



7º CONGRESO FORESTAL ESPAÑOL

**Gestión del monte: servicios
ambientales y bioeconomía**

26 - 30 junio 2017 | Plasencia
Cáceres, Extremadura

7CFE01-282

Edita: Sociedad Española de Ciencias Forestales
Plasencia. Cáceres, Extremadura. 26-30 junio 2017
ISBN 978-84-941695-2-6

© Sociedad Española de Ciencias Forestales

Evaluación del riesgo de derribos y roturas por viento en pinares adultos de *Pinus pinaster*

EIMIL FRAGA, C.¹, SÁNCHEZ AMADO, C.¹ y RODRÍGUEZ SOALLEIRO, R.¹

¹ Departamento de Producción Vegetal y Proyectos de Ingeniería. Escuela Politécnica Superior de Lugo, Universidad de Santiago de Compostela.

Resumen

Se cuantificó el riesgo real de derribo o rotura por viento en 21 masas adultas de *Pinus pinaster* de Galicia interior, con edades entre 27 y 58 años. Se realizaron 3 inventarios dasométricos, el segundo después de la tormenta Klaus de 2009. Se estudió el porcentaje de derribos y roturas, evaluados como proporción del área basimétrica afectada entre inventarios, en relación a parámetros de rodal. Se estudió por separado, a nivel de árbol individual en cada parcela, la probabilidad de derribo o rotura por viento.

Un total de 20 de las 21 parcelas mostraron daños derivados de derribos o roturas de fuste o copa. En 7 parcelas los daños fueron importantes, superando el 10% del área basimétrica para un periodo de 3 años. Para el periodo total de estudio de 6 años, desde el primer inventario (2006) hasta el tercero (2012), el porcentaje medio acumulado de derribos y roturas para todas las parcelas fue del 9,55% del área basimétrica. Las parcelas con mayor calidad de estación presentaron un porcentaje más alto de daños ($p=0,366$). El coeficiente medio de esbeltez a nivel rodal varió entre 47,3 y 86,0, con una tendencia a reducirse con la edad. A diferencia de lo esperado, no se encontró relación entre el CE y el porcentaje de daños, que pareció derivar de en varios casos de cortas a hecho en rodales colindantes o de claras fuertes en rodales demasiado esbeltos. A nivel de árbol individual, los daños por derribos o roturas fueron superiores en los pies con menor ratio de copa. Para la variación entre parcelas se observó una tendencia decreciente de la razón de copa con la edad y en la variación intraparcela la razón de copa aumentó con el diámetro normal de los árboles.

Palabras clave

Temporales, pinares, daños, coeficiente de esbeltez, razón de copa, estabilidad

1. Introducción

Los montes productivos se enfrentan a numerosos riesgos de tipo biótico (plagas, enfermedades, daños por fauna silvestre) y abiótico (fuego, daños por viento, sequía o heladas) que condicionan su gestión. El riesgo que suponen estos daños deriva de 3 factores (Jactel et al, 2012): probabilidad de ocurrencia (en este caso de episodios de vendavales), la vulnerabilidad de la masa (tendencia a producirse daños) y del valor de exposición (valor del volumen de madera susceptible de sufrir reducciones). La evaluación numérica de estos aspectos para especies forestales españolas solo se ha abordado parcialmente.

Trabajos de investigación recientes, particularmente referidos a las Landas de Gascuña, han mostrado que los daños por viento vienen determinados por muy numerosos factores, tanto bióticos como abióticos: fisiografía, desarrollo del sistema radical, tipo de suelo y forma de preparación del terreno, dimensiones del arbolado o la propia velocidad del viento, entre otros (Kamimura et al, 2015). La heterogeneidad de la masa y la posibilidad de que el viento forme canales de entrada a la masa produciendo una propagación de daños o se incrementen las turbulencias también se deberían considerar (Pivato et al, 2014; Dupont et al, 2015).

Los daños derivados de viento pueden adoptar diversas formas (ver Quine et al, 1995). En rodales de árboles adultos, los daños suponen tanto el derribo o desarraigo de los árboles como la rotura de la copa o del fuste por debajo de la copa, además de la inclinación. El derribo supone que el

árbol queda completamente tumbado, lo que habitualmente da lugar a la muerte del árbol, cuyos valores de diámetro y altura dejan de recogerse en los sucesivos inventarios, por lo que no contribuyen al área basimétrica de la parcela.

