



6CFE01-006

Montes: Servicios y desarrollo rural
10-14 junio 2013
Vitoria-Gasteiz



Edita: Sociedad Española de Ciencias Forestales
Vitoria-Gasteiz, 10-14 junio de 2013
ISBN: 978-84-937964-9-5
© Sociedad Española de Ciencias Forestales

La estimación de los árboles añosos en el Inventario Forestal Nacional

ALBERDI, I.¹, AGUIRRE, A.³, HERNÁNDEZ, L.¹, VALLEJO, R.², CAÑELLAS, I.¹ y CONDES, S.³

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

² Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.

³ Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes. Universidad Politécnica de Madrid.

Resumen

El estudio de los árboles añosos es fundamental para la estimación de la biodiversidad puesto que son nicho ecológico de numerosas especies indicadoras de aves, insectos, líquenes, hongos y briofitos. Sin embargo, no existen definiciones claras para su identificación en los Inventarios Forestales Nacionales debido a que la variable edad no es muestreada en la mayoría de los países y los datos que se recogen no son homogéneos. El objetivo de este trabajo es presentar una metodología aplicable en Inventarios Forestales Nacionales que permita determinar cuándo un árbol es añoso a partir de la medición de su diámetro normal. Esta metodología se fundamenta en modelos mixtos no lineales edad dominante-diámetro a través de los cuales se determinan diámetros límite específicos para cada especie. Se exponen ejemplos de dos especies de pinos de la península ibérica, uno de ámbito mediterráneo, *Pinus halepensis* Mill. y otro de ámbito eurosiberiano, las poblaciones atlánticas de *Pinus pinaster* Aiton. Este estudio posibilita la consideración de los árboles añosos en la toma de decisiones en los planes de gestión forestal.

Palabras clave

Biodiversidad forestal, edad, modelos mixtos, indicador de biodiversidad.

1. Introducción

La importancia de los árboles añosos para la evaluación de la biodiversidad es ampliamente conocida (Barbati et al. 2012). Estos árboles son considerados de alto interés como nichos ecológicos. El término "árbol añoso" describe el estado de madurez tras la pérdida de la dominancia apical; durante esta etapa, la copa disminuye su tamaño y así como el crecimiento anual de sus anillos, que se reduce en comparación con las etapas anteriores (Fay 2007).

Los Inventarios Forestales Nacionales (IFN) constituyen la principal fuente de información a nivel nacional sobre la superficie forestal arbolada. Tradicionalmente, su objetivo principal era la determinación de las existencias de madera, pero hoy en día, los IFN son multi-objetivo. En el marco de la Acción COST E-43: *Armonización de los inventarios forestales nacionales en Europa: Técnicas de Información Común*, se seleccionaron siete variables de biodiversidad siendo una de ellas la edad (Chirici et al. 2011), variable de biodiversidad propuesta como indicador en numerosos trabajos y requerimientos internacionales (UNEP 2001; EEA 2003) precisamente como indicadora de árboles y masas añosas.

Los métodos propuestos para la identificación de árboles añosos que no requieren conocer su edad, se pueden clasificar en métodos subjetivos y objetivos. Los métodos subjetivos se basan principalmente en la morfología de árbol, por ejemplo, Raimbault (1995) divide la vida del árbol en diez etapas basadas en su morfología. Por otra parte, los métodos objetivos, generalmente se basan en un umbral único para todas las especies o grupos de especies: i) diámetro mayor de 50 cm a una altura de 1,30 m sobre el suelo (Braumandl y Holt 2000); ii) Fay (2007) define umbrales del perímetro del árbol para tres grupos de especies: mayor de 2,5 m para arbolillos, mayor de 4 m para robles y pino silvestre y mayor de 4,5 m para otras especies.

En el marco del proyecto COST E-43 (Chirici et al. 2011), se seleccionó el indicador "proporción de parcelas añosas" para caracterizar las masas añosas. Este indicador se determina a través de la variable "edad de la masa", definida por la edad de las especies arbóreas dominantes. Las parcelas añosas se definen como aquellas con una edad superior a la mitad de la esperanza de vida de las especies arbóreas dominantes. Aunque la edad es obviamente la variable ideal para identificar los árboles y masas añosas, esta información no está disponible en la mayoría de los países (Forest Europe 2011). Además, en aquellos casos en los que se registra esta información, por lo general se dispone del dato de la edad de la masa (no del árbol) y generalmente sólo para masas coetáneas (McRoberts et al. 2011). Por lo tanto, se deben establecer metodologías alternativas que nos permitan poder estimar este índice de diversidad de los sistemas forestales. Chirici et al. (2011) proponen el uso del diámetro normal (d) como la variable más adecuada para la estimación de la edad del árbol por ser la variable de la que existe una mayor información (McRoberts et al. 2011).

