

COMPORTAMIENTO DE ALGUNAS PROPIEDADES FÍSICAS EN LA DIRECCIÓN RADIAL DE LA MADERA DE LA ESPECIE *PINUS CARIBAEA* MORELET VAR. *CARIBAEA*

M.Sc. INÉS GONZÁLEZ CRUZ¹, DR. DANIEL ÁLVAREZ LAZO¹, DRA. ARELYS QUINTERO,¹ ING. ANA ALVES,² E ING. JOSÉ CARLOS-RODRIGUES²

¹ Universidad de Pinar del Río. Calle Martí 270 esq. a 27 de Noviembre, Pinar del Río, Cuba, ines@geo.upr.edu.cu

² Universidad Técnica de Lisboa, Portugal

RESUMEN

Durante el secado, la madera experimenta deformaciones, lo que trae consigo inconvenientes para su empleo en la construcción. Para lograr mejor estabilidad en las piezas aserradas es necesario comprender los parámetros y propiedades físicas, así como su estructura interna. El estudio que presentamos permite conocer el comportamiento de propiedades físicas en la dirección radial de la troza de la madera de la especie de *Pinus caribaea* Morelet var. *caribaea*. La investigación se realizó en los laboratorios del Instituto de Investigación Científica Tropical y el Laboratorio de Ingeniería Civil en Lisboa, Portugal, con probetas procedentes de trozas obtenidas en la Empresa Forestal Integral Pinar del Río. Se obtuvieron 10 trozas. En cada una se retira una sección de 60 cm ubicada en la zona basal que permitirá la realización de los ensayos físico-mecánicos mediante la elaboración de probetas de 2 cm de grosor a lo largo del radio, incluyendo la médula. Como resultado se obtuvo que la densidad, contracción tangencial y radial, aumentan en la dirección radial desde la médula hacia la corteza; en cambio la contracción longitudinal presenta su

ABSTRACT

Wood deformations during the drying process are inconvenient for its use in construction. It is necessary to know the behaviour of the parameters and the physical and mechanical properties to achieve a better stability in the sawed wooden pieces, as well as the understanding of the internal structure of wood. The study done allows to know the behaviour of the physical properties in the radial direction of *Pinus caribaea* var. *caribaea* M. logs. The research was done in the laboratories of the Tropical Research Institute and in the Civil Engineering Laboratory in Lisboa, Portugal, for this purpose, samples of wood from the Forest Enterprise of Pinar del Río was used and analysed 10 logs were obtained and in each one, a section of 60 cm high were taken out from the basal area, which will allow the elaboration of the physical-mechanical essays, by means of the samples elaboration of 2 cm thick in the radial direction, including the pith. The results show that tangential and radial shrinkage and the density increase in the radial direction from the pith to the bark, in the other hand, the longitudinal shrinkage decrease from the pith to the bark.

mayor valor en las muestras obtenidas próximas a la médula y disminuye hacia la corteza.

Palabras claves: densidad, contracción, médula, corteza, propiedades

Key words: density, shrinkage, pith, bark, properties

INTRODUCCIÓN

En la provincia de Pinar de Río los aserríos procesan fundamentalmente madera de *Pinus caribaea* Morelet var. *caribaea*, especie de gran perspectiva económica del territorio, ya que ocupa 71 359,5 ha para un 91% de la superficie total cubierta de coníferas, siendo además la principal especie procesada en la industria de aserrado en Cuba [Álvarez *et al.*, 2004].

Por su parte, Egas (1998) establece que el consumo de grandes volúmenes de madera aserrada que se pronostica para los próximos años debido al crecimiento constante de la población y el consecuente aumento de la demanda de la vivienda y otras necesidades, unido a la limitación de las existencias maderables, al elevado costo de la materia prima y al hecho de que su costo es la partida más importante en el presupuesto de los aserraderos, indican como necesidad primordial elevar la baja eficiencia de conversión que se registra actualmente en la industria del aserrado con la finalidad de incrementar los volúmenes de producción de madera aserrada en general, y de *Pinus caribaea* var. *caribaea* en particular, producto que aún con el desarrollo alcanzado en la época contemporánea sigue siendo muy apreciado no solo por sus características que la hacen insustituible para algunos usos, sino también por su carácter multipropósito y que se obtiene de

fuentes de materia prima renovables.

