-C	472	482	23,9	24,6	21,7	25,7	-	11,9	43,8	44,1	-	18,2	148,7	176,7

Planoles		albar del ámbito pirenaico y central															
Emprius de Dorria	10,38	Bosques de pino negro	Pu-B	679	693	53,3	57,2	28,9	31,8	12,7	13,3	51,5	50,3	15,5	16,2	324,1	359,8
La Rovira de Can Pascal	9,01	Robledales de roble albar y otros planifolios	Qpe_PI-A	430	454	26,1	26,0	22,9	18,4	-	13,9	47,3	44,3	-	19,3	182,0	179,0
Salarsa	28,97	Robledales de roble pubescente	Qh-A	78	95	22,7	21,7	59,6	41,3	19,0	16,2	59,6	41,3	19,0	16,2	155,0	143,0
Bosc de Campelles I	12,50	Abetales	Aa-B	791	735	36,1	40,8	19,2	27,0	-	13,5	52,4	54,1	-	14,3	304,6	341,2
El Mulledar	8,07	Bosques mixtos de haya y roble albar	Fs_Qpe-BB	682	792	24,0	29,7	18,0	22,3	-	11,6	42,9	44,4	-	16,9	166,0	178,3

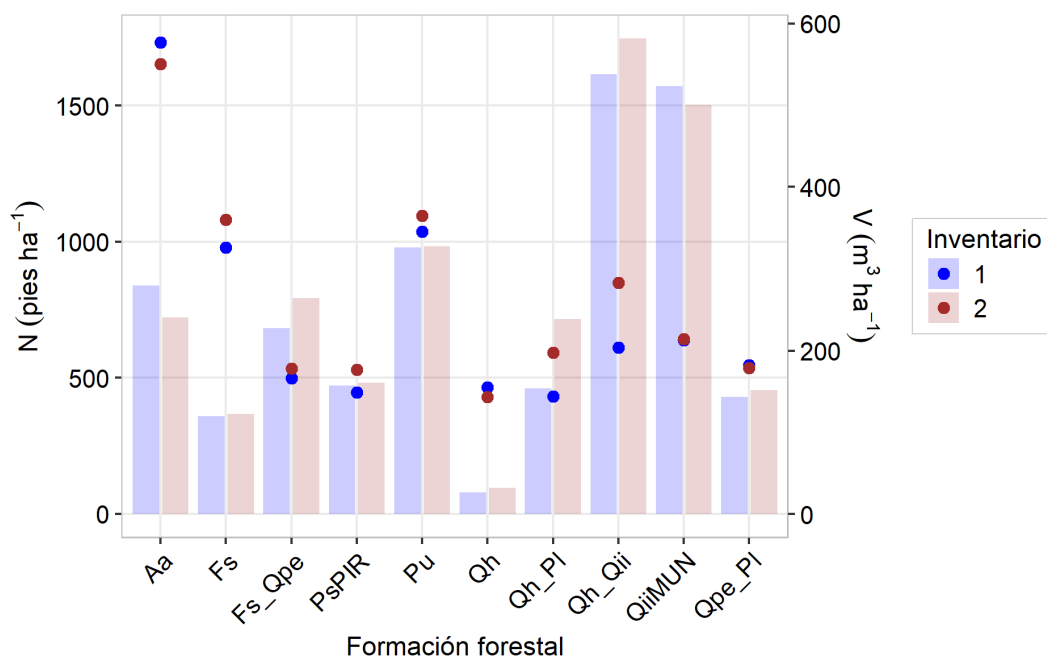


Figura 4. Evolución de la densidad (N, columnas) y el volumen (V, puntos) entre el primer (1) y el segundo (2) inventario.