Las curvas de evolución en diámetro representan el crecimiento diametral acumulado a medida que aumenta la edad. Durante la maduración y senescencia la tasa de crecimiento del diámetro disminuye, esto se refleja en la curva por un comportamiento asintótico. Puesto que la tasa de crecimiento es diferente en las distintas especies y que la edad del árbol dominante es el indicador más adecuado para la caracterización de los árboles añosos (Chirici et al. 2011), las curvas de evolución se consideran como la mejor opción para identificar los árboles añosos (Alberdi et al. 2013). Se establece en este trabajo un método que se basa en información disponible en la mayoría de los inventarios forestales nacionales constituyendo una definición armonizada a nivel internacional. La hipótesis se fundamenta en que la asíntota de la curva de evolución de una especie se puede utilizar como indicador para la identificación de los árboles añosos (y por lo tanto las masas añosas), representando la asíntota un diámetro umbral (Alberdi et al. 2013).

Se presenta la aplicación de esta metodología a dos especies de pinos de la península ibérica, uno de ámbito mediterráneo, el pino carrasco (*Pinus halepensis* Mill.) y otro de ámbito eurosiberiano, las poblaciones atlánticas del pino marítimo (*Pinus pinaster* Aiton), considerado por algunos autores como otra subespecie (*Pinus pinaster* sbsp. *pinaster* Villar). En el caso del pino carrasco, el estudio se centra la Región de Murcia y en el caso del pino marítimo, se han considerado las provincias eurosiberianas costeras. En sus áreas de distribución natural, el pino carrasco y el pino marítimo pueden alcanzar edades de más de 300 años (Costa et al. 1997). Por ejemplo, en Argelia, Touchan et al. (2010) documentaron individuos de pino carrasco con una edad de 312 años.

2. Objetivos

El objetivo de este trabajo es presentar una metodología aplicable a los inventarios forestales nacionales que permita determinar cuándo un árbol es añoso a partir de la medición de su diámetro normal.

3. Metodología

Los datos empelados en este estudio provienen de las parcelas del Cuarto Inventario Forestal Nacional, (IFN-4) que está planificado que se lleve a cabo entre los años 2008 y 2017. En el IFN-4, las parcelas se establecen de forma sistemática en las intersecciones de una malla 1 km x 1-km. Las parcelas permanentes consisten en cuatro subparcelas circulares concéntricas de radio variable en función de su diámetro. En una fracción importante de las parcelas, la edad y crecimiento anual del árbol dominante se determina por medio del barrenado de un testigo de madera a una altura de 0,5 m.

Se utilizaron dos conjuntos de datos del IFN-4 para este análisis:

a) Datos del subconjunto de parcelas donde se mide la edad de los árboles dominantes. En cada parcela se inventaría del árbol dominante: su ubicación, diámetro normal y altura total y se extrae un testigo a 0,5 m del suelo para estimar su edad. Estos canutillos se secan al aire, y son fijados sobre soportes de madera y lijados. Los anillos se miden utilizando un dispositivo de medición. La muestra de cada una de las especies estudiadas es la siguiente:

- Pino carrasco: se seleccionaron para este estudio 393 testigos extraídos en diferentes parcelas de la provincia de Murcia donde esta especie es dominante. El rango del diámetro sin corteza extraído a 0,5 m comprende valores entre 6,7 y 47,1 cm y las edades variaron entre 19 a 158 años.

- Pino marítimo: se seleccionaron 132 testigos extraídos en parcelas de las provincias costeras eurosiberianas excepto de A Coruña (Pontevedra, Lugo, Asturias, Cantabria, Vizcaya y Guipúzcoa) donde esta especie es dominante. El rango del diámetro sin corteza varió entre 6,4 y 54,5 cm y las edades entre 7 y 68 años.

b) Datos de todas las parcelas del IFN-4:

- donde el pino carrasco está presente en la provincia de Murcia: 1.142 parcelas
- donde el pino marítimo está presente en las provincias costeras eurosiberianas: 1.809 parcelas

La metodología empleada es igual e independiente para las dos especies analizadas. En primer lugar se realizó para cada especie la estimación de un modelo mixto no lineal del crecimiento acumulado del diámetro (sin corteza a una altura de 0,5 m) de los árboles dominantes. Se utilizaron modelos mixtos puesto que la variable dependiente es el incremento radial por año de cada árbol y por lo tanto los datos están correlacionados. En estos modelos, las variaciones entre árboles se introducen mediante la incorporación de un efecto aleatorio para cada árbol individual. Los modelos de crecimiento analizados fueron aquellos con asíntota horizontal y aunque fueron probados un gran número de modelos, solo una parte de ellos se seleccionaron, apareciendo una parte de estos en la Tabla 1. La selección de los modelos se basó en la bondad del ajuste de los parámetros y en el sentido de los resultados. El paquete estadístico empleado fue nlme (Pinheiro et al. 2011) del programa R ver. 2.13.2. (R Development Core Team 2011). El nivel de significación considerado fue de 0,05 y los modelos se ajustaron a través del test de máxima verosimilitud. Para comparar los modelos de

crecimiento y determinar el más adecuado, se consideró el criterio de información de Akaike (AIC, BIC y-LogLik valores) y el análisis de los residuos del modelo. Finalmente se seleccionó el modelo mixto con el mejor ajuste. De este modelo se calculó la asíntota horizontal de la curva (mediante los valores de los parámetros de efectos fijos), que representa el diámetro umbral sin corteza (sc) a 0,5 m a partir del cual un árbol puede ser considerado como añoso.

