

Rev. Cienc. Tecnol.

Año 13 / N° 15 / 2011 / 38–42

Morfología fibrosa de la madera del *eucalyptus grandis* implantado en la mesopotamia Argentina.

5 - Anatomía fibrosa de la madera de tensión

Fiber morphology of the wood of *eucalyptus grandis* growing in the Argentinean mesopotamia. 5 - Fiber anatomy of tension wood.

Carlos Eduardo Núñez

Resumen

Como parte del estudio de la morfología fibrosa del *Eucalyptus grandis* de la Mesopotamia Argentina, se analizó la madera a la altura de pecho de dos individuos provenientes de Concordia Entre Ríos, que mostraban considerable asimetría en su corte transversal. Se eligieron dos radios; el menor de madera normal y el mayor de madera de tensión. Se analizaron los parámetros fibrosos sobre disgregados. Los resultados no mostraron diferencias de importancia de los parámetros de longitud y ancho de fibra y espesor de pared. Los valores fueron 917 y 933; 14,0 y 13,9; 2,9 y 2,9 respectivamente para ambas maderas del árbol 1, y 933 y 933; 14,3 y 14,2; 2,8 y 2,8 para las del árbol 2. En una comparación de las distribuciones de frecuencia tampoco se pudieron observar variaciones. Se concluye que para los árboles estudiados no hay disparidades apreciables, en los parámetros morfológicos entre madera normal y de tensión.

Palabras clave: *Eucalyptus grandis*; madera de tensión; morfología de fibras; microscopía de fibras..

Abstract

As part of the study of fiber morphology of *Eucalyptus grandis* trees from the Argentine Mesopotamia, we analyzed wood at breast height of two individuals from Concordia, Entre Ríos Province, with considerable asymmetry in their transverse cut sections. With this purpose, two radii were chosen: the shorter one from normal wood and the longer one, from tension wood. The fiber parameters of macerated material were analyzed and the results showed no significant differences in either fiber length and width or wall thickness. The values found for tree number 1 were 917 and 933, 14.0 and 13.9, and 2.9 and 2.9 respectively for both types of wood, whereas those for tree number 2 were 933 and 933, 14.3 and 14.2, and 2.8 and 2.8 respectively. The comparison between frequency distributions did not show