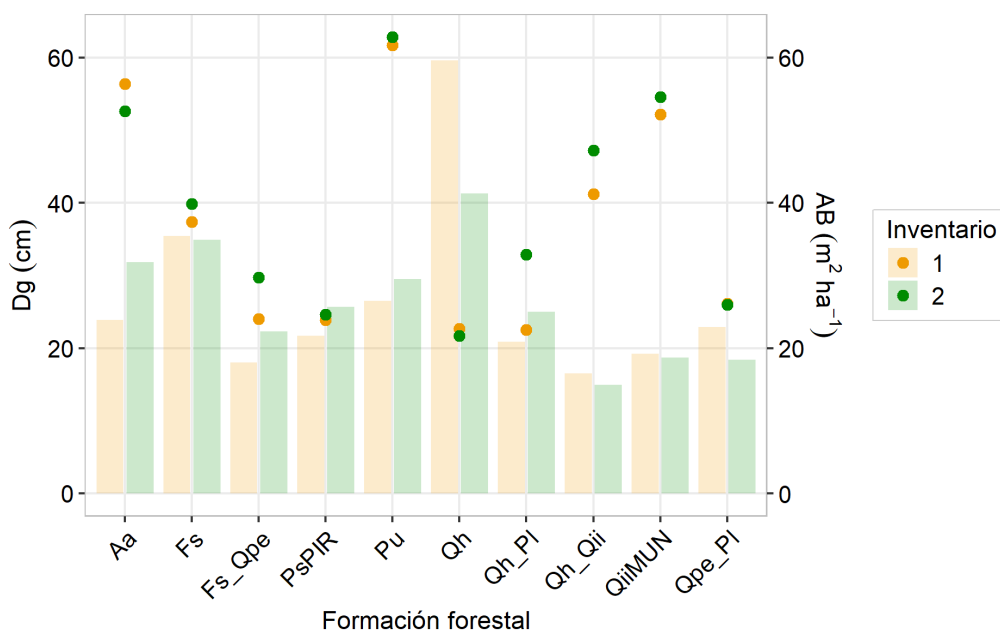


Figura 5. Evolución del diámetro (Dg, columnas) y el área basimétrica (AB, puntos) entre el primer (1) y el segundo (2) inventario.

En cuanto al grado de naturalidad de los rodales, en la Tabla 5 se presenta el resultado de la evolución de los criterios e indicadores en el primer y el segundo inventario.

Tabla 5. Evolución de la naturalidad según los datos obtenidos en 2010 y 2019/2021. Los colores verde y rojo indican un aumento o una disminución del factor, respectivamente. El símbolo “*” indica que dicho cambio implica una diferencia en el alcance del umbral.

Reserva Forestal	Composición		Complejidad				Senectud						Microhábitats		Dinámica			
	Especies arbóreas		Diversidad estructura		Estratos verticales		Árboles excepcionales		Madera muerta en pie		Madera muerta en el suelo		Microhábitats		Aperturas dosel		Regenerado avanzado	
	2010	2019	2010	2019	2010	2019	2010	2019	2010	2019	2010	2019	2010	2019	2010	2019	2010	2019
El Domer	>2	>2	Irreg.	Irreg.	3	3	No	No	>2	>2	0	>2*	3	3	<1	<1	>5	>5
El Sobirà	>2	>2	Semi.	Semi.	3	3	Sí	Sí	0	>2*	>2	>2	3	>3	<1	<1	>5	>5
Morató I	>2	>2	Irreg.	Irreg.	<3	<3	Sí	Sí	0	>2*	0	<2	>3	>3	<1	<1	>5	>5
Bosc de Ger	<2	<2	Reg.	Reg.	<3	<3	Sí	Sí	0	0	>2	>2	<3	<3	>1	>1	5	5
Bosc de Meranges	<2	<2	Reg.	Reg.	<3	<3	No	No	>2	>2	>2	>2	3	3	>1	>1	>5	>5
Muntanya d'Alp	>2	>2	Reg.	Reg.	<3	<3	No	No	>2	2	2	>2	3	>3	>1	>1	<5	<5
Coll de Té	<2	<2	Reg.	Reg.	<3	<3	No	No	<2	>2*	>2	>2	3	>3	>1	>1	5	>5
El Beier	>2	>2	Reg.	Reg.	<3	<3	Sí	Sí	>2	>2	<2	<2	>3	>3	>1	>1	5	5
Feixa Llarga	>2	>2	Semi.	Semi.	<3	<3	No	No	<2	<2	<2	<2	>3	>3	<1	<1	>5	>5
Avetar de Planoles	>2	>2	Irreg.	Irreg.	3	3	Sí	Sí	>2	>2	>2	>2	3	>3	>1	>1	5	5
Emprius de Dorria	<2	<2	Reg.	Reg.	<3	<3	Sí	Sí	>2	>2	>2	>2	>3	>3	>1	>1	5	5
La Rovira de Can Pascal	>2	>2	Irreg.	Irreg.	3	3	Sí	Sí	<2	>2*	2	>2	3	>3	>1	>1	>5	>5
Salarsa	>2	>2	Reg.	Reg.	<3	<3	Sí	Sí	2	2	>2	>2	>3	>3	>1	>1	>5	>5
Bosc de Campelles I	>2	>2	Irreg.	Irreg.	3	3	Sí	Sí	<2	<2	0	2*	>3	>3	1	1	>5	>5
El Mulladar	>2	>2	Irreg.	Irreg.	3	3	Sí	Sí	0	0	0	2*	>3	>3	<1	<1	>5	>5