Tabla 1. Modelos seleccionados para la determinación de un diámetro umbral que defina los árboles añosos

Modelo de crecimiento	Formula	Formula de la asíntota
Hossfeld I (Peschel, 1938)	$y = \frac{t^2}{(a + bt + ct^2)}$ $\forall a > 0; \forall c > 0$	$\lim_{t \rightarrow \infty} y = \frac{1}{c}$
Hossfeld modificado (Kiviste 2002)	$y = \frac{t^2}{(a + bt)^2}$ $\forall a > 0$	$\lim_{t \rightarrow \infty} y = \frac{1}{b^2}$
Hossfeld III (Hossfeld, 1822)	$y = \frac{t}{a + b \ln(t) + ct}$ $\forall a > 0; \forall b < 0; \forall c > 0$	$\lim_{t \rightarrow \infty} y = \frac{1}{c}$
Gemesi (Kiviste, 1988)	$y = e^{\frac{t}{(a+bt)} - 1}$ $\forall a > 0; \forall b > 0$	$\lim_{t \rightarrow \infty} y = e^{\frac{1}{b}} - 1$
Richards-Chapman (Mitscherlich, 1919)	$y = a \left(1 - e^{-bt} \right)^c$ $\forall a > 0; \forall b > 0; \forall c > 0$	$\lim_{t \rightarrow \infty} y = a$
Weibull II (Weibull, 1951)	$y = a \left(1 - e^{-bt^c} \right)$ $\forall a > 0; \forall b > 0; \forall c > 1$	$\lim_{t \rightarrow \infty} y = a$
Mitscherlich III (Mitscherlich, 1919)	$y = e^{a - b \ln \left(1 - e^{-ct} \right)}$ $\forall b > 0$	$\lim_{t \rightarrow \infty} y = e^a$

Una vez que la asíntota del modelo mixto definitivamente seleccionado es determinada, se establece la relación entre el diámetro sin corteza a 0,5 m y el diámetro normal utilizando los datos de los árboles seleccionados de los que se tenía la información de la edad (393 árboles de pino carrasco en la región de Murcia y 132 de pino marítimo en las provincias eurosiberianas costeras). Por último, se ajustaron a funciones Weibull (Bailey y Dell 1973) las distribuciones diamétricas de las dos especies estudiadas, para los pinos carrascos presentes en la región de Murcia (1.142 parcelas) y para los pinos marítimos de las provincias eurosiberianas costeras (1.809 parcelas). El objetivo de establecer estas funciones de distribución para cada especie es la de determinar el porcentaje de árboles añosos y evaluar si este resultado es razonable. Un alto porcentaje de árboles añosos indicaría un error en el método propuesto, debido a la historia y planificación de las masas de pino carrasco y pino marítimo en estas regiones. Este método permite establecer y ubicar las masas añosas de cada especie mediante la identificación de todos los árboles añosos en las parcelas del IFN que superen el diámetro normal umbral.

4. Resultados

4.1. Modelo mixto no lineal diámetro-edad

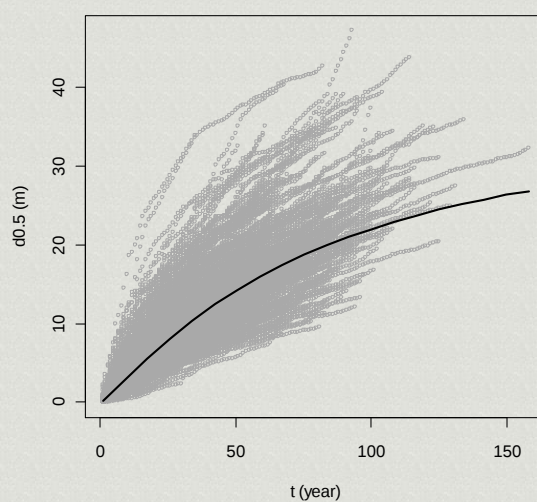
En la Tabla 2 se muestra para cada modelo ajustado el número de grados de libertad junto con una comparación de la bondad del ajuste según el criterio de información de Akaike. El modelo mixto de Hossfeld III fue seleccionado al ajustar los datos del pino carrasco y el modelo Hossfeld I en el caso del pino marítimo (Figura 1 y Tabla 3), puesto que estos proporcionan respectivamente los mejores ajustes de los modelos probados, produciendo los menores valores del criterio de información de Akaike. En la selección de estos modelos se tuvieron en cuenta, además, la simplicidad de los modelos Hossfeld III y Hossfeld I así como el hecho de que los residuos no mostraran ninguna tendencia (Figura 2). El valor de la asíntota horizontal de la curva Hossfeld III es 37,0 cm y de 60,6 cm el de la curva Hossfeld I, valores que representan los diámetros umbrales sin corteza a 0,5 m de altura para ambas especies para determinar los árboles añosos. El análisis de los residuos revela un error cuadrático medio de 83,683 y una media de los residuos de -0,008 en el caso del modelo Hossfeld III para el pino carrasco y de 33,708 y -0,011 respectivamente del modelo Hossfeld I para el pino marítimo.