Las inclinaciones pueden presentar ángulos variables, de modo que algunos árboles que podrían haber sido completamente derribados pueden quedar apoyados en otros estando parcialmente desarraigados, mientras que algunos árboles solo son ligeramente inclinados. Las inclinaciones derivan en cambios en las alturas de los árboles que se registran en los sucesivos inventarios.

En cuanto a las roturas, la altura a la que se produce es determinante en la evolución posterior del árbol: una rotura del fuste por debajo de la base de la copa deriva en la muerte de los pinos, mientras que un despunte en la copa puede suponer que el árbol permanezca vivo, aunque pierde la guía y su altura pasa a ser inferior. Estos árboles siguen contribuyendo, mientras estén en pie, al área basimétrica evaluada en cada inventario. Los árboles más delgados son más vulnerables a las roturas de fuste (Sellier y Fourcaud, 2009).

La propia asignación del daño observado al viento como causa concreta es a veces compleja. En algunas ocasiones ocurre previamente la muerte en pie del árbol y posteriormente la rotura del fuste. Estas situaciones complican la evaluación de los daños por viento basados en inventarios forestales, particularmente si consideramos que la madera puede seguir siendo aprovechable, aún a expensas de incrementos de los costes de aprovechamiento y aumento del riesgo de accidentes en la explotación.

2. Objetivos

El objetivo de este estudio fue la cuantificación de los daños por viento derivados de derribos y roturas de la copa o del fuste en una red de parcelas de edad adulta de *Pinus pinaster* en Galicia. Se exploraron las relaciones entre los daños y variables dasométricas a nivel de rodal y a nivel árbol, en aras a aportar herramientas a los gestores para minimizar los daños derivados de temporales.

3. Metodología

En este estudio se ha empleado la información de 21 parcelas establecidas en masas adultas (de 27 a 58 años) de *Pinus pinaster* en la Galicia interior. Las parcelas tienen una superficie de 25 x 40 m, se establecieron en 2006 y se reinventariaron en 2009 y 2012. El segundo inventario se realizó después de la tormenta Klaus de 2009. La identificación de los árboles afectados por daños de viento se basó en la comparación de inventarios, definiéndose dos variables dicotómicas referidas al derribo o a la rotura por viento. No se evaluaron por tanto los daños que derivan en inclinaciones. Se asignaba un valor de 1 a una de estas variables cuando un árbol que en el inventario previo no presentaba daños aparecía tumbado o con rotura a nivel de la copa o por debajo de ella en el inventario siguiente. Esta metodología permite analizar las características dasométricas de los árboles que se relacionan con la probabilidad de sufrir derribos o roturas.

Los daños a nivel de rodal se evaluaron contabilizando conjuntamente los árboles derribados o rotos, en particular mediante el área basimétrica afectada. En los inventarios se distinguió entre el área basimétrica de los árboles vivos y la de los muertos en pie. Se calcularon las variables de masa habituales (edad, altura dominante, densidad, diámetro medio cuadrático e índice de sitio), así como el coeficiente de esbeltez de masa (como la media de los CE de cada uno de los árboles de la parcela) y dos índices de densidad (índice de Reineke SDI e índice de Hart).

A nivel de árbol individual, las mediciones dasométricas habituales (diámetro normal, altura total, altura a la base de la copa) se complementaron con mediciones del diámetro de copa en cruz en una muestra de 25 árboles por parcela. Estas variables permitieron calcular el ratio de copa (como el tanto por uno de la altura del árbol ocupado por la copa), el coeficiente de esbeltez del árbol y la relación entre el diámetro de copa y la longitud de copa (Diéguez et al, 2003).

Se realizaron análisis estadísticos simples, obteniéndose coeficientes de correlación lineal, ANOVA de una vía con clasificación de medias por Tukey y análisis de regresión múltiple, empleando el paquete estadístico SAS (Sas Institute, 2004).

4. Resultados

Daños por viento a nivel rodal

Los resultados de las variables de masa evaluadas en los sucesivos inventarios se muestran en la Tabla 1.