El número de especies observadas se mantiene estable en el tiempo y ninguno de los rodales que estaban por debajo del umbral en 2010 ha aumentado el número de especies en el segundo inventario.

En cuanto a la complejidad, no se observan cambios en la diversidad estructural ni en el número de estratos verticales presentes en ningún rodal.

En el caso de los indicadores de senectud, no se observan cambios en la presencia de árboles excepcionales en ningún rodal, pero sí en la presencia de madera muerta. La madera muerta en pie ha aumentado y alcanzado el umbral en 4 rodales (tres rodales mixtos de roble con planifolios y un rodal puro de haya). En uno de los rodales de abeto, la cantidad de madera muerta en pie ha disminuido, y ha habido un incremento de la madera muerta en el suelo en el mismo. En otros 5 rodales la madera muerta en suelo ha aumentado, implicando un alcance del umbral en 3 de ellos (rodal mixto de roble pubescente, rodal puro de abeto y rodal mixto de haya y roble albar).

El número de microhábitats ha aumentado en varios rodales, independientemente de la especie dominante. Sin embargo, este aumento no implica un incremento en el grado de naturalidad, ya que en el único rodal donde el umbral no se había alcanzado en el primer inventario, este sigue sin alcanzarse en el segundo.

No se observan cambios en los indicadores asociados a la dinámica, salvo por el aumento en la cantidad de regenerado del rodal puro de haya, que ya había alcanzado el umbral.

En lo que se refiere a los umbrales alcanzados (Tabla 6), se observa un incremento de un umbral en 7 de los 15 rodales analizados. En cuanto a los grados de naturalidad, estos incrementos solo suponen una mejora de los grados de naturalidad en 3 rodales (rodales mixtos de roble pubescente con otros planifolios y rodal mixto de haya con roble albar), pasando de algunos indicios a muchos. En el resto de los casos, el aumento de los umbrales alcanzados no ha implicado aumentos en el grado de naturalidad. La mayoría de los rodales presentan algunos indicios de naturalidad (7 rodales), en varios hay muchos indicios (4 rodales) y solo un rodal presenta pocos indicios (Tabla 6).

Tabla 6. Umbrales de naturalidad alcanzados y grados de naturalidad que implican. Tipología Forestal Arbolada (TFA) según PIQUÉ et al. (2014) en base a la composición específica y a la calidad de estación.

Reserva Forestal	TFA	Umbrales igualados o superados		Grados de naturalidad	
		2010	2019	2010	2019
El Domer	Qh_PI-A	6	7	Rodal con algunos indicios de naturalidad	Rodal con muchos indicios de naturalidad
El Sobirà	Qh_PI-A	6	7	Rodal con algunos indicios de naturalidad	Rodal con muchos indicios de naturalidad
Morató I	Qh_PI-B	5	6	Rodal con algunos indicios de naturalidad	
Bosc de Ger	Pu-C	4	4	Rodal con algunos indicios de naturalidad	
Bosc de Meranges	Pu-C	5	5	Rodal con algunos indicios de naturalidad	
Muntanya d'Alp	Aa-B	5	5	Rodal con algunos indicios de naturalidad	