Tabla 2. Comparación ANOVA de los modelos de crecimiento seleccionados para el pino carrasco y el pino marítimo. Resultados del criterio de información de Akaike (AIC), el criterio de información bayesiano (BIC) y el logaritmo de la verosimilitud maximizada restringida (logLik) de los modelos de crecimiento seleccionados. MM = mixto modelo. mod = modificada. MM.i = modelo mixto con sólo un parámetro aleatorio. Si $i = 1$, el parámetro aleatorio es a y si $i = 3$, el parámetro aleatorio es c . Cuando sólo aparece MM, todos los parámetros son aleatorios.

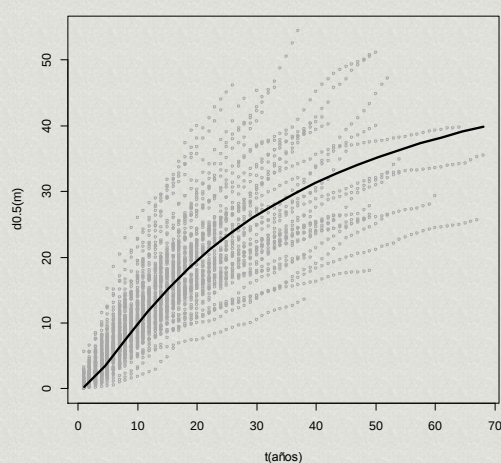
Modelo de crecimiento del pino carrasco	Grados de libertad	AIC	BIC	logLik
Hossfeld.I.MM	10	62.716	62.798	-31.348
Hossfeld.mod.MM	6	70.090	70.139	-35.039
Hossfeld.III.MM	10	48.777	48.859	-24.378
Gemesi.MM	6	64.547	64.596	-32.267
Richards- Chapman.MM.3	7	63.503	63.561	-31.774
Weibull.II.MM	10	62.774	62.856	-31.377
Mitscherlich.III.MM.1	7	63.384	63.442	-31.685
Modelo de crecimiento del pino marítimo	Grados de libertad	AIC	BIC	logLik
Hosfeld.I.MM	10	8.540	8.601	-4.260
Hosfeld.mod.MM	6	11.052	11.089	-5.520
Todorovic.I.MM.1	11	9.855	9.923	-4.916
Gemesi.MM	6	10.552	10.589	-5.270
Weibull.II.MM	10	10.613	10.675	-5.296
Mitscherlich.III.MM.1	7	10.473	10.516	-5.229

Tabla 3. Modelos mixtos Hossfeld III para el pino carrasco y Hossfeld I para el pino marítimo. Donde se muestran los valores, error estándar y el t-valor de los efectos fijos, así como la desviación estándar de los efectos aleatorios de los parámetros a, b y c.

Modelo	parámetros	Efectos fijos			Efectos aleatorios
		Valores	Error estándar	t-valor	Desviación estándar
Hossfeld III, pino carrasco	a	4,095	0,223	18,350	4,361
	b	-0,489	0,069	-7,063	1,343
	c	0,027	0,002	16,821	0,031
Hossfeld I, pino marítimo	a	3,069	0,448	6,847	5,0310
	b	0,538	0,050	10,760	0,547
	c	0,016	0.001	10,078	0.017



a)



b)

Figura 1. Modelos mixtos de crecimiento para el pino carrasco (a) y el pino marítimo (b). Relación entre el diámetro sin corteza a 0,5 m sobre el suelo (cm) y la edad (años). En el caso del pino carrasco el modelo ajustado es el de Hossfeld III (datos de la región de Murcia) y en el caso del pino marítimo el modelo seleccionado se presenta el modelo de Hossfeld I (datos de las provincias costeras de la región eurosiberiana).