Durante los procesos de primera transformación de la madera y con posterioridad a su aserrado se producen pérdidas de material por la deformación excesiva. Tales deformaciones constituyen obstáculos para responder a los requerimientos de la industria de la construcción, en la que la madera procesada necesita de una buena estabilidad dimensional. Diversos autores, revisados por Sierra *et al.* (1999), coinciden en que las deformaciones son debidas a la marcada heterogeneidad de la madera como cuerpo ortotrópico [Persson, 2000].

El estudio que realizamos nos conduce a hacer una caracterización de algunas propiedades físicas de la madera en la dirección radial, de la especie de *Pinus caribaea* Morelet var. *caribaea*, como elemento que en principio permite comprender los factores y mecanismos que influyen en las deformaciones durante cambios de humedad.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en los laboratorios del Instituto de Investigación Científica Tropical, perteneciente a la Universidad Técnica de Lisboa, así como el Laboratorio de

Ingeniería Civil en la propia ciudad, con probetas procedentes de 10 trozas obtenidas en la Empresa Forestal Integral Pinar del Río. De cada troza se retira una sección de 60 cm ubicada en la zona basal que permitirán la elaboración de los ensayos físico-mecánicos mediante la elaboración de probetas de 2 cm de grosor a lo largo del radio, incluyendo la médula (Fig. 1). Es importante señalar los siguientes aspectos:

- El número de probetas depende del diámetro de las trozas.
- Las probetas *a*, *b* y *c* son fundamentales.
- Las probetas que no aparecen señalizadas son indeseables, ya que los anillos están dispuestos en la diagonal del cubo que conforma la probeta.
- Las probetas en posición horizontal son alternativas, pero no son fundamentales.

Las propiedades físicas analizadas son la densidad y las contracciones longitudinal, tangencial y radial. Para el tratamiento estadístico en el procesamiento de los datos utilizamos las técnicas de análisis de varianza, con el software estadístico SPSS versión 10.0.

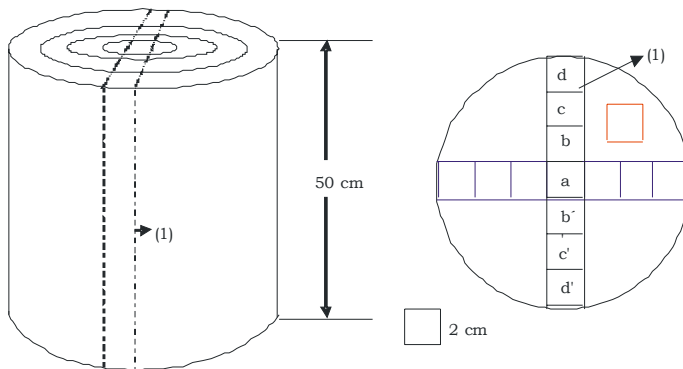


Fig. 1. Esquema que caracteriza la obtención de los cuerpos de pruebas para los ensayos físico-mecánicos.

ANÁLISIS Y DISCUSION DE LOS RESULTADOS

Estudio del comportamiento de algunas propiedades físicas en dependencia de la dirección radial

Los valores de la densidad y de la contracción en las diferentes direcciones aparecen en la *Tabla 1*.

Densidad

La *Fig. 2* muestra el comportamiento de los valores medios de la densidad para muestras tomadas en diferentes posiciones en la dirección radial.

TABLA 1

Valores medios de algunas propiedades físicas en la dirección radial. Análisis de varianza

<i>Propiedades</i>	<i>Posición A</i>	<i>Posición B</i>	<i>Posición C</i>
Densidad (g/cm ³)	0,622 a	0,692 b	0,792 c
Contracción tangencial (%)	3,848 a	5,165 b	6,495 c
Contracción radial (%)	3,094 a	4,532 b	5,302 c
Contracción longitudinal (%)	0,121 a	0,089 b	0,086 c