Un total de 20 de las 21 parcelas mostraron daños derivados de derribos o roturas de copa. En 7 parcelas los daños fueron importantes, superando el 10% del área basimétrica para un periodo de 3 años. Para el periodo total de estudio de 6 años, desde el primer inventario (2006) hasta el tercero (2012), el porcentaje medio acumulado de derribos y roturas para todas las parcelas fue del 9,55% del área basimétrica. De las 4 parcelas en las que se realizaron claras o cortas a hecho en rodales colindantes, el porcentaje medio de derribos fue de 13,1%.

A pesar de esta incidencia de daños, el área basimétrica de los árboles vivos, sin contabilizar las parcelas aclaradas, presentó una ligera tendencia creciente entre inventarios: incremento medio del 7,4% de 2006 a 2009, pero de tan solo un 2,2% desde 2009 a 2012, periodo en el que los daños derivados del Klaus afectaron a las parcelas. Esto supone un efecto neto de estancamiento del área basimétrica, observándose una clara tendencia hacia incrementos muy reducidos del área basimétrica de árboles vivos con la edad, tal como se presenta en la Figura 1. Aparejada a esta tendencia se encontró una sobreestimación del área basimétrica derivada de modelos como GesMO (sesgo de -1,6 m²/ha en parcelas sin perturbaciones relevantes, y de -7,6 en las 7 parcelas con mayores porcentajes de derribo), que no tienen en cuenta expresamente los derribos por viento.

Si se excluye una de las parcelas, en la que el altísimo porcentaje de derribos observado deriva de la corta a hecho de un rodal colindante, las parcelas con mayor índice de sitio presentaron un porcentaje más alto de daños ($\rho=0,366$, $p=0,014$), pero no se obtuvieron relaciones significativas entre el porcentaje de daños y la altura dominante o la edad de la parcela. El porcentaje pareció reducirse a medida que aumenta el área basimétrica de la parcela ($\rho=-0,287$, $p=0,058$), tal como se presenta en la Figura 2. El coeficiente medio de esbeltez a nivel rodal varió entre 47,3 y 86,0, mostrando una clara tendencia a la baja con la edad de la parcela ($\rho=-0,628$, $p<0,0001$). A diferencia de lo esperado, no se encontró relación entre el CE y el porcentaje de daños, que pareció derivar en varios casos de cortas a hecho en rodales colindantes o de claras fuertes en rodales demasiado esbeltos.

Daños por viento a nivel de árbol

El número total de árboles derribados por viento computado en el periodo de 6 años de estudio fue de 76, lo que corresponde a un 2,24% de los árboles inventariados. Los resultados de las variables de árbol individual evaluados para árboles derribados y no derribados se presentan en la Tabla 2.

Las variables que mostraron una variación más evidente al comparar los pies derribados y no derribados fueron las relativas a la copa. El coeficiente de esbeltez, que mostró una gran variabilidad, fue más alto, aunque no significativamente, en los árboles derribados. Parece relevante indicar que un total de 412 árboles presentaron valores de $CE \geq 90$, de los cuales solo 14 fueron derribados por el viento (3,4%). Los árboles con menor razón de copa y, en particular aquellos con una mayor altura a la base de la copa, se mostraron más susceptibles a los derribos.

En lo relativo a las roturas del fuste, el número total de árboles afectados por este daño fue de 107, lo que supone un 3,17% de los árboles inventariados. Como ambos tipos de daños son incompatibles en un mismo árbol, el porcentaje total de pies dañados fue del 5,41%. Como la mayoría de los árboles inventariados lo fueron en dos ocasiones sucesivas, esto supondría un porcentaje acumulado sobre arbolado en pie de 10,8%, algo superior por tanto al valor antes indicado sobre área basimétrica. Los resultados de las variables de árbol individual evaluados para árboles rotos y no rotos se presentan en la Tabla 3.

En el caso de las roturas de copa se obtienen mayores diferencias significativas en variables dasométricas de árbol. Las roturas, evaluadas en este caso tanto a nivel de la copa como rotura de fuste por debajo de la copa, se producen en árboles de poco diámetro normal, poca altura y ratio de copa reducido. Los árboles intermedios o dominados serían por tanto los más afectados por este daño. Se aprecia también una tendencia a mayor riesgo de rotura en los árboles más esbeltos.

Contabilizando conjuntamente los daños (bien sean por rotura o por derribo), el CE no presentó efectos significativos, si bien el porcentaje total de árboles dañados fue inferior para $CE < 70$ (4,8%) que en el intervalo de 70 a 90 (5,6%) o en el grupo de árboles con $CE \geq 90$ (7,5% de árboles dañados).