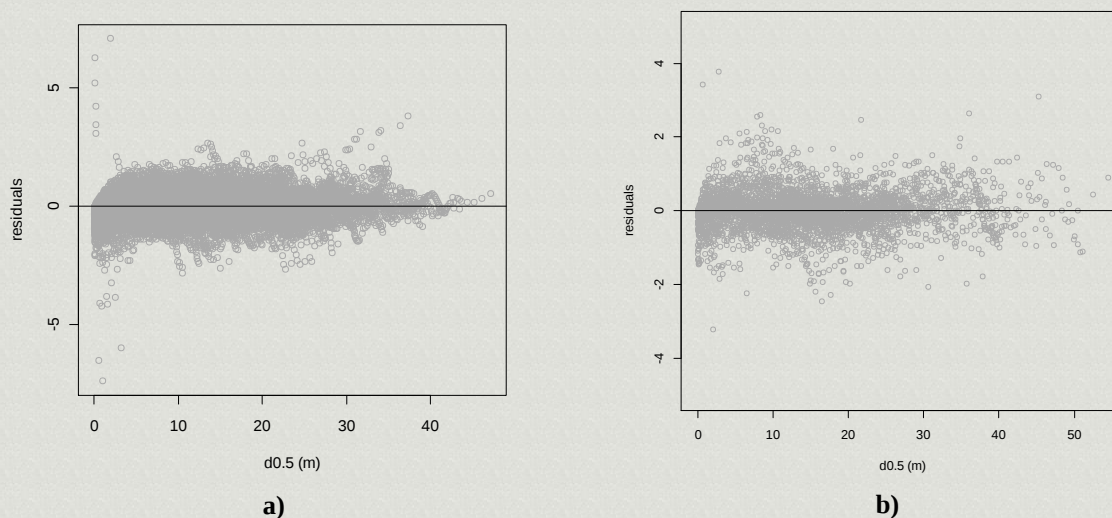


Figura 2. Gráfico de residuos (residuos vs diámetro a 0,5 m) para el modelo mixto del pino carrasco Hossfeld III (a) y para el modelo mixto de pino marítimo Hossfeld I (b).

4.2. Relación entre el diámetro sin corteza a 0,5 m sobre el nivel del suelo y el diámetro normal.

Con el objetivo de encontrar una relación entre el diámetro sin corteza a 0,5 m de altura y el diámetro normal para las dos especies de pino estudiadas, se consideraron diferentes modelos y se seleccionaron regresiones lineales, tanto por su sencillez como por su ajuste; ecuación [3] para el pino carrasco y ecuación [4] para el pino marítimo.

$$d = 0,9217d_{0,5} + 6,5196 \text{ [3]}$$

$$R^2=0,5774$$

$$d = 0,8892d_{0,5} + 8,341 \text{ [4]}$$

$$R^2=0,6121$$

donde $d_{0,5}$ es el diámetro sin corteza a 0,5 m de altura (en cm).

El diámetro normal umbral estimado para el caso del pino carrasco es de 40,6 cm (tras calcular la asíntota del modelo mixto Hossfeld III) y de 62,8 cm en el caso del pino marítimo (modelo mixto Hossfeld I).

4.3. Función de distribución diamétrica

Se ajustaron dos funciones Weibull a las distribuciones diamétricas del pino carrasco en la región de Murcia [5] y al pino marítimo de las provincias eurosiberianas costeras [6] (Figura 3). En el caso del pino carrasco, al introducir el diámetro normal umbral (calculado utilizando el modelo mixto Hossfeld III), 40,6 cm, en la función de Weibull, se obtiene que sólo el 3,67% de los pinos de carrascos en Murcia, tienen un diámetro normal por encima de este valor. Y en el caso del pino marítimo, se obtiene que solo un 2,44% de los árboles tienen un diámetro normal que supera el diámetro umbral de 62,8 cm.

$$F(x) = 1 - e^{-\left(\frac{x-69,5}{169,02}\right)^{1,73}} \quad [5]$$

$$F(x) = 1 - e^{-\left(\frac{x-7,5}{24,60}\right)^{1,62}} \quad [6]$$

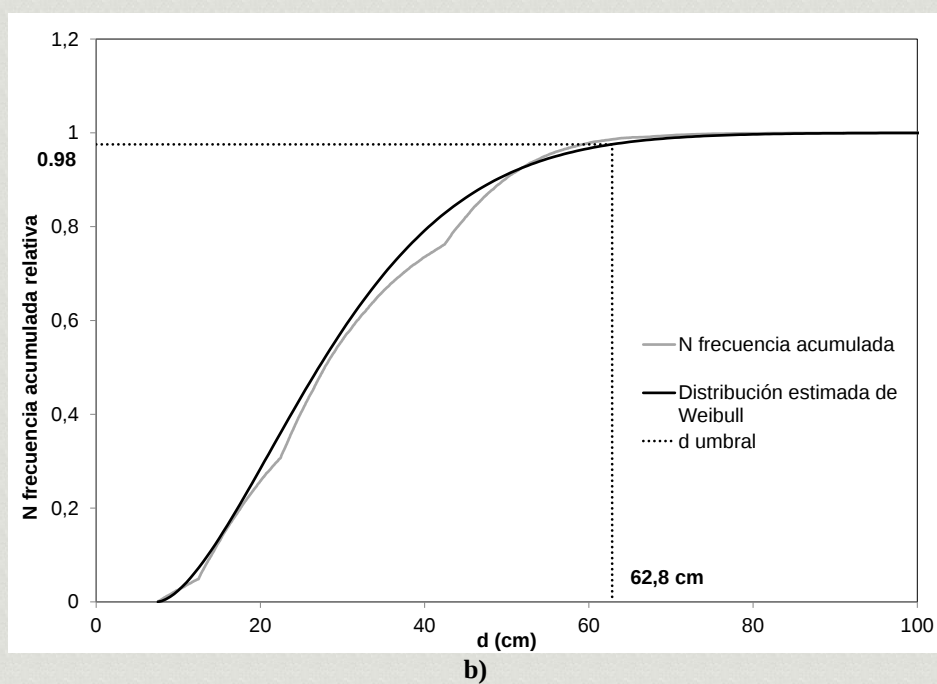
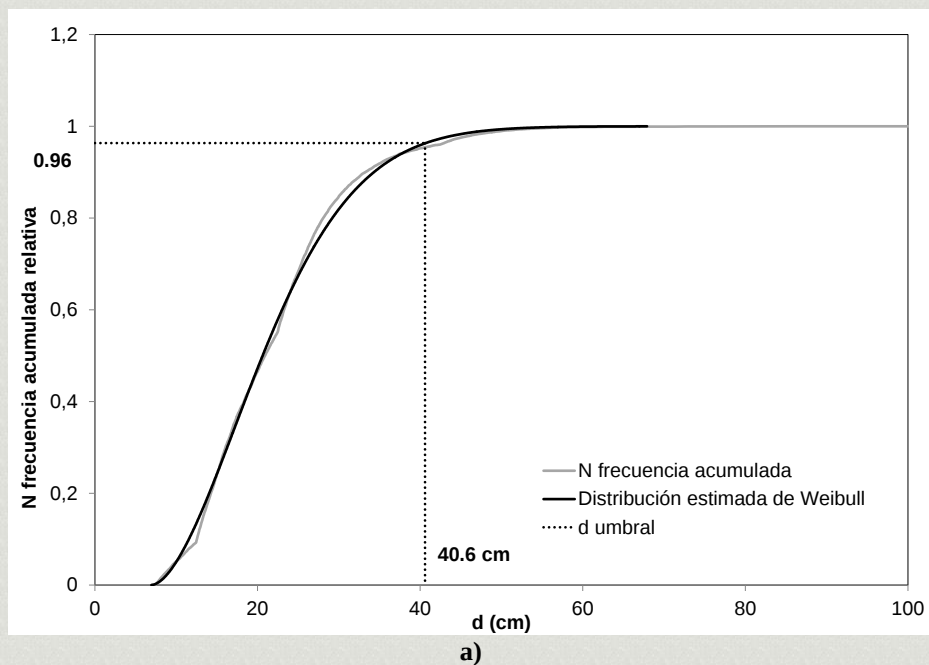