Coll de Té	Fs-B	4	5	Rodal con algunos indicios de naturalidad	
El Beier	QiMUN-C	6	6	Rodal con algunos indicios de naturalidad	
Feixa Llarga	Qh_Qii-BC	3	3	Rodal con pocos indicios de naturalidad	
Avetar de Planoles	PsPIR-C	9	9	Rodal con muchos indicios de naturalidad	
Emprius de Dorria	Pu-B	6	6	Rodal con algunos indicios de naturalidad	
La Rovira de Can Pascal	Qpe_Pl-A	8	9	Rodal con muchos indicios de naturalidad	
Salarsa	Qh-A	7	7	Rodal con muchos indicios de naturalidad	
Bosc de Campelles I	Aa-B	7	8	Rodal con muchos indicios de naturalidad	
El Mulladar	Fs_Qpe-BB	6	7	Rodal con algunos indicios de naturalidad	Rodal con muchos indicios de naturalidad

En cuanto a los resultados generales del IBP_cat, en la mayoría de los rodales las puntuaciones finales y las relacionadas con la gestión han aumentado, en un rodal han disminuido, y se mantienen estables las relativas al contexto en todos los rodales (Figura 6).

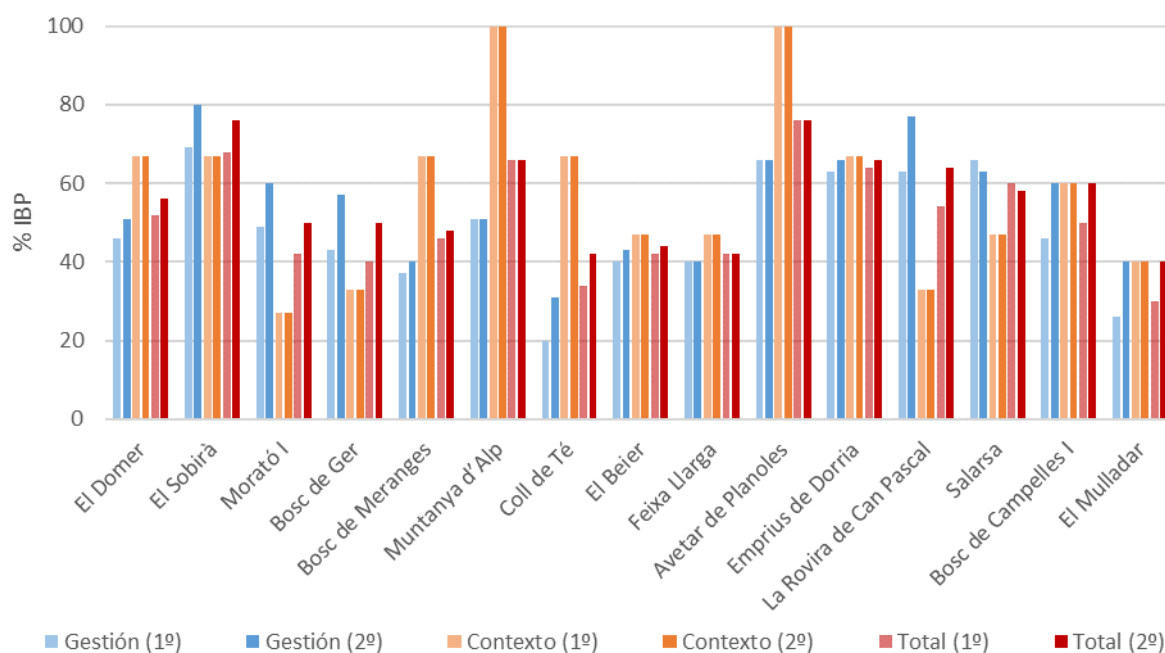


Figura 6. Desglose de los resultados del Índice de Biodiversidad Potencial de Catalunya en los rodales analizados: porcentaje.

Las formaciones forestales con mayores puntuaciones IBP son la de pino silvestre y las dominadas por robles, mientras que las que tienen menores puntuaciones son las dominadas por haya (Figura 7).