El ratio de copa

Debido a que el ratio de copa resulta ser la variable dasométrica más directamente relacionada con los daños por viento, tanto en el caso de los derribos como en las roturas, se estudió la variación de este parámetro entre parcelas y dentro de cada parcela. Para la variación entre parcelas la relación más clara que se encontró fue la esperable: una tendencia decreciente con la edad. La relación, que puede observarse en la Figura 3, nos indica que el ratio de copa promedio en parcelas de 20 años es del orden de 0,4 y tiende a bajar hasta estabilizarse en valores próximos a 0,25 para parcelas de más de 50 años.

A pesar de esta evolución decreciente con la edad, la variación intraparcela nos indica que el ratio de copa aumenta con el diámetro normal del árbol, como también era esperable. En la Figura 4 se muestra esa relación para tres parcelas de edades crecientes: 21, 42 y 55 años, juntamente con un modelo general ajustado para la predicción de cr (ecuación 1).

$$Cr = (0,1432 - 0,00164 t) dn^{0,4028} \quad (1)$$

donde cr es la razón de copa, t la edad de la parcela en años y dn el diámetro normal en cm

La estimación de los tres parámetros fue altamente significativa, aunque el modelo solo fue capaz de explicar el 22,4% de la varianza total del ratio de copa, si consideramos el valor obtenido del R^2 ajustado

5. Discusión

El riesgo de derribo por viento y sus implicaciones en la gestión forestal ha sido habitualmente tratado en los escritos de los gestores de pinares adultos en toda España, recomendándose en general el progreso de las cortas a hecho en sentido contrario a los vientos dominantes, o su aplicación en fajas considerando un ancho suficiente en la interfaja arbolada (Camarero, 1966). Se han reportado los problemas de derribos tras cortas a hecho en dos tiempos (Rodríguez García et al, 2007) y se han considerado en las pautas de realización de clareos y claras los riesgos de curvaturas y derribos posteriores a su ejecución (recogido en Rodríguez Soalleiro et al, 2008) y la cautela necesaria en la aplicación de claras semisistemáticas tardías. En este último caso, es habitual que los gestores consideren una menor intensidad de corta hacia los bordes de rodales, para evitar la entrada de viento y daños por efecto dominó.

En el presente estudio, los resultados obtenidos a nivel de rodal indican un mayor riesgo para aquellos valores más elevados del índice de sitio, así como una tendencia a la reducción de los daños en los rodales de mayor nivel de área basimétrica, lo que probablemente sea indicativo de un efecto de protección mutua, resultado ya indicado por otros autores en España (Martín-Alcón et al, 2010). Estos autores encontraron que un efecto significativo del coeficiente medio de esbeltez solo puede esperarse para niveles bajos de G ($< 15 \text{ m}^2/\text{ha}$), valor muy bajo en comparación a lo observado en las parcelas de este estudio. Por otra parte, el riesgo parece aumentar en aquellas parcelas en que se realizaron claras o cortas a hecho colindantes, como se observó en un estudio realizado por Moore et al (2003), si bien son casos poco representados en la base de datos. Cucchi et al (2005) reportaron mayores riesgos de daños por viento a medida que la edad de las parcelas o el índice de sitio se incrementaba.

Teniendo en cuenta los resultados de estancamiento en la evolución del área basimétrica mostrados en el presente estudio, parece evidente la necesidad de marcar un turno razonable para comenzar las actuaciones de regeneración en esta especie. Los modelos selvícolas oficiales establecidos por la Xunta de Galicia establecen un rango de 30 a 50 años, con distintos tipos de cortas de regeneración posibles dependiendo de la orientación productiva, lo que parece razonable a la luz de los resultados obtenidos.

El papel de la esbeltez ha sido reconocido por varios autores como una causa de comportamiento inestable (Moore y Maguire, 2004). Sellier y Fourdcaud (2009) observaron que una alta relación entre la altura de fuste y el diámetro conduce a una baja frecuencia de balanceo del árbol y por lo tanto el riesgo de derribo o rotura en condiciones de turbulencia es mayor. Dunham y Cameron (2000) no encontraron diferencias en el diámetro, la altura o el coeficiente de esbeltez de árboles dañados y no dañados, resultados similares a los obtenidos en este estudio cuando analizamos pies derribados y no derribados. En los resultados a nivel de árbol individual se comprueba que variables como el coeficiente de esbeltez presentan una utilidad solo parcial para seleccionar los árboles presuntamente estables, relacionándose de forma más clara con el riesgo de rotura que con el de derribo, lo que ya habían indicado Sellier y Forcaud (2009).

