

## **Influencia de algunos parámetros en el alabeo de la madera aserrada de *Pinus caribaea* Morelet, var. *Caribaea***

### **Influence of some parameters on the warping of the sawn wood of *Pinus caribaea* Morelet, var. *Caribaea***

**Inés González Cruz<sup>1</sup>, Daniel Álvarez Lazo<sup>2</sup>, Luisberys Velázquez Abad<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Doctora en Ciencias Forestales, Profesora Titular. Universidad de Pinar del Río "Hermanos Saíz Montes de Oca". Pinar del Río, Cuba. Correo electrónico: ines@upr.edu.cu

<sup>2</sup>Ingeniero Forestal. Universidad de Pinar del Río "Hermanos Saíz Montes de Oca". Pinar del Río, Cuba. Correo electrónico: daniel@upr.edu.cu

<sup>3</sup>Licenciado en Física Nuclear. Profesora Titular. Doctora en Ciencia Física. Universidad Católica del Norte. Antofagasta. Chile. Correo electrónico: luisberys@upr.edu.cu

**Recibido:** 4 de mayo de 2018.

**Aprobado:** 11 de enero de 2019.

#### **RESUMEN**

El trabajo que se presenta tiene como objetivo describir la influencia de la inclinación de la fibra y el ancho de los anillos de crecimiento en las deformaciones (alabeo) en la dirección radial de la madera aserrada (postsecado) de *Pinus caribaea* Morelet, var. *Caribaea*. Se tomaron 100 piezas aserradas de tres posiciones en la troza, a diferentes distancias de la médula en la dirección radial, codificadas como A (12 cm), B (24 cm) y C (36 cm). Para medir el ancho de los anillos de crecimiento se utilizó un pie de rey, tomándose una posición referencial en la

dirección horizontal. Se hicieron mediciones de la inclinación de la fibra, haciendo uso de una pieza puntiaguda y una cinta métrica y se determinó la longitud de los lados: cateto opuesto e hipotenusa del triángulo formado y aplicando la expresión se determinó el ángulo objeto de estudio. Como resultado se obtuvo que la inclinación de la fibra, el ancho de los anillos de crecimiento y alabeo disminuyen hacia la corteza. El coeficiente de correlación entre alabeo e inclinación de la fibra es de 0,372 y entre alabeo y ancho de los anillos es de  $r = 0,859$ .

**Palabras clave:** alabeo; anillos; aserrada; fibra; inclinación.

## ABSTRACT

The aim of this paper is to describe the influence of the fibre inclination and the width of the growth rings on the deformations (warping), in the radial direction of the sawn wood (post drying) of *Pinus caribaea* Morelet, var. *caribaea*. One hundred sawn wood pieces were taken from three positions in the log, at different distances from the pith in the radial direction, coded as A (12 cm), B (24 cm) and C (36 cm). To measure the width of the growing rings, a callipers was used, taking a referential position in the horizontal direction. The inclination of the fibre was measured using a

pointed piece and a tape measure and the length of the sides was determined: the opposite cathetus and the hypotenuse of the triangle formed and applying the expression the studied angle was determined. As a result, it was obtained that the inclination of the fibre, the width of the growth rings and warping decrease towards the bark. The correlation coefficient between warping and fibre inclination is 0.372 and between warping and ring width is  $r = 0.859$ .

**Keywords:** warping; rings; sawn wood; fibre; inclination.

## INTRODUCCIÓN

La necesidad de industrialización, el aumento del nivel de vida de la población y el desarrollo de la agricultura que se ha venido produciendo en los últimos tiempos en Cuba, requiere cada día una mayor demanda de madera; sin embargo, en la industria del aserrado se presenta un problema: la madera aserrada de *Pinus caribaea* Morelet, var. *Caribaea*, no satisface las exigencias del sector constructivo, dada las deformaciones que presenta posterior a su secado.

Ante la necesidad de aumentar el mercado para la madera, es de prioridad encontrar la manera de minimizar la torcedura. La torcedura o deformación es una de las causas principales que afectan la calidad de la madera. La falta de rectitud en la madera es una de las razones principales que limitan la

satisfacción de los productos de la madera en el mundo. Johansson y otros., (1994).

Un estudio de las deformaciones puede conducir a la identificación de propiedades relevantes, así como los parámetros más importantes que tienen influencia directa en la calidad del producto, y por tanto ayudar a una selección adecuada del material antes de su aserrado y secado para optimizar la utilización de cada troza recibida en el aserrío. Álvarez, (2007).

