



7º CONGRESO FORESTAL ESPAÑOL

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

26 - 30 junio 2017 | Plasencia
Cáceres, Extremadura

7CFE01-545

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

© Sociedad Española de Ciencias Forestales

Estimación de la transición entre madera juvenil y adulta de *Pinus sylvestris* L.

RUANO SÁNCHEZ, A.¹, HERMOSO PRIETO, E.¹, RUIZ-PEINADO, R.^{2,3}, MONTERO, G.² y GRAU, J.M.²

¹ Laboratorio de Maderas. Departamento de Productos Forestales. INIA-CIFOR.

² Departamento de Selvicultura y Gestión de Sistemas Forestales. INIA-CIFOR.

³ Instituto Universitario de Investigación en Gestión Forestal Sostenible. Universidad de Valladolid- INIA.

Resumen

Una de las características manifestada en nuestras maderas de coníferas nacionales es la presencia, en mayor o menor medida, de la madera juvenil. Esta madera presenta unas propiedades y características inferiores a las de la madera adulta que condicionan su aptitud al uso. En plantaciones de turno corto, el porcentaje de madera juvenil es mayor y la rentabilidad de la madera podría ser afectada al perder su idoneidad para usos de alto valor añadido, como es el estructural. El objetivo de este trabajo es tratar de establecer el punto o zona de transición entre la madera juvenil y madera adulta, permitiendo conocer la proporción de madera juvenil existente y con ello, el rendimiento esperable de madera de calidad. El material utilizado es madera *Pinus sylvestris* L. de las parcelas experimentales del INIA, una de las coníferas en España habituales en construcción. La metodología se centra en determinar modelos de hipótesis que relacionen el incremento corriente anual en altura con la formación de madera juvenil, obteniendo como resultado un ajuste que permite determinar la transición buscada.

Palabras clave

Madera juvenil, transición, aptitud al uso, pino silvestre.

1. Introducción

La madera es un material de construcción que en España está cobrando auge debido a las ventajas que aporta frente a los problemas ambientales. Entre sus virtudes se encuentra que es uno de los mejores materiales respecto a la escasa huella de carbono que genera en su procesado, al secuestro carbono que genera en su crecimiento y a ser un material renovable.

Una dificultad del uso de la madera estructuralmente se revela en su heterogeneidad de propiedades físicas y químicas, variando, no solo a nivel de especie, estación y pie, sino también dentro del propio árbol. Existen cambios sustanciales a lo largo del tronco, dentro del mismo anillo, desde la médula hacia la corteza, e incluso entre la madera temprana y la tardía. Esta variación de propiedades está inducida según algunos autores por varios factores que interactúan con el árbol como son el clima, el sitio, la selvicultura y el genotipo entre otras (Larson, 1969; Larson *et al.*, 2001; Baldwin *et al.* 2000; Rodríguez & Ortega, 2006 and Rowland *et al.*, 2004).

Existe una variación marcada y definida en la madera de cada árbol, conocida como madera juvenil. La madera juvenil se puede describir como la madera todavía inmadura que se produce en los primeros años de vida, en la que sus características sufren cambios rápidos y progresivos en los anillos según se aleja de la médula en sentido transversal, hasta alcanzar un punto, a partir del cual,

dichas propiedades se estabilizan. Las propiedades de la madera juvenil varían a lo largo del tronco y suele estar más presente en la zona de la copa, por lo que ha recibido diversos nombres (Larson et al., 2001). Actualmente debido a la tendencia en la silvicultura de reducir los turnos cada vez más, la cantidad de madera juvenil presente en el tronco vuelve a ser significativa, depreciando su valor y pudiendo provocar pérdidas en las pilas de madera de los secaderos por las deformaciones a las que da lugar.

La disminución en las propiedades físico-mecánicas y tecnológicas que introduce la presencia de la madera juvenil, así como los problemas de secado originados por las desiguales contracciones, se traducen en una reducción de la aptitud al uso del material y por tanto decae el rendimiento económico (Larson, 1969; Zobel & Sprague, 1998; Burdon et al., 2004; Hermoso et al., 2013).