Los resultados más evidentes obtenidos en el presente estudio se refieren a la razón de copa. Este parámetro ha sido utilizado por algunos autores para evaluar el riesgo de derribos por viento (Scott y Mitchell, 2005). La consideración conjunta de la esbeltez de los árboles y de su razón de copa se muestra como una buena herramienta a la hora de decidir árboles a extraer en clara o pies a promover como de porvenir o que se reservarán en futuras cortas a hecho en dos tiempos o aclareo sucesivo. Río et al (1997) analizaron el efecto de distintos regímenes de clara en la estabilidad de *Pinus sylvestris*, obteniendo que las claras bajas y mixtas, al eliminar los árboles más esbeltos y con menor longitud de copa viva, reducían el porcentaje de daños observado. Sin embargo, y a efectos prácticos, debemos considerar que tanto el coeficiente de esbeltez como el ratio de copa se reducen con la edad, además de depender del diámetro normal de los árboles. Los pies a reservar serían por tanto aquellos de menor esbeltez y mayor ratio de copa que lo que correspondería a su edad y diámetro normal.

6. Conclusiones

Los daños por viento tienen una incidencia importante en rodales adultos de *Pinus pinaster* en Galicia, observándose un estancamiento del área basimétrica de árboles vivos por encima de los 50 años de edad. Los árboles que se mostraron como más estables fueron los que presentaron un ratio de copa alto en relación a su edad y su diámetro. La selección progresiva de pies estables podría reducir los daños tras claras o cortas de regeneración.

7. Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por la Xunta de Galicia: Programa de Consolidación y Estructuración de Unidades de Investigación Competitiva. Grupos de Referencia Competitiva. GRC2014/015.

8. Bibliografía

CAMARERO G.; 1966. Plan dasocrático de montes de la provincia de La Coruña. Distrito Forestal de La Coruña, La Coruña.

CUCCHI, V.; MEREDIEU, C.; STOKES, A.; COLIGNY, F.; SUAREZ, J.; GARDINER, B.A.; 2005. Modelling the windthrow risk for simulated forest stands of Maritime pine (*Pinus pinaster* Ait.). For. Ecol. Manag. 213: 184-196.

DIÉGUEZ, U.; BARRIO, M.; CASTEDO, F.; RUÍZ GONZÁLEZ, A.D.; ÁLVAREZ TABOADA, M.F.; ÁLVAREZ GONZÁLEZ, J.G.; ROJO, A.; 2003. Dendrometría. Fundación Conde del valle de Salazar, Madrid, 327 pp.

DUNHAM, R.A.; CAMERON, A.D.; 2000. Crown, stem and wood properties of wind-damaged and undamaged Sitka spruce. *For. Ecol. Manag.* 135: 73-81.

DUPONT, S.; PIVATO, D.; BRUNET, Y.; 2015. Wind damage propagation in forests. *Agricultural and Forest Meteorology.* 214-215; 243-251.

JACTEL, H.; BRANCO, M.; DUNCKER, P.; GARDINER, B.; GRODZKI, W.; LANGSTROM, B.; MOREIRA, F.; NETHERER, S.; NICOLL, B.; ORAZIO, C.; PIOUS, D.; SCHELHAAS, M.J.; TOJIC, K.; 2012. A Multicriteria Risk Analysis to Evaluate Impacts of Forest Management Alternatives on Forest Health in Europe. *Ecol. Soc.* 17. doi:10.5751/ES-04897-170452.

KAMIMURA, K.; GARDINER, B.; DUPONT, S.; GUYON, D.; MEREDIEU, C.; 2015. Mechanistic and statistical approaches to predicting wind damage to individual maritime pine (*Pinus pinaster*) trees in forests. *Can. J. For. Res.* 46(1). 88-100.