Durante el secado de la madera aserrada aparece un gradiente de humedad que es inevitable, dada la existencia del espesor de la madera, así como una tensión de secado que, debido a la diferencia de contracción, condicionan torceduras y otras deformaciones.

Autores como Calderón, (2016) refieren que es el alabeo simultáneo de las caras

de una pieza escuadrada en las direcciones longitudinal y transversal, lo que da como resultado un retorcimiento de la madera a manera de tirabuzón; generalmente, la torcedura se manifiesta en la madera con grano entrecruzado.

Las tensiones de crecimiento perjudican en grado sumo algunos aprovechamientos de la madera, porque promueven la presencia de grietas y rajaduras en las cabezas de rollos y de piezas aserradas, así como provocan la manifestación de alabeos en piezas aserradas Calderón, (2016). Este autor reconoce que el grano espiralado se presenta con mayor intensidad en la madera próxima a la médula, disminuyendo en los anillos de crecimiento formados lejos de aquella.

Calleros, (2015) considera que la fibra de la madera crece en paralelo al eje del árbol, pero en ocasiones adquiere otros sentidos y, como consecuencia de ello, en algunas operaciones como en el momento de secado aumenta la tendencia a curvarse y disminuye la resistencia de la madera en la dirección del eje del árbol. Otros autores como

Sosa y otros., (2016) concluyen en su estudio que la carga que soporta la madera depende de la dirección en que se aplique respecto a la dirección de la fibra.

Forsberg, (2001) plantea que los dos parámetros mayormente asociados a la torcedura son: distancia de la médula (la cual es una expresión indirecta de la curvatura del anillo anual) y el ángulo de inclinación de la fibra.

Perstorper y otros., (2001) y Johansson y otros., (2001) han mostrado experimentalmente que la torcedura está dada por factores principales como la curvatura del anillo anual y el ángulo de grano espiral.

Una manera de enfrentar el problema de las deformaciones de la madera es con el entendimiento de los mecanismos que la regulan; en consecuencia, el objetivo del presente trabajo es describir la influencia de la inclinación de la fibra y el ancho de los anillos de crecimiento en las deformaciones (alabeo) en la dirección radial de la madera aserrada (postsecado) de *Pinus caribaea* Morelet, var. *Caribaea*.

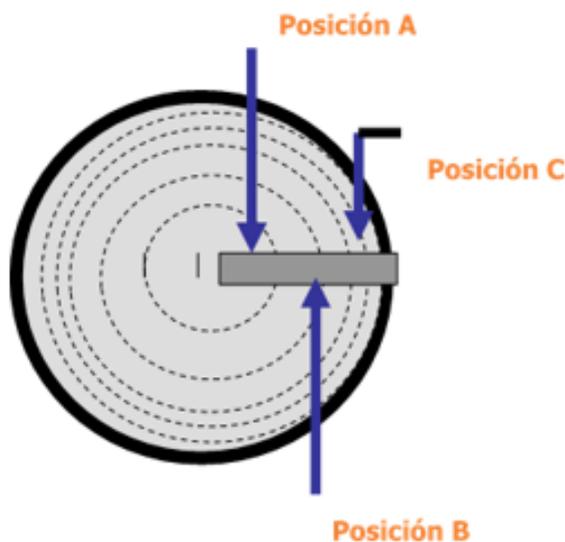
## MATERIALES Y MÉTODOS

Se obtuvieron las piezas aserradas de plantaciones que pertenecen a la Unidad Silvícola «San Simón de las Cuchillas», San Juan y Martínez. Se toma como referencia el aserradero «Álvaro Barba» y el aserrío localizado en la carretera a San Juan y Martínez, todos pertenecientes a la Empresa Agroforestal de Pinar del Río.

Las mediciones, referidas a las propiedades físicas se realizaron en los laboratorios del Instituto de Investigación Científica Tropical y el Laboratorio de Ingeniería Civil en Lisboa,

Portugal, utilizando probetas procedentes de trozas obtenidas en la Empresa Agroforestal de Pinar del Río.

Considerando el procedimiento establecido por Durán, (1999) y la norma ASTM D245 (2006), se realizó el estudio de la inclinación de la fibra, lo que permitió definir su influencia sobre el alabeo de la madera aserrada de *Pinus caribaea* Morelet, var. *Caribaea*. Se tomaron 100 piezas aserradas de tres posiciones en la troza, a diferentes distancias de la médula en la dirección radial, codificadas como A (12cm), B (24 cm) y C (36cm) (Véase figura 1).