La trascendencia de esta característica en el uso final del material se refleja en la normativa de clasificación visual resistente de la madera para uso estructural (UNE 56.544, 2011), la cual penaliza la presencia de madera juvenil en la clase de calidad superior. Por este motivo, la determinación del punto de transición a la madera adulta que permita conocer su proporción, resulta trascendental. Las particularidades de la madera juvenil en las principales coníferas españolas con uso estructural están siendo estudiadas dentro del proyecto RTA2014-0005 del CIFOR-INIA, en donde entre otros, se encuadra este estudio.

En esta línea, Kučera (1994) expone una hipótesis para determinar el punto de transición entre la madera juvenil y adulta basada en relacionar el incremento corriente anual en altura con la formación de madera juvenil. El estudio fue realizado sobre masas de *Picea abies* (L.) Karst., con resultado positivo, exponiendo entre sus conclusiones la posibilidad de aplicación para otras coníferas.

En España no es habitual el uso de funciones de este tipo para determinar la transición entre madera juvenil y adulta, ya que normalmente la estimación se realiza en función del crecimiento dado por las tablas de producción, que siguen otro patrón diferente al propuesto por Kučera. En este estudio se plantea comprobar la utilidad del modelo utilizado sobre las masas de *Picea* para la determinación del punto de transición entre madera juvenil y adulta, aplicada a especies de madera españolas.

2. Objetivos

El objetivo del trabajo consiste en determinar la transición de la madera juvenil a adulta sobre madera de *Pinus sylvestris* L. mediante modelos de ajuste (Kučera, 1994) alternativos a los clásicos que han probado su eficacia sobre madera de *Picea* pero de aptitud desconocida coníferas españolas.

3. Metodología

3.1. Área de estudio

Las parcelas sobre las que se realiza el estudio pertenecen a la red de Sitios de Ensayo de Gestión Forestal Sostenible (SEGeForS) del Centro de Investigación Forestal (CIFOR) del INIA. En ellas se han testado diferentes intensidades de clara y poda sobre la masa, disponiendo de una gran

información sobre el desarrollo de la misma tras varias operaciones selvícolas que se encuentra recogida en los diferentes inventarios quinquenales realizados por el CIFOR en dicha red desde 1991, en *Pinus sylvestris* L..

Para el *Pinus sylvestris* L. se escogieron unas parcelas de estudio localizadas en el sistema central, concretamente en la Morcuera (Comunidad de Madrid) (40°50´N, 3°5´W). Se encuentran a una altitud de 1.550 m.s.n.m. en la cara norte de la montaña con una orientación NE y una pendiente variable del 10-50% en el área de estudio. La precipitación media anual es de 1.062 mm y la temperatura media anual es de 7°C.

3.2. Diseño de muestreo

Para llevar a cabo este estudio, se han recogido distintos tipos de muestras.

En el área de estudio se seleccionan aquellos árboles más próximos a la altura y diámetro medio de la parcela. En cada parcela procedente de cada bloque y tratamiento se apea un árbol del que se le mide la altura total, el diámetro a la altura del pecho (DAP), así como las distancias entre verticilos. Una vez apeado se extraen discos contando con la rodaja basal y desde ella, uno cada tres metros, así como una rodaja a DAP y a 4,30 m de altura (figura 1). En total fueron 15 árboles apeados.



Figura 1. Discos extraídos de los árboles apeados a diferentes alturas

Este muestreo tan extenso tiene como objetivo estudiar la variación a lo largo del tronco de la cantidad de madera juvenil aunque este trabajo se centra sobre la rodaja basal, siguiendo la metodología y la fórmula de Kučera, para verificar si del análisis de los incrementos de crecimiento se puede derivar el cambio de madera juvenil a madera adulta asociado al punto de inflexión de dichos incrementos de altura.

3.3. Metodología

El estudio del punto de transición entre la madera juvenil y adulta se realiza mediante el análisis y ajuste de la curva de incrementos de crecimiento, utilizando para el cálculo de dicho punto el paquete estadístico R.