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

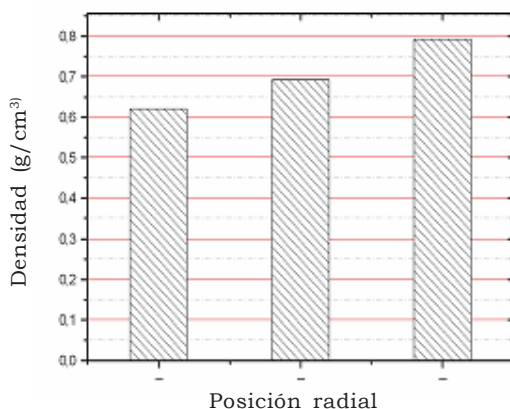


Fig. 2. Valores medios de la densidad en diferentes posiciones en la dirección radial

Los resultados de la densidad en la dirección radial (Tabla 1, Fig. 2) apuntan hacia un incremento de esta magnitud en la dirección médula-corteza, siendo coincidentes con lo estudiado por Sugimori (2006) en el estudio de tres especies de *Eucalyptus* (*Eucalyptus urophylla*, *Eucalyptus grandis* y *E. urophylla*).

En algunas especies el valor más bajo de la densidad coincidirá con la zona de madera juvenil que tiene poca madera tardía, y por tanto una proporción alta de células con las paredes celulares delgadas. Según Panshin (1980), las variaciones de la densidad pueden ser atribuidas a las diferencias en la estructura anató-

mica: diferente espesura de la pared celular, dimensiones de las células y presencia de extractivos.

El resultado experimental está en correspondencia con las dimensiones longitud, diámetro, espesor de la pared de las traqueadas. Según estudios de Álvarez (2007), estas dimensiones se incrementan en la dirección radial (médula-corteza).

Haciendo un análisis de varianza (Anova) con un nivel de significación

de 0,05 se obtuvo diferencias significativas entre los valores medios de la densidad para diferentes posiciones estudiadas ($p = 0$).

Contracción

El comportamiento de los valores de la contracción en las diferentes direcciones –radial (CR), tangencia (CT) y longitudinal– se muestran en la Figs. 3 y 4 respectivamente.

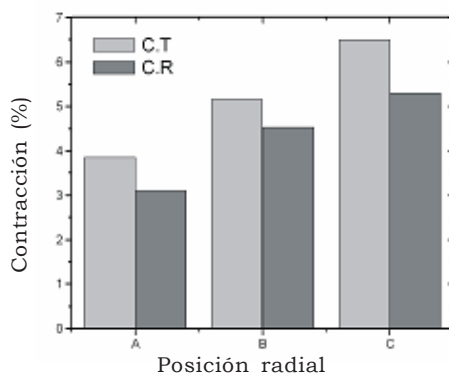


Fig. 3. Comportamiento de los valores medios de la contracción tangencial y radial para diferentes posiciones en la dirección radial.

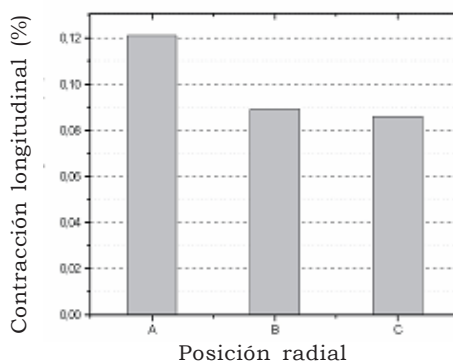


Fig. 4. Comportamiento de los valores medios de la contracción longitudinal en diferentes posiciones en la dirección radial.

TABLA 2
Coefficientes de correlación

	<i>Densidad</i>	<i>Contracción longitudinal</i>	<i>Contracción tangencial</i>	<i>Contracción radial</i>
Densidad	1.000	-0,863 **	0,981 **	0,965 **
Contracción longitudinal	-0,863 **	1,000	-0,866 **	-0,872 **
Contracción tangencial	0,981 **	0,866 **	1,000	0,976
Contracción radial	0,965 **	-0,872 **	0,976 **	1,000

Como muestra la *Fig. 3* y la *Tabla 1*, la contracción radial y tangencial es mayor en las piezas más próximas a la médula, y lo contrario con la contracción longitudinal. El comportamiento de la contracción, específicamente de la longitudinal (*Fig. 4*) en la dirección médula-corteza, es similar al reportado por Deresse (1998) y Ying *et al.* (1994).