Figura 3. Función de distribución de Weibull (en negro) estimada de la distribución diametral de: *Pinus halepensis* (en gris) en la región de Murcia (a) y de *Pinus pinaster* (en gris) en las provincias costeras eurosiberianas (b). En a) el 96% y en b) el 98% de los árboles tienen un diámetro normal menor que el diámetro umbral calculado, 40,6 cm en a) y 62,8 en b), para la identificación de los árboles añosos.

5. Discusión

Dada la importancia de los árboles y de las masas añosas para la gestión y conservación de la biodiversidad, la identificación de estas áreas se ha convertido en un objetivo primordial. Sin embargo, no hay métodos aceptados a gran escala capaces de cumplir con este objetivo. Los inventarios forestales nacionales constituyen una valiosa fuente de información ya que pueden ser utilizados en una escala geográfica amplia, factor esencial para la posible aplicación en la política forestal y toma de decisiones.

En España, el método utilizado para identificar los árboles añosos en el Tercer Inventario Forestal Nacional (IFN-3) se basaba en establecer diámetros normales umbrales por especie basándose en la literatura relacionada de cada especie (longevidad, características e información de gestión) y en la función de las distribuciones diamétricas establecidas con los datos del anterior ciclo, IFN-2 (Alberdi et al. 2012). Como consecuencia, se observó que los umbrales variaban considerablemente de una especie a otra, lo que sugería que el uso de un valor único para todas las especies (Braumandl y Holt 2000; Fay 2007) proporcionaba una estimación poco exacta, aún más si tenemos en cuenta la gran diversidad de especies de nuestro país. Sin embargo en el método empleado en el IFN-3 no se tuvo en cuenta ni la esperanza de vida de las especies, ni el crecimiento de estas, ni tampoco si los umbrales calculados estaban influenciados por la gestión de las masas. En el IFN-4, se incorpora una gran novedad en la toma de datos, estimándose la edad del árbol dominante de cada parcela mediante la extracción con una barrena de Pressler de un canutillo, proporcionando una información que puede ser utilizada para proporcionar un nuevo enfoque.

Los modelos mixtos de crecimiento diámetro normal-edad dominante con asíntota horizontal se consideraron como la mejor opción para establecer una nueva metodología, siendo la asíntota de la curva la que determina el umbral del diámetro normal de cada especie para su clasificación como un árbol añoso (Alberdi et al. 2013). Se han desarrollado dos aplicaciones, una para el pino carrasco y otra para el pino marítimo. Los modelos de crecimiento ajustados han definido dos umbrales de diámetro normal, 40,6 y 62,8 cm respectivamente. Estos valores son razonables considerando la historia y gestión de ambas formaciones puesto que sólo el 3,67% de los pinos carrascos y el 2,44% de los pinos marítimos inventariados en el IFN-4 superan estos umbrales. Sin embargo debe tenerse en cuenta que la edad máxima obtenida por la extracción de los canutillos en campo de pino carrasco es de 158 años y de pino marítimo es de 68 años, por lo que para que estos resultados resultasen más fiables se debería contar con un rango de edades mayor (especialmente para el caso del pino marítimo) y por tanto los análisis deberían realizarse de nuevo cuando se cuente con más datos.