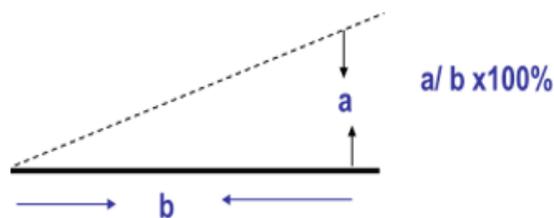


**Fig. 1.** Posiciones en dirección radial.

Se hicieron mediciones de la inclinación de la fibra, haciendo uso de una pieza puntiaguda y una cinta métrica (con un error de exactitud de 0,1 mm) y se determinó la longitud de los lados **a**

como cateto opuesto y **b** como hipotenusa del triángulo formado; aplicando la expresión (1), se determinó el ángulo objeto de estudio (Véase figura 2).

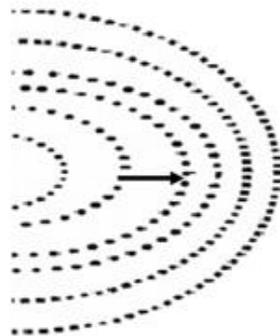
$$\left( \operatorname{sen} \theta = \frac{\text{catet.opuesto}}{\text{hipotenusa}} \right) (1)$$



**Fig. 2.** Inclinación de la fibra.

Se realizaron repetidas mediciones en tres posiciones diferentes a lo largo de la pieza aserrada y se tomó como valor de esta magnitud el valor de mayor frecuencia. Para medir el ancho de los

anillos de crecimiento se asume el proceder de Kliger, (2002). Se tomó una posición referencial en la dirección horizontal, haciendo uso de un pie de rey (con un error de exactitud de 0.05 mm) (Véase figura 3).



**Fig. 3.** Ancho de los anillos en dirección radial.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Análisis de la influencia de la inclinación de la fibra y el ancho de los anillos sobre el alabeo de la madera aserrada de *Pinus caribaea* Morelet, var. *Caribaea***

Los valores de las mediciones de los parámetros de la madera se muestran en la tabla 1. (Véase tabla 1)

**Tabla 1.** Valores medios de la inclinación de la fibra y ancho de los anillos de crecimiento. Análisis de comparación de medias, según SNK.

Características	Posición A (12cm)	Posición B (24cm)	Posición C (36cm)
Inclinación fibra (cm.)	0,35211a	0,19263b	0,18333c
Ancho anillos (mm)	8,78263a	5,06526b	2,63737c

Resultados con la misma letra, no existe diferencia significativa entre ellas para  $p > 0,05$ .

### Inclinación fibra

Como se muestra, la inclinación de la fibra disminuye hacia la corteza en la dirección radial (Véase figura 4 y tabla 1). El coeficiente de correlación entre el alabeo y la inclinación de la fibra es de

Los resultados del análisis de varianza expresan que existe diferencia significativa entre los valores medios de

0,372; valores similares se han encontrado en estudios realizados por Perstorper, (2001) que arrojan un coeficiente de correlación de 0,26. (Véase tabla 4).

esta magnitud para un nivel de significación de 0,05 (Véase tabla 2).

**Tabla 2.** Análisis de varianza (One-Way ANOVA). Inclinación fibra.

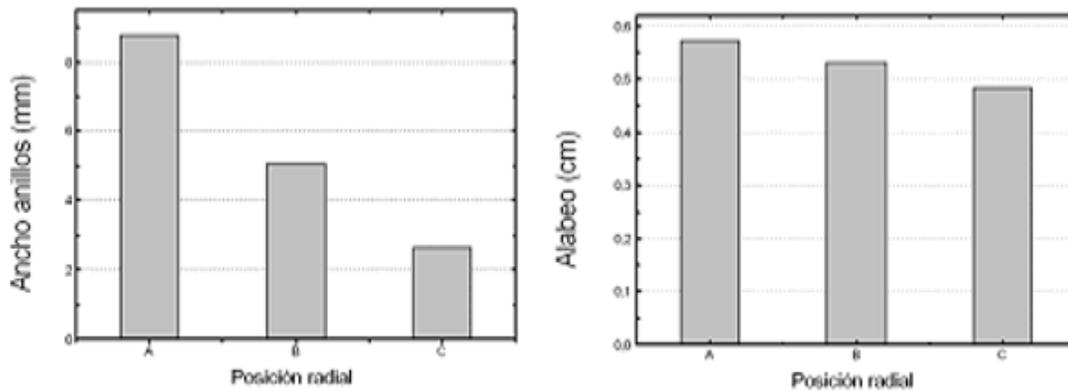
Posición	Media	Varianza	N
<b>A</b>	0,35211	5,73099E-4	100
<b>B</b>	0,19263	0,02978	100
<b>C</b>	0,1333	0,07716	100

$F = 4,2666$   $p = 0,1187$  (At the 0,05 level, the means are significantly different).