González (1993), en estudio de varias especies, encontró que se establecen relaciones positivas entre compresión de la fibra y con contracción tangencial y coeficiente de anisotropía, diámetro del lumen con contracción tangencial.

En la contracción longitudinal influyen, entre otros factores, la edad, la densidad, el porcentaje de madera temprana en el anillo, el ángulo de la microfibrilla y el grosor de la pared celular.

En el análisis de varianza (Anova) (*Tabla 1*) se obtuvieron diferencias significativas entre los valores medios de las diferentes contracciones para un nivel de significación de 0,05.

A partir de los resultados que muestra la *Tabla 2* se puede plantear que

existe una correlación fuerte positiva entre las variables densidad y contracción –tangencial y radial–, lo que demuestra que un aumento de la densidad tiene asociada un aumento de la contracción en la dirección radial y tangencial.

En el caso de la densidad y la contracción en la dirección longitudinal ocurre lo contrario: existe una fuerte dependencia negativa entre estas variables. Un aumento de la densidad de la madera está asociado con una disminución de la contracción longitudinal.

A partir de estos resultados se hacen vigentes los trabajos desarrollados por Egas (1998), Egas *et al.* (2001) y Álvarez *et al.* (2005), quienes establecen que para aumentar la productividad y calidad de la madera aserrada es necesario optimizar el primer corte de apertura durante el aserrado, con lo que se aprovecha al máximo la madera próxima a la corteza.

CONCLUSIONES

- La contracción tangencial y radial aumentan en la dirección médula-corteza.

- La contracción longitudinal dependen de la posición de la pieza en la dirección médula-corteza, y disminuye hacia la corteza.
- La densidad de la madera depende de la distancia a la médula en la dirección radial y se incrementa hacia la corteza.

BIBLIOGRAFÍA

- ÁLVAREZ, D. ET AL.: «Importancia del control de las dimensiones de la madera aserrada», revista *Chapingo*, Serie Ciencias Forestales y del Ambiente, vol. X (2):105-110, 2004.
- ÁLVAREZ, D. ET AL.: «Aprovechamiento forestal de Impacto reducido en el Occidente de Cuba» 2005, Monografía.com
- ÁLVAREZ, D. ET AL.: «VARIATION OF TRACHEID BIOMETRY of *Pinus caribaea* var. *caribaea*», IV Congreso Forestal de Cuba, La Habana, 2007.
- DERESSE, T.: «Wood Properties of Red Pine», College of Natural Sciences, Forestry and Agriculture, Agricultural and Forest Experiment Station, University of Maine, EE.UU., 1998, pp. 12-20
- EGAS, A. F.: «Consideraciones para incrementar la eficiencia de los aserraderos de la provincial de Pinar del Río». Tesis por el grado de Doctor en Ciencias Forestales, Universidad de Pinar del Río, Cuba, 1998, pp. 23-40.
- EGAS, A. F.; DANIEL ÁLVAREZ; JUAN M. GARCÍA: «Factores fundamentales para aumentar el rendimiento volumétrico en los aserraderos de Cuba», revista *Chapingo*, Serie Ciencias Forestales y del Ambiente, vol. VII (2):163-168., México., 2001.
- GONZÁLEZ, J. C.: «Caracterization technologique de quatre especes peu connues de la Forest Amazonienne: Anatomie, Chimie, Couleur, Propriétés physiques e mecaniques», Ed. ENGREF, 1993, pp. 32-47 (These de Doctorat).
- PANSHIN, A. J.; DE ZEEUW.: *Structures, Identification, Properties and Uses of the Commercial Woods of the United States and Canada*, Textbook of Wood Technology, McGraw-Hill, Nueva York, 1980, pp. 93-124.
- PERSSON, K.: «Micromechanical Modeling of Wood and Fiber Properties». Doctoral Thesis. Department of Mechanics and Materials, Lund University, Sweden, 2000, pp. 28-58.
- SUGIMORI, MASATOSHI: «Relationships of Anatomical Characteristics Versus Shrinkage and Collapse Properties in Plantation-Grown Eucalypt Wood from China», *The Japan Wood Research Society*, 2006, pp. 60-64.
- YING, L. ET AL.: «Longitudinal Shrinkage in Fast Grown Loblolly Pine Plantation Wood», *Forest Products Journal*, The Japan Wood Research Society, 1994, p. 66.