Aunque se consideró la posibilidad de incluir la densidad de la masa en el modelo, debido al volumen de datos con el que se trabaja y sus diferentes características, no se obtuvieron resultados significativos; (resultados no mostrados). No obstante, un factor determinante y que es aconsejable considerar es la calidad del sitio (Alberdi et al. 2013), que permite obtener una mayor precisión en la determinación de los árboles añosos, puesto que el índice de sitio incluye características fisiográficas, climáticas y de suelo y la influencia combinada de todos ellos conduce a diferentes patrones de crecimiento de las especies. Sin embargo al no contar con las edades de los árboles de todas las parcelas no es posible realizar esta clasificación a gran escala.

Se ha definido por lo tanto, un nuevo método, basado en datos IFN, para estimar el número de árboles añosos, permitiendo evaluar el efecto de la gestión forestal sobre la biodiversidad de los sistemas forestales. De hecho, en el caso del pino marítimo, el resultado obtenido implica que solo el 2,44% de los árboles se puede considerar añosos, lo cual es lógico dado que es una especie utilizada con fines productivos en el área de estudio. Una posible aplicación de este enfoque a corto plazo es identificar la localización de las masas añosas de cada especie, proporcionando información vital para la conservación de la biodiversidad forestal, aplicación inmediata con la información que proporcionan los IFN. En el caso del pino carrasco por ejemplo, se comprueba que la mayor parte de los árboles añosos se localizan en las sierras y más concretamente en Sierra Espuña hay una gran concentración como era de esperar (Alberdi et al. 2013).

Cuando este método se compara con otros desarrollados anteriormente para los datos de IFN, los resultados obtenidos son diferentes. En el enfoque propuesto por Chirici et al. 2011, para identificar las “masas añosas” se basaba en la estimación de los árboles con una edad mayor de 120 años o los árboles con edades mayores que la mitad de su esperanza de vida, si el objetivo es identificar los “árboles añosos”. Puesto que la edad de la masa se define como la edad de los árboles dominantes, la nueva metodología propuesta puede ser utilizada también para estimar la edad de las masas. En el caso del pino carrasco la mitad de la esperanza de vida es aproximadamente unos 137 años y en el caso del pino marítimo unos 150 años. Los diámetros normales que corresponden a 120 y 137 años para el caso del pino carrasco (según los efectos fijos del modelo mixto Hossfeld III) se estiman en 28,6 cm y 29,9 cm respectivamente. Y en el caso del pino marítimo los diámetros correspondientes a 120 y 150 años son 51,80 y 53,94 cm respectivamente. Si las mayores cifras antes mencionadas de 29,9cm y de 53,94 cm se introducen en las distribuciones diamétricas del pino carrasco y del pino marítimo respectivamente, el porcentaje de árboles añosos de pino carrasco de la Región de Murcia sería 18,23% y de pino marítimo 6,11 % en las regiones eurosiberianas costeras, valores demasiados elevados considerando nuestra realidad forestal.

6. Conclusiones

Se pueden definir los árboles añosos mediante el establecimiento de los diámetros normales umbrales usando este nuevo método propuesto para datos de IFN. Esta metodología es más realista y detallada que cualquiera propuesta hasta la fecha a gran escala y se puede aplicar a diferentes especies con datos de IFN.

Mediante su aplicación al pino carrasco en Murcia, los árboles añosos fueron identificados como aquellos que superan un diámetro de 40,61cm y en el caso del pino marítimo el diámetro normal umbral que define los pies añosos es de 62,84 cm. Ambas cifras son consistentes con la literatura existente. Este método permite poder identificar puntos calientes de biodiversidad en los bosques, aspecto fundamental para la gestión forestal a gran escala.

7. Agradecimientos

Esta investigación está financiada por la Encomienda de Gestión AEG-09-007 entre el Ministerio español de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente y el INIA-CIFOR del Ministerio Español de Ciencia e Innovación y el proyecto ALG20010-21153-C02-01.

Queremos agradecer a Guillermo Gea-Izquierdo su ayuda y comentarios. También queremos expresar nuestro agradecimiento a los equipos de campo de TRAGSA del Inventario Nacional Forestal y a Aurora Bachiller que participó en la lectura de los anillos de los árboles.

8. Bibliografía

ALBERDI I.; HERNÁNDEZ L.; SAURA S.; BARRERA M.; GIL P.; CONDÉS S.; CANTERO A.; SANDOVAL V.J.; VALLEJO R.; CAÑELLAS I.; 2012. Estimación de la biodiversidad en el País Vasco. Dirección General Del Medio Natural y Política Forestal. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. 441 páginas. Madrid.

ALBERDI I.; CAÑELLAS I.; HERNÁNDEZ L.; CONDÉS S.; 2013. A new method for the identification of old-growth trees in National Forest Inventories: Application to *Pinus halepensis* Mill. stands in Spain. *Ann. For. Sci.* DOI 10.1007/s13595-012-0261-9
<http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs13595-012-0261-9>.

BAILEY R.L.; DELL T.; 1973. Quantifying diameter distributions with the Weibull function. *Forest Sci* 19: 97-104.