### Ancho de anillos

En cuanto al ancho de los anillos de crecimiento, esta magnitud disminuye desde la médula a la corteza, resultado similar al obtenido por Coronel, (1994) en estudios sobre Quebracho blanco y

Francisco, J., (1999), así como Álvarez y otros, (2013); de igual forma, se comportan las deformaciones, específicamente el alabeo. (Véase figura 5).



**Fig. 5.** Comportamiento de los valores medios del alabeo y el ancho de los anillos de crecimiento.

En el análisis de varianza para un nivel de significación de 0,05, se obtuvo que

existe diferencia significativa entre los valores del ancho de anillos medidos en las posiciones referidas (Véase tabla 3).

**Tabla 3.** Análisis de varianza (One-Way ANOVA). Ancho anillos.

Posición	Media	Varianza	N
A	8, 78263	1, 37435	100
B	5, 06526	0, 5988	100
C	2, 63737	0,75264	100

$F = 200, 32233$ ;  $p = 0$  At the 0, 05 level, the means are significantly different.

En el análisis de correlación entre alabeo y el ancho de los anillos se obtuvo un coeficiente  $r = 0,859$ , lo cual indica que existe fuerte relación (positiva) entre estas variables; es decir, con una

disminución en el ancho de los anillos existe una disminución de los valores del alabeo, resultado coincidente con los obtenidos por Forsberg, (1997) (Véase tabla 4).

**Tabla 4.** Análisis de correlación.

		<b>Alabeo</b>	<b>Distancia</b>	<b>Anillos</b>	<b>Incl. Fibra</b>
<b>Alabeo</b>	Pearson Correlation	1,000	-0,878	0,859	0,372
	Sig. (2-tailed)	X	0,000	0,000	0,004
	N	76	76	57	57
<b>Distancia</b>	Pearson Correlation	-0,878	1,000	-0,932	- 0,361
	Sig. (2-tailed)	0,000	X	0,000	0,006
	N	57	57	57	57
<b>Anillos</b>	Pearson Correlation	0,859	-0,932	1,000	0,395
	Sig. (2-tailed)	0,00	0,00	X	0,002
	N	57	57	57	57
<b>Inclinación Fibra</b>	Pearson Correlation	0,372	-0,361	0,395	1,000
	Sig. (2-tailed)	0,004	0,006	0,002	X
	N	57	57	57	57

Este resultado puede ser explicado teniendo en cuenta que la disminución del ancho del anillo, a medida que se aleja de la médula, implica una disminución de la madera temprana (menor porcentaje de madera temprana que tardía) respecto a la madera de los primeros anillos, según refiere Coronel, (1994), Francisco, J., (1999), Álvarez, D y otros., (2013); por lo que las propiedades predominantes son las de este tipo, lo que condiciona mayor resistencia mecánica, mayor densidad y, por tanto, menor tendencia a las