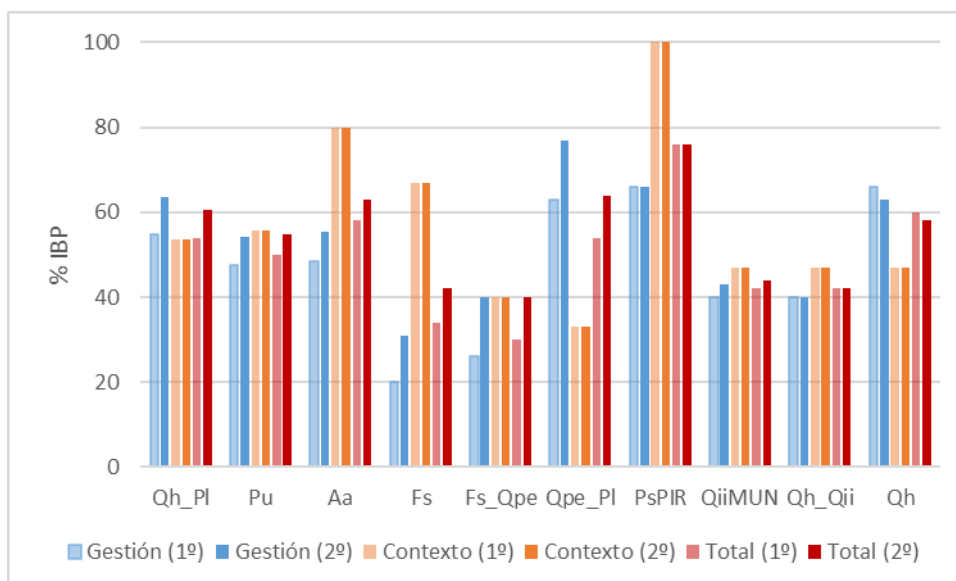


Figura 7. Desglose de los resultados del Índice de Biodiversidad Potencial de Catalunya en porcentaje según la formación forestal.

Al analizar la Tabla 7, que muestra la puntuación segregada de cada uno de los factores de gestión, vemos que tan solo se observan cambios en los factores relacionados con la madera muerta y el tamaño de los árboles. El resto de los factores presenta la misma puntuación en los dos inventarios.

La madera muerta en pie ha aumentado en 5 rodales, tres de masas mixtas dominadas por roble y dos de masas puras, una de haya y otra de pino negro. En los 3 rodales que presentan una disminución de la cantidad de madera muerta en pie se observa también un aumento proporcional de la madera muerta en suelo. Además, se observan otros 4 rodales donde la cantidad de madera muerta en suelo ha aumentado levemente, pasando de una puntuación de 0 a 1, otros 2 rodales donde el aumento ha sido muy grande, de 0 a 5 puntos, y un rodal con una disminución de 1 a 0.

Finalmente, se observa un aumento en el número de árboles de grandes dimensiones presentes en 2 rodales mixtos dominados por roble pubescente, pasando la puntuación de 0 a 2.

Tabla 7. Puntuación de los factores de gestión del Índice de Biodiversidad Potencial. Los colores verde y rojo indican un aumento o una disminución de la puntuación del factor, respectivamente.

Reserva Forestal	Puntuación de los Factores de Gestión													
	Especies autóctonas		Estructura vertical		Madera muerta en pie		Madera muerta en el suelo		Árboles grandes		Microhábitats		Espacios abiertos	
	2010	2019	2010	2019	2010	2019	2010	2019	2010	2019	2010	2019	2010	2019
El Domer	5	5	5	5	1	1	0	0	0	2	5	5	0	0
El Sobirà	5	5	2	2	1	5	1	1	5	5	5	5	5	5
Mas Morató I	5	5	5	5	0	1	0	1	0	2	5	5	2	2
Bosc de Ger	0	0	2	2	1	5	0	1	5	5	2	2	5	5
Bosc de Meranges	0	0	1	1	5	1	0	5	0	0	2	2	5	5
Muntanya d'Alp	2	2	1	1	5	0	0	5	5	5	5	5	0	0
Coll de Té	0	0	1	1	1	5	0	0	0	0	5	5	5	5
El Beier	2	2	1	1	1	1	0	1	0	0	5	5	5	5
Feixa Llarga	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	5	5	5	5
Avetar de Planoles	2	2	5	5	1	0	0	1	5	5	5	5	5	5
Emprius de Dorria	0	0	2	2	5	5	0	1	5	5	5	5	5	5
La Rovira de Can Pascal	5	5	2	2	0	5	0	0	5	5	5	5	5	5
Salarsa	2	2	5	5	0	0	1	0	5	5	5	5	0	0
Bosc de Campelles I	2	2	2	2	0	0	0	5	5	5	5	5	2	2
El Mulladar	2	2	2	2	0	0	0	5	0	0	5	5	0	0