Como medida de control del punto de transición, se utilizan las tendencias radiales de la densidad del anillo de la madera, ya que la densidad es una variable muy ligada a los módulos de elasticidad y rotura (MOE y MOR) así como coeficientes de dureza y contracción (Rodríguez y Ortega, 2006). Para ello, del disco basal se extraen dos láminas de 2 mm de grosor, una en dirección radial NE a favor de la pendiente del terreno y otra en la cara SE, siempre que la pendiente fuera superior al 5%; en el resto se sacaron las láminas con orientación radial N y S respectivamente siguiendo la teoría de Lablokoff (1963). Posteriormente las láminas fueron sometidas a un proceso de eliminación de extractivos mediante el uso de Pentano y acondicionadas al 12% de humedad. La obtención de los perfiles densitométricos de los anillos se llevó a cabo a continuación mediante microdensitometría de rayos X mediante los programas LIGNOVISION™ y TSAPwin™. Estas medidas sirven como control del incremento entre verticilos medidos, así como mediante el conteo de anillos, comprobación de algunos dudosos.

Dado que el punto de transición varía en función de la característica de estudio (Sauter, 1999; Ilic, 2003) se escogen para su detección aquellas que mejor ajuste dan como, la textura de la madera, la densidad de la madera final y la densidad mínima.

Con los datos obtenidos se realiza el análisis estadístico y un ajuste de regresión segmentada para obtener el punto de transición mediante el programa estadístico "R".

4. Resultados

Para obtener el punto de transición mediante la medición de la distancia entre verticilos, el modelo de ajuste utilizado (Kučera, 1994) es del tipo:

$$Y = Ae^{(-B/X^C)}$$

Siendo: Y la altura en metros y X la edad en años.

Se pueden observar en la figura 2 varios ejemplos de los ajustes obtenidos para la muestra de pino silvestre de este estudio.

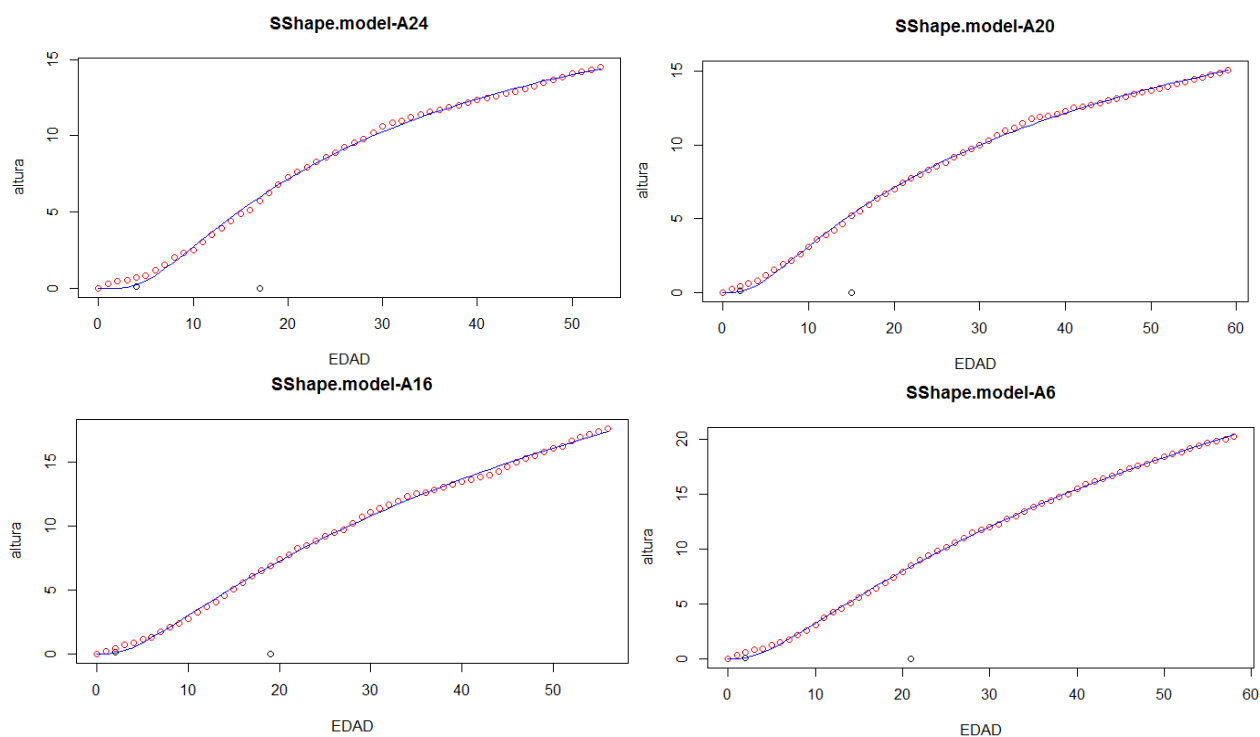


Figura 2. Curva ajustada y localización de los puntos de transición

A continuación, como control de los resultados del ajuste anterior, con las laminillas sin extractivos y acondicionadas se obtienen los densitogramas a partir de las radiografías como se observa en la figura 3.