MARTÍN-ALCÓN, S.; GONZÁLEZ-OLABARRIA, J.R.; COLL, L.; 2010. Wind and Snow Damage in the Pyrenees Pine Forests: Effect of Stand Attributes and Location. *Silva Fennica* 44(3).

MOORE, J.R.; MITCHELL, S.J.; MAGUIRE, D.A.; QUINE, C.; 2003. Wind damage in alternative silvicultural systems. En: RUCK, B.; KOTTMEIER, C.; MATTHECK, C.; QUINE, C.; WILHELM, G. (eds.): *Wind effects on trees.* Karlsruhe, pp 191-198.

MOORE, J.R.; MAGUIRE, D.A.; 2004. Natural sway frequencies and damping ratios of trees: Concepts, review and synthesis of previous studies. *Trees.* 18: 195-203 .

PIVATO, D.; DUPONT, S.; BRUNET, Y.; 2014. A simple tree swaying model for forest motion in windstorm conditions. *Trees.* 28: 281-293.

QUINE, C.P.; COUTTS, M.P.; GARDINER, B.; PYATT, G.; 1995. Forests and wind, management to minimise damage. *Bulletin 114.* Forestry Commission. 24pp.

RÍO, M.; MONTERO, G.; ORTEGA, C.; 1997. Respuesta de los distintos regímenes de clara a los daños causados por la nieve en masas de *Pinus sylvestris* L. en el Sistema Central. *Invest. Agr.: Sist. Recur. For.* 6 (1 y 2): 103-117.

RODRÍGUEZ-GARCÍA, E.; JUEZ, L.; GUERRA, B.; BRAVO, F.; 2007. Análisis de la regeneración natural de *Pinus pinaster* Ait. en los arenales de Almazán- Bayubas (Soria, España). *Investigación agraria: Sistemas y Recursos Forestales*, 16(1): 25-38.

RODRÍGUEZ SOALLEIRO, R.; MADRIGAL, A.; 2008. Selvicultura de *Pinus pinaster* Ait. subsp. atlántica H. de Vill. En: SERRADA, R.; MONTERO, G.; REQUE, JA. (eds.): *Compendio de Selvicultura Aplicada en España.* INIA. Madrid.

SAS INSTITUTE INC.; 2004. SAS STAT® User's Guide. SAS Institute. Inc., Cary, NC.

SCOTT, R.E.; MITCHELL, S.J.; 2005. Empirical modelling of windthrow risk in partially harvested stands using tree, neighbourhood, and stand attributes. *For. Ecol. Manag.* 218: 193-209.

SELLIER, D.; FOURDCAUD, T.; 2009. Crown structure and wood properties: influence on tree sway and response to high winds. *American Journal of Botany*. 96(5): 885-896.

Tabla 1. Variables dasométricas de masa obtenidas en el primer y segundo inventario de las parcelas. G representa el área basimétrica y DMC el diámetro medio cuadrático.

Parámetro	Promedio	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
Edad (t, años)	32,7	8,83	21	55
G vivos ($m^2 ha^{-1}$)	46,7	14,54	20,4	83,7
G total ($m^2 ha^{-1}$)	47,1	14,74	20,4	85,0
G daños viento ($m^2 ha^{-1}$)	2,3	3,98	0	25,7
Porcentaje derribos (PD, %)	4,8%	5,50	0	30,3
Densidad (N, pies ha^{-1})	758	353	240	1990
Altura dominante (H_0 , m)	19,7	3,26	14,2	27,5
Índice de sitio (IS, m)	14,3	2,13	9,4	19,5
Coficiente esbeltez (CE)	67,3	9,26	47,3	86,0
DMC (cm)	29,5	7,11	19,4	44,6
Índice de Hart (%)	19,7	2,77	13,3	26,7
Índice Reineke (SDI)	899	246	434	1422

Tabla 2. Parámetros de árbol individual (media y desviación típica) para pies derribados y no derribados. Se incluye el nivel de significación del ANOVA. Letras distintas indican formación de grupos por el test de Tukey.