5. Discusión

Los rodales analizados presentan elementos de madurez forestal e indicios de naturalidad, por lo que pueden usarse como rodales de referencia en comparación con otros rodales menos maduros del territorio.

Respecto a la naturalidad de las reservas, la senectud es el único criterio que implica cambios en el grado de naturalidad a corto plazo, tanto por la cantidad de madera muerta en pie como en suelo. Los incrementos observados en los indicadores de microhábitats y dinámica no han implicado un cambio en el alcance del umbral ni, por tanto, en el grado de naturalidad en el período estudiado.

El análisis de los datos muestra, además, que la mayoría de los cambios en los indicadores se dan en rodales donde el umbral mínimo ya se había igualado o superado en el primer inventario. En cambio, en las zonas donde estos indicadores estaban por debajo del umbral en el primer inventario se observan escasos incrementos en el segundo, exceptuando los relacionados con la senectud en algún rodal.

Esto podría estar indicando un estancamiento o una ralentización en las dinámicas y procesos de los rodales menos maduros. Tal como señalan otros autores (NAGEL *et al.*, 2013; EUROPARC-ESPAÑA, 2020; HOLTERMANN, 2020), el avance hacia etapas más avanzadas del ciclo silvogenético podría mejorarse a través de una gestión orientada a la promoción de la diversidad específica y estructural.

En cuanto al Índice de Biodiversidad Potencial de Catalunya, el global de los factores relacionados con la gestión ha crecido en la mayoría de los rodales. Sin embargo, si se observa la puntuación final del IBP, este aumento no supera el 10% en ningún rodal. Además, se observa también una leve disminución del IBP (2% del total) en un rodal, causada por la reducción de la cantidad de madera muerta en suelo.

En los rodales donde se observa un incremento en la cantidad de madera muerta en el suelo es importante ver si este aumento va ligado a una disminución en la cantidad de madera muerta en pie, puesto que, si esto ocurre, cabe pensar que los árboles muertos en pie han caído, lo que no implicaría un aumento en el grado de madurez del monte. Como indican CAMPRODON, (2008) y LACHAT *et al.*, (2013), es necesaria una continuidad en el suministro de madera muerta en el tiempo y el espacio para conservar las especies que dependen de ella.

Por otro lado, para comparar los resultados segregados de naturalidad con los de biodiversidad potencial, hay que tener cuenta las diferencias en cuanto al cálculo de los factores (por ejemplo, los niveles de estratificación vertical son distintos).

Considerando lo mencionado anteriormente, en líneas generales los dos índices presentan las mismas tendencias a corto plazo, es decir, pocos cambios observados en cuanto a criterios de dinámica, composición, complejidad y dendromicrohábitats, concentración de los mayores cambios en los indicadores de senectud y, más en concreto, los relacionados con la madera muerta. En ambos casos se observan pocas mejoras en los factores con menos signos de madurez.

Es bien sabido en el ámbito forestal que las dinámicas del bosque, y en especial las relacionadas con la madurez, se desarrollan en intervalos temporales más grandes. Por lo tanto, se necesitan períodos de tiempo más amplios para evaluar estos procesos, ya que los resultados obtenidos hasta el momento indican una tendencia con pocas implicaciones a corto plazo.