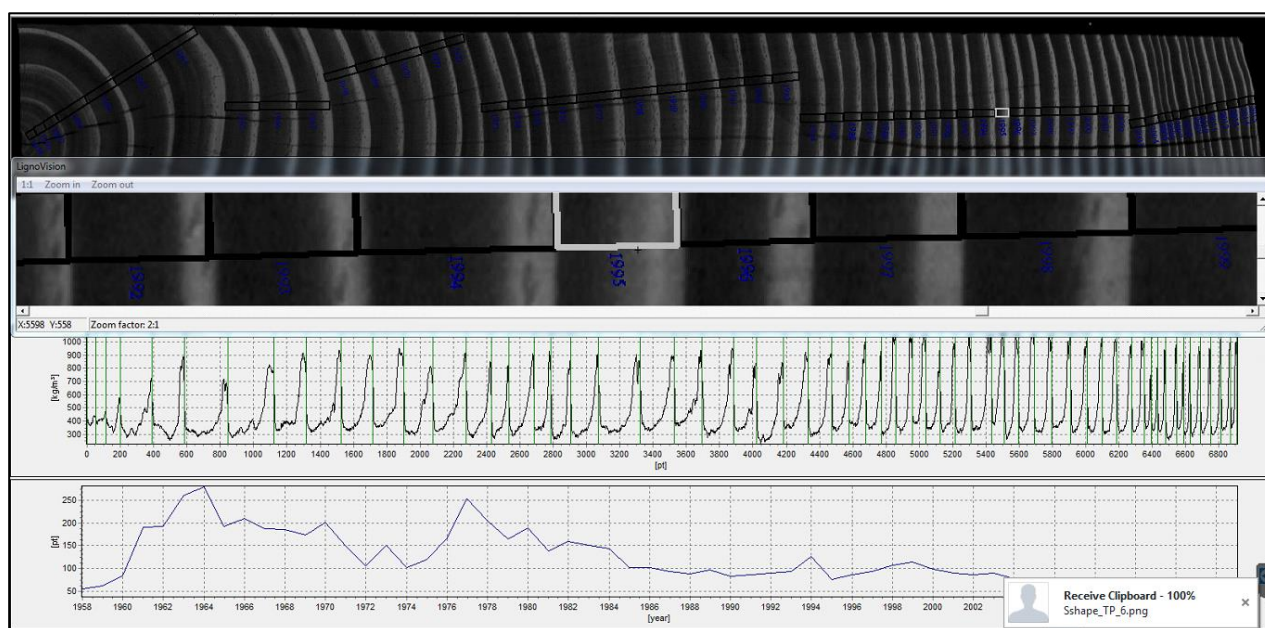


Figura 3. Obtención de los datos de microdensitometría mediante el programa LIGNOVISION™

Para el cálculo del punto de transición a partir de los datos de los densitogramas, se usa una regresión lineal bisegmentada. Para evitar malos ajustes derivados de las variaciones en las curvas que se producen en los primeros anillos para la densidad (figura 4), se eliminan los 6 primeros anillos siguiendo la metodología de Rodríguez y Ortega (2006).