Parámetro	Pies derribados	Pies no derribados	Nivel significación
Altura (h, m)	17,7 (3,38)	17,0 (3,42)	-
Altura de copa (hc, m)	12,3 (2,94)a	11,3 (2,67)b	0,011
Razón de copa (cr,)	0,304 (0,096)b	0,339 (0,099)a	0,024
Coficiente esbeltez (CE)	71,3 (22,3)	69,3 (17,0)	-
Diámetro (d, cm)	27,7 (11,8)	26,3 (9,1)	-
Diámetro de copa (dc, m)	3,5 (1,54)	3,5 (1,48)	-

Tabla 3. Parámetros de árbol individual (media y desviación típica) para pies rotos y no rotos. Se incluye el nivel de significación del ANOVA. Letras distintas indican formación de grupos por el test de Tukey.

Parámetro	Pies rotos	Pies no rotos	Nivel significación
Altura (h, m)	16,2 (2,97)	17,1 (3,43)a	0,007
Altura de copa (hc, m)	11,1 (2,54)	11,3 (2,68)	-
Razón de copa (cr,)	0,314 (0,088)b	0,339 (0,099)a	0,010
Coficiente esbeltez (CE)	72,4 (15,7)	69,2 (17,2)	0,057
Diámetro (d, cm)	23,5 (7,2)b	26,5 (9,2)a	0,001
Diámetro de copa (dc, m)	3,1 (1,21)	3,5 (1,49)	-

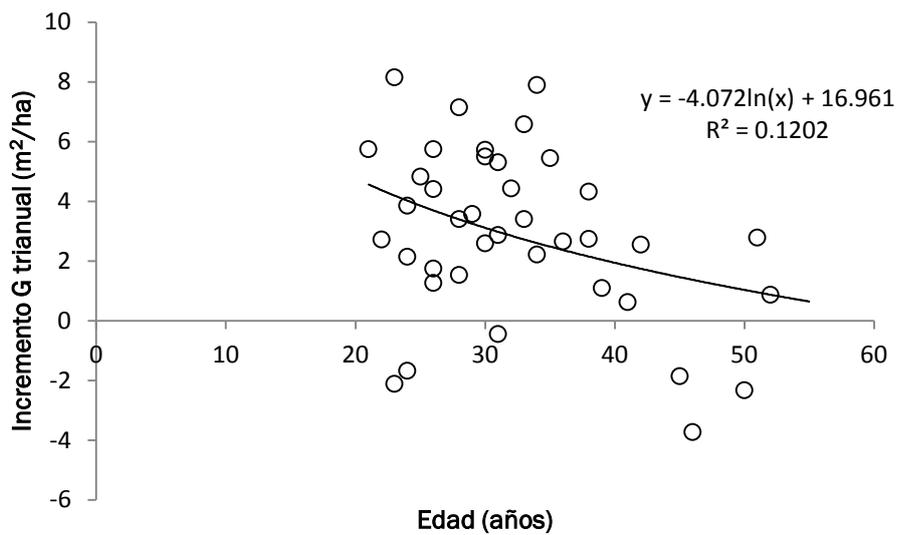


Figura 1. Evolución del área basimétrica de árboles vivos con la edad

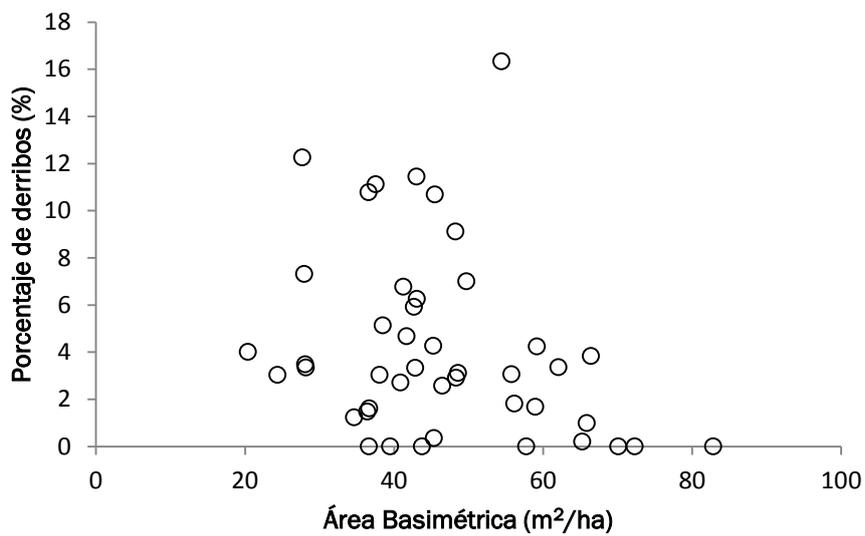


Figura 2. Porcentaje observado de derribos en relación al área basimétrica de cada inventario