En cuanto al tipo de resultados obtenidos con los dos indicadores, el IBP evalúa rangos más amplios, lo que permite hacer un análisis más preciso del estado del bosque y requiere de un mayor esfuerzo en el proceso de inventario.

Finalmente, a pesar de que el número de Reservas Forestales de bosques maduros en Europa está aumentando (PARVIAINEN *et al.*, 2000) y de su importancia para la conservación y el análisis de las dinámicas forestales, no existen muchos estudios acerca de la evolución de la naturalidad y/o de la biodiversidad en estas zonas.

6. Conclusiones

Una vez analizada la evolución de la naturalidad y la capacidad de acogida de biodiversidad en los rodales inventariados en la red de Reservas Forestales de Girona, se extraen las siguientes conclusiones:

- (a) Para el período estudiado, no se han producido grandes cambios en cuanto al grado de naturalidad de los rodales analizados. Sin embargo, se puede afirmar que no ha habido ningún criterio ni indicador que se haya visto reducido, por lo que la naturalidad de todos los rodales cuanto menos se ha mantenido.
- (b) El único criterio que parece aumentar el grado de naturalidad a corto plazo es el relacionado con los elementos de senectud, y en concreto, la madera muerta en pie y en suelo.
- (c) En el caso del IBP, los cambios observados son también pequeños ($\leq 10\%$) y vienen dados por los factores relacionados con la madera muerta y los árboles grandes.
- (d) Teniendo en cuenta las conclusiones anteriores (b y c), las medidas de gestión que favorezcan el crecimiento de árboles grandes y aumenten la cantidad de madera muerta en pie y en suelo pueden suponer un incremento de la naturalidad y de la capacidad de acogida de biodiversidad a corto plazo. A largo plazo, el objetivo debe ser que estos procesos se desarrollen de manera natural.
- (e) Se aprecian tendencias similares en los factores que afectan a la biodiversidad potencial y a la naturalidad. Sin embargo, la comparación de los valores obtenidos para el grado de naturalidad y el IBP_Cat debe tener en cuenta las diferencias en los criterios de medición de cada factor.
- (f) Los indicadores de naturalidad y biodiversidad han aumentado más en los rodales que tenían un grado de naturalidad más elevado desde el inicio, mientras que en los rodales en estados menos avanzados se han producido pocos cambios, lo que podría indicar un estancamiento o ralentización en el crecimiento y en las dinámicas de la masa. La aplicación de medidas de gestión en estas zonas podría favorecer el avance en el ciclo silvogenético.
- (g) Probablemente sean necesarios intervalos de tiempo más amplios para analizar los sistemas forestales, ya que el transcurso de 9/11 años parece que no es suficiente para reflejar los principales procesos y dinámicas del bosque.
- (h) El análisis de diferentes variables de madurez en rodales de referencia facilita el entendimiento de los procesos y dinámicas de los bosques en un contexto determinado, y permite adaptar la gestión en las masas más jóvenes o con menos signos de madurez.

7. Agradecimientos

Agradecemos el arduo trabajo de campo realizado por Eduard Busquets, Serena Buscarini y Henriette Gercken.

8. Bibliografía

BAIGES, T.; CERVERA, T.; PALERO, N.; GONIN, P.; LARRIEU, L.; 2019. Posada a punt de l'Índex de Biodiversitat Potencial: un termòmetre per a mesurar la capacitat d'allotjar biodiversitat dels boscos (gestionats) de Catalunya. *Silvicultura*, 80: 26 - 36.

CAMPRODON, J.; 2008. Elementos biológicos a tener en cuenta en la planificación forestal a escala de rodal y de paisaje. *Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales*, (27), 78-86.

CPF; 2019. Protocol d'aplicació de l'Índex de Biodiversitat Potencial de Catalunya. Mètode del transecte lineal. Proyecto Life Biorgest.

CHRISTENSEN, M.; HEILMANN-CLAUSEN, J.; WALLEYN, R.; ADAMCIK, S.; 2005. Wood-inhabiting fungi as indicators of nature value in European beech forests. En: MARCHETTI, M.(eds.): *Monitoring and Indicators of Forest Biodiversity in Europe-From Ideas to Operationality*, 229 p. European Forest Institute.