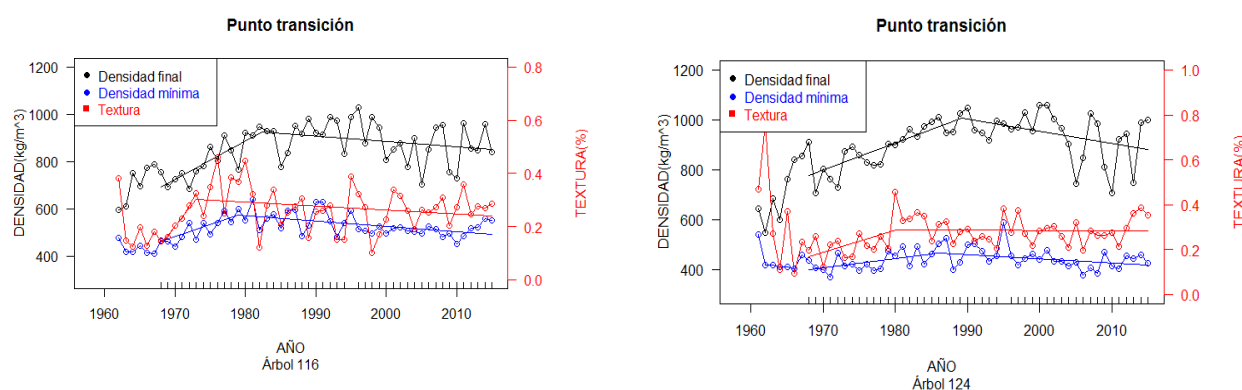


Figura 4. Ejemplos de la variación del punto de transición en función de la variable estudiada

Mediante las pendientes representadas en las gráficas de la figura 4 se determina el punto de transición entre la madera juvenil y adulta.

En la tabla 1 viene resumido el dato obtenido mediante el ajuste de la regresión, así como el obtenido mediante la recta bisegmentada de datos densitométricos.

Tabla 1. Resumen de los datos de los ajustes obtenidos para las distintas variables

ARBOL	Año ajuste Kučera	Ajuste densitometría	Desviación estándar
101	1983	1984	5
104	1988	1988	1
106	1982	1986	4
108	1983	1986	3
112	1980	1984	5
113	1994	1993	4
114	1976	1984	4
115	1981	1979	2
116	1979	1983	3
119	1978	1985	5
120	1975	1978	3
124	1983	1986	3
126	1986	1987	2
127	1977	1980	3

5. Discusión

En todos los árboles estudiados se han obtenido buenos ajustes de las sigmoides con un R^2 elevado (figura 2), encontrándose las mayores discrepancias en el ajuste en los primeros años de crecimiento, así como en los años posteriores debidos a los tratamientos sobre la masa de claras fuertes y podas. Los puntos de transición varían sin diferencias significativas en la rodaja basal. Salvo esas pequeñas discrepancias el ajuste de la curva propuesta por Kučera (1994), y cuyo estudio de su aplicación es el objetivo de este estudio, se ajusta bastante bien al crecimiento del pino silvestre presente en las parcelas de estudio. Como ya apuntaba el mismo autor aunque sin comprobarlo, su validez es extensiva para otras coníferas también.

De la figura 4 se deriva que los ajustes bisegmentados obtenidos para determinar el punto de transición, presentan discrepancias entre las distintas variables estudiadas aunque inferiores a las referidas en Rodríguez y Ortega (2006), posiblemente debidas a fluctuaciones plurianuales. Dichos puntos de transición se encuentran dentro del rango descrito para el pino silvestre.

De estos mismos resultados, se puede observar cómo la edad cambial, una vez alcanzado el punto de transición, se vuelve más o menos estable o incluso negativa sin embargo para la densidad final, la pendiente es algo mayor que en las otras dos medidas, densidad mínima y textura.

Considerando la textura, la característica que normalmente ha sido utilizada en otros trabajos para determinar el punto de transición, se aprecia que este cambio es más suave que en las otras dos variables estudiadas.

Los años de transición obtenidos mediante el ajuste de Kučera se encuentran, salvo en dos árboles, dentro del rango de años obtenidos mediante la regresión de las distintas medidas de densidad (tabla 1). Además, todos los ajustes de las rectas bisegmentadas son significativos, variando el error estándar entre 1 y 5 años.