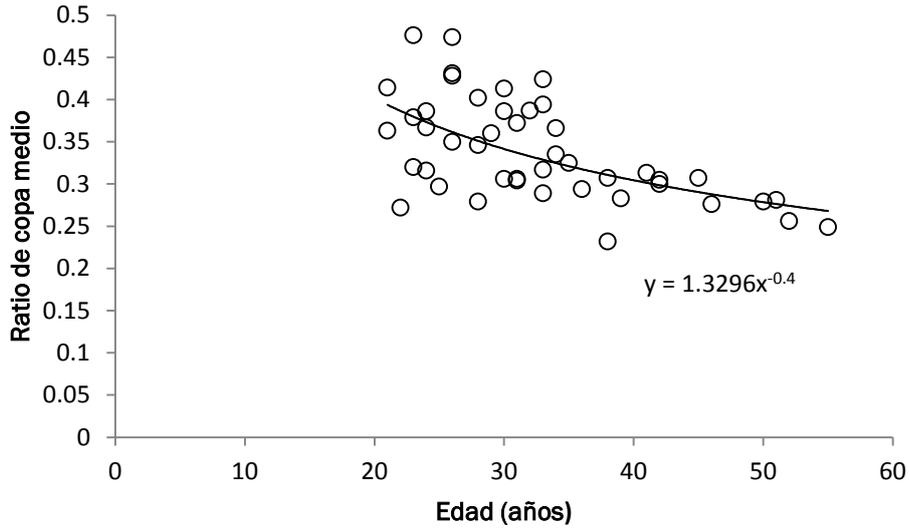


Figura 3. Evolución del ratio medio de copa con la edad de cada inventario

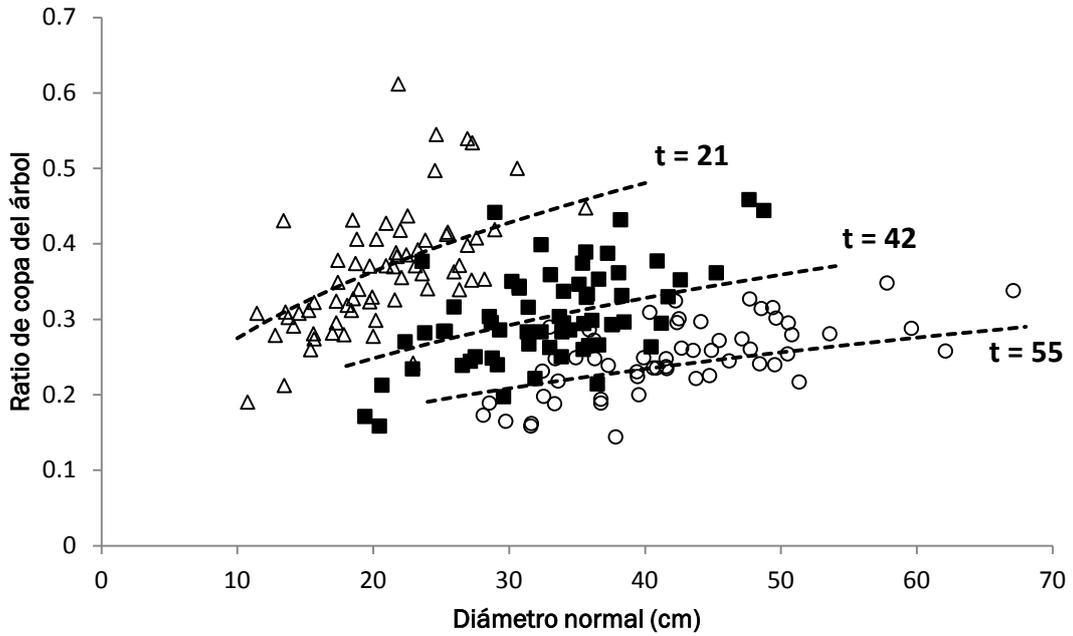


Figura 4. Variación con la edad y con el diámetro en cada inventario del ratio de copa individual. Se muestran los datos para 3 inventarios con edades de 21, 42 y 55 años, superponiéndose el modelo (1) para esas edades