EUROPARC-ESPAÑA; 2020. Bosques maduros mediterráneos: características y criterios de gestión en áreas protegidas Ed. Fundación Fernando González Bernáldez, Madrid.

EUROPOARC-ESPAÑA; 2019. Manual de campo para la identificación de rodales maduros de referencia. Fase I: Prospección de rodales. Proyecto LIFE Redcapacita_2015. Deliverable B3.1. Ed. Fundación González Bernáldez. 29 p. Madrid.

EUROPARC-ESPAÑA; 2017. Los bosques maduros: características y valor de conservación. Ed. Fundación Fernando González Bernaldez. 50 p. Madrid.

FAO; 2013. State of Mediterranean forest 2013. Food and Agriculture Organization of the United Nations. 186 p.

GONIN, P.; LARRIEU, L.; DECONCHAT, M.; 2017. L'Indice de Biodiversité Potentielle (IBP): comment l'étendre à l'ensemble des forêts méditerranéennes? *Forêt méditerranéenne* 701-710.

HÖLTERMANN, A.; 2020. Forests under a changing climate: increasing adaptability and resilience through more diversity and heterogeneity. En: KRUMM, F.; SCHUCK, A.; RIGLING, A. (eds): *How to balance forestry and biodiversity conservation - A view across Europe*. European Forest Institute (EFI); Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research (WSL). 644 p. Birmendorf.

KRAUS, D.; BÜTLER, R.; KRUMM, F.; LACHAT, T.; LARRIEU, L.; MERGNER, U.; PAILLET, Y.; RYDKVIST, T.; SCHUCK, A.; WINTER, S.; 2016. Catalogue of tree microhabitats - Reference field list. Integrate+ Technical Paper. 16p.

LACHAT, T.; BOUGET, C.; BÜTLER, R.; MÜLLER, J.; 2013. Deadwood: quantitative and qualitative requirements for the conservation of saproxylic biodiversity. En: KRAUS, D.; KRUMM, F. (eds.): *Integrative approaches as an opportunity for the conservation of forest biodiversity*. European Forest Institute. 92-102. Freiburg.

LARRIEU L.; GONIN P.; 2008. L'indice de Biodiversité Potentielle (IBP): une méthode simple et rapide pour évaluer la biodiversité potentielle des peuplements forestiers; *Rev. For. Fr.* 06-2008; pp. 727-748.

LIFE REDBOSQUES. 2018. Manual de campo para la identificación de rodales de referencia. Fase II: Identificación mediante parcelas. Proyecto LIFE Redcapacita_2015. Deliverable B3.2. Ed. Fundación González Bernáldez. 53 p. Madrid.

NAGEL, T. A.; ZENNER, E. K.; BRANG, P.; 2013. Research in old-growth forests and forest reserves: implications for integrated forest management. En: KRAUS, D.; KRUMM, F: (eds.): Integrative approaches as an opportunity for the conservation of forest biodiversity. European Forest Institute. 44-50. Freiburg

PARVIAINEN, J.; BÜCKING, W.; VANDEKERKHOVE, K.; SCHUCK, A.; PÄIVINEN, R.; 2000. Strict forest reserves in Europe: efforts to enhance biodiversity and research on forests left for free development in Europe (EU-COST-Action E4). *Forestry*, 73(2), 107-118.

PIQUÉ, M.; VERICAT, P.; CERVERA, T.; BAIGES, T.; FARRIOL, R.; 2014. Tipologies forestals arbrades. Sèrie: Orientacions de gestió forestal sostenible per a Catalunya (ORGEST). Centre de la Propietat Forestal. Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca, Alimentació i Medi Natural. Generalitat de Catalunya. 354 p.

SCHULTZE, J.; GÄRTNER, S.; BAUHUS, J.; MEYER, P.; REIF, A.; 2014. Criteria to evaluate the conservation value of strictly protected forest reserves in Central Europe. *Biodiversity and conservation*, 23(14), 3519-3542.

WINTER, S.; 2012. Forest naturalness assessment as a component of biodiversity monitoring and conservation management. *Forestry*, 85(2), 293-304.