deformaciones. En la madera aserrada de *Pinus Caribaea* Morelet, var. *Caribaea* existe una marcada relación entre la inclinación de la fibra y el ancho de los anillos de crecimiento con la magnitud del alabeo. Una disminución en el ancho de los anillos de crecimiento y de inclinación en la fibra se corresponde con una disminución en los valores de alabeo. La inclinación de la fibra y el ancho de los anillos de crecimiento aumenta en la dirección radial hacia la médula. La madera de más calidad para los trabajos de primera y segunda transformación en la industria maderera es la que se encuentra próxima a la corteza.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ÁLVAREZ, D; 2007. «Variation of tracheid biometry of *Pinus caribaea* var. *caribaea*». 4to. Congreso Forestal de Cuba. Ciudad Habana, Cuba: Ministerio de la Agricultura.
- ÁLVAREZ, D; BETANCOURT, Y; GONZÁLEZ I., 2013. *Tecnología de la madera*. Edit. Félix Varela. Habana, pp147. ISBN 978-959-07-1725-3.
- CALDERÓN, D., 2016. «Defectos de las maderas». *Cuadernos de Dasonomía. Serie Didáctica N° 15* [en línea]. S.l.: Departamento de Producción Agropecuaria Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Cuyo, [Consulta: 20 Julio 2018]. Disponible en: <https://dasonomia.files.wordpress.com/2016/11/defectos-y-anomalias-de-la-madera-apuntes.pdf>.
- CALLEROS, H., 2015. *Tecnología de la madera. Manual Técnico de formación para la caracterización de madera de uso estructural* [en línea]. 2015. S.l.: EUSKO JAURLARITZA, Gobierno Vasco. Disponible en: <http://normadera.tknika.net/es/content/introducci%C3%B3n-1>.
- CORONEL, E., 1994. *Variaciones de las propiedades físicas y mecánicas de la madera*. ITM. Serie de publicaciones 9401. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Nacional de Santiago del Estero.
- DURÁN, J., 1999. *Manual de Experimentos para la Física de la Madera*. Mérida, Venezuela: Universidad de Los Andes.
- FORSBERG, D., 1997. «Shape stability of sawn of Norway spruce in relation to site parameters, wood characteristics and market requirements in Swedish». *The Swedish University of Agricultural Sciences*, vol. Report No 45.
- FORSBERG, D. y WARENSJÖ, M., 2001. Grain Angle Variation: «A Major Determinant of Twist in Sawn Piceaabies (L.) Karst». *Scandinavian Journal of Forest Research* [en línea], vol. 16, no. 3, pp. 269-277. [Consulta: 26 noviembre 2018]. ISSN 0282-7581. DOI 10.1080/713785122. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/713785122>.
- FRANCISCO, J., 1999. *La madera: propiedades básicas*. Edit. GET. Madrid. 154p. ISBN 84-922283-9-3.
- JOHANSSON, G., KLIGER, R. y PERSTORPER, M., 1994. Quality of structural timber-product specification system required by end-users. *HolzalsRoh- und Werkstoff* [en línea], vol. 52, no. 1, pp. 42-48. [Consulta: 26 noviembre 2018]. ISSN 1436-736X. DOI 10.1007/BF02615017. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/BF02615017>.
- JOHANSSON, M., PERSTORPER, M., KLIGER, R. y JOHANSSON, G., 2001. Distortion of Norway spruce timber Part 2. Modelling twist. *HolzalsRoh- und Werkstoff* [en

línea], vol. 59, no. 3, pp. 155-162.  
[Consulta: 26 noviembre 2018].  
ISSN 1436-736X. DOI  
10.1007/s001070100199.  
Disponible en:  
[https://link.springer.com/content/  
pdf/10.1007/s001070100199.pdf](https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s001070100199.pdf).

KLIGER, R., 2002. Influence of material characteristic on warp of Norway spruce timber. *Wood Fiber Science*, vol. 36, no 4, pp. 14-20-  
PERSTORPER, M., JOHANSSON, M., KLIGER, R. y JOHANSSON, G., 2001. Distortion of Norway spruce timber Part 1. Variation of relevant wood properties. *Holz als Roh- und Werkstoff* [en línea], vol. 59, no. 1, pp. 94-103. [Consulta: 26 noviembre 2018]. ISSN 1436-736X. DOI

10.1007/s001070050481.  
Disponible en:  
<https://doi.org/10.1007/s001070050481>.

SOSA ZITTO, A.M., M. RAMOS, R., A. TORRÁN, E. y PITER, J.C., 2016. «Estructuras de madera. Conexiones clavadas con carga perpendicular a las fibras». *Universidad Nacional de Asunción* [en línea]. Asunción, Paraguay: s.n., pp. 922-934. [Consulta: 20 Julio 2018]. Disponible en: [http://ria.utn.edu.ar/bitstream/handle/123456789/1312/Art%C3%ADculo\\_CONEXIONES\\_CON\\_CARGA\\_PERPENDICULAR\\_A\\_LAS\\_FIBRAS.\\_CRITERIOS...pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://ria.utn.edu.ar/bitstream/handle/123456789/1312/Art%C3%ADculo_CONEXIONES_CON_CARGA_PERPENDICULAR_A_LAS_FIBRAS._CRITERIOS...pdf?sequence=1&isAllowed=y).



Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional.

Copyright (c) 2019 Inés González Cruz, Daniel Álvarez Lazo, Luisberys Velázquez Abad