6. Conclusiones

- Según los datos obtenidos, es posible la aplicación del ajuste aportado por Kučera para la especie de *Pinus sylvestris* L. de la Península Ibérica como vía para determinar el punto de transición entre la madera juvenil y la madera adulta. Esta validez se probará si es extensiva a otras especies de coníferas españolas, así como también otros métodos de ajuste del punto de transición.
- El uso de ajustes bisegmentados para este mismo fin, presenta discrepancias en los resultados según se utilice como variable la textura, densidad final o densidad mínima, pero los valores arrojados se encuentran dentro del rango descrito para la especie de pino silvestre.
- El cruce de datos obtenidos por ambas metodologías para la determinación del punto de transición presenta ajustes significativos, con errores que varían entre 1 a 5 años, lo que soporta la bondad del ajuste de Kučera para este fin.

7. Agradecimientos

Los autores agradecen el soporte financiado por el INIA mediante el proyecto RTA2014-00005-00-00 dentro del Programa Nacional de I+D del Ministerio de Economía y Competitividad de España.

8. Bibliografía

BALDWIN, V.C.; PETERSON, K.D.; CLARK, A.; FERGUSON, R.B.; STRUB, M.R.; BOWER, D.R. 2000. The effects of spacing and thinning on stand and tree characteristics of 38-year-old loblolly pine. *Forest Ecology and Management* 137(1-3) 91–102.

BURDON, R.D.; KIBBLEWHITE, R.P.; WALKER, J.C.F.; MEGRAW, R.A.; EVANS, R.; COWN, D.J.; 2004. Juvenile versus Mature Wood: A New Concept, Orthogonal to Corewood versus Outerwood, with Special Reference to *Pinus Radiata* and *Pinus Taeda*. *Forest Science* 50, 4 399-415.

HERMOSO, E.; DIEZ, M.R.; FERNÁNDEZ-GOLFÍN, J.I.; IÑIGUEZ-GONZÁLEZ, G.; 2013. Efecto del tamaño de la sección y la médula sobre la resistencia y rigidez de la madera aserrada estructural de pino radiata (*Pinus radiata* D. Don.). Actas: 6CFE01-530, ISBN 978-84-937964-9-5, 6º Congreso Forestal Español, Vitoria-Gasteiz (España).

KUČERA, B.; 1994. A hypothesis relating current annual height increment to juvenile wood formation in Norway Spruce. *Wood and Fiber Science* 26 (1) 152-167.

LARSON, P.R.; 1969. Wood formation and the concept of wood quality. Bulletin No.74. University, School of Forestry. New Haven, Yale.

LABLOKOFF, A. KH.; 1963. L'épicéa; influence des facteurs écologiques sur les propriétés mécaniques des bois. Paris, Société d'édition d'enseignement supérieur, 75 p.

LARSON, P.R.; KRETSCHMANN, D.E.; CLARK, A.; ISEBRANDS, J.G; 2001. Formation and properties of juvenile wood in southern pines: a synopsis. Gen. Tech. Rep. FPL-GTR-129. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory. Madison, Wisconsin.

ILIC, J.; NORTHWAY, R.; AND PONGRACIC, S.; 2003. Juvenile wood characteristics, effects and identification: literature review. Forest and Wood Products Research and Development Corporation R Report, Project PN02.1907, Forest and Wood Products Research and Development Corporation, Melbourne, Australia. Available from www.fwprdc.org.au

R Development Core Team; 2008. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org>.

RODRIGUEZ, E.; ORTEGA, M.; 2006. Tendencias radiales de la densidad y sus componentes en *Pinus nigra* Arn. de la Península Ibérica. *Investigación Agraria: Sistemas Recursos Forestales* 15(1) 120-133.

ROWLAND, D.B.; KIBBLEWHITE, R.P.; JOHN, C.F.W.; ROBERT, A.M.; ROBERT, E.; DAVID, J.C.; 2004. Juvenile Versus Mature Wood: A New Concept, Orthogonal to Corewood Versus Outerwood, with Special Reference to *Pinus radiata* and *Pinus taeda*. *Forest Science* 50 399-415.

SAUTER, U. H.; MUTZ, R.; MUNRO, B. D.; 1999. Determining Juvenile-Mature Wood Transition in Scots Pine Using Latewood Density. *Wood and Fiber Science* 31 (4) 416-425.

UNE 56544. 2011 Clasificación visual de la madera aserrada para uso estructural. Asociación Española de Normalización (AENOR).

ZOBEL, B.J. & SPRAGUE, J.R.; 1998. Juvenile wood in forest trees. Springer-Verlag, Berlin.