BARBATI A.; SALVATI R.; FERRARI B.; DI SANTO D.; QUATRINI A.; PORTOGHESI L.; TRAVAGLINI D.; IOVINO F.; NOCENTINI S.; 2012. Assessing and promoting old-growthness of forest stands: Lessons from research in Italy. *Plant Biosyst* 146(1): 167-174.

COSTA M.; MORLA C.; SAINZ H.; 1997. Los bosques ibéricos. Una interpretación geobotánica. Planeta. 597 Páginas. Barcelona.

BRAUMANDL T.; HOLT R.; 2000. Redefining definitions of old growth to aid in locating old-growth forest reserves. En HOLLSTEDT C.; SUTHERLAND K.; INNES T. (eds) From science to management and back: A science forum for southern interior ecosystems of British Columbia. Páginas 41–44. Southern Interior Forest Extension and Research Partnership, Kamloops BC.

CHIRICI G.; MCROBERTS R.E.; WINTER S.; BARBATI A.; BRÄNDLI U.; ABEGG M.; BERANOVA J.; RONDEAUX J.; BERTINI R.; ALBERDI I.; CONDÉS S.; 2011. Harmonization tests. En: CHIRICI G.; WINTER S.; MCROBERTS R.E. (eds). National Forest Inventories: Contributions to Forest Biodiversity Assessments. Managing Forest Ecosystems. Páginas 121-191. Springer. Netherlands.

EEA, European Environment Assessment; 2003. An inventory of biodiversity indicators in Europe, 2002. Technical report no.92. European Environment Agency, Copenhagen.

FAY N.; 2007. Defining and surveying veteran and ancient trees.
[http://www.treeworks.co.uk/downloads/publications/DEFINING AGE AND SURVEYING VETERAN AND ANCIENT TREES.pdf](http://www.treeworks.co.uk/downloads/publications/DEFINING%20AGE%20AND%20SURVEYING%20VETERAN%20AND%20ANCIENT%20TREES.pdf).

HOSSFELD J.W.; 1822. Mathematik für Forstmänner, Ökonomen und Cameralisten.

KIVISTE A.K.; 1988. Mathematical functions of forest growth. *Growth* 29: 233-238.

KIVISTE A.; ÁLVAREZ J.G.; ROJO A.; RUIZ A.D.; 2002. Funciones de crecimiento de aplicación en el ámbito forestal. Monografías INIA Forestal nº 4. 190 Páginas. Madrid.

MCROBERTS R.E.; CHIRICI G.; WINTER S.; BARBATI A.; CORONA P.; MARCHETTI M.; HAUKE E.; BRÄNDLI U.; BERANOVA J.; RONDEAUX J.; SANCHEZ C.; BERTINI R.; BARSOUM N.; ALBERDI I.; CONDÉS S.; SAURA S.; NEAGU S.; CLUZEAU C.; HAMZA N.; 2011. Prospects for harmonized biodiversity assessments using National Forest Inventory data. En CHIRICI G.; WINTER S.; MCROBERTS R.E. (eds). National Forest Inventories: Contributions to Forest Biodiversity Assessments. Managing Forest Ecosystems. Páginas 41-99. Springer. Netherlands.

Forest Europe; 2011. State of Europe's Forests 2011 Report
[http://www.foresteurope.org/documentos/State of Europes Forests 2011 Report Revised November 2011.pdf](http://www.foresteurope.org/documentos/State_of_Europes_Forests_2011_Report_Revised_November_2011.pdf).

MITSCHERLICH E.A.; 1919. Das Gesetz des Pflanzenwachstums. *Landwirtsch Jahrb* 53: 167-182.

PESCHEL W.; 1938. Die mathematischen methoden zur herleitung der wachstumsgesetze von baum und bestand und die ergebnisse ihrer anwendung. *Tharandter forstlicher Jahrbuch* 89: 169-247.

PINHEIRO J.; BATES D.; DEBROY S.; SARKAR D.; 2011. Linear and Nonlinear Mixed. Effects Models. R package version 3:1-101.

R Development Core Team; 2011. R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria. <http://www.R-project.org/>

RAIMBAULT P.; 1995. Physiological Diagnosis. The proceedings of the second European congress in arboriculture (Versailles 26-30 September 1995), Societe Francaise d'Arboriculture.

TOUCHAN R.; ANCHUKAITIS K.J.; MEKO D.M.; SABIR M.; ATTALAH S.; ALOUI A.; 2010. Spatiotemporal drought variability in northwestern Africa over the last nine centuries. *J Clim Dynam* 37: 237-252.

United Nations Environment Programme (UNEP); 2001. Indicators and environmental impact assessment: Designing national-level monitoring and indicator programmes, UNEP/CBD/SBSTTA/7/12, Subsidiary body on scientific, technical and technological advice. <http://www.biodiv.org/doc/meetings/sbstta/sbstta-07/official/sbstta-07-12-en.pdf>

WEIBULL W.; 1951. A statistical distribution function of wide applicability. *J Applied Mechanics* 18(3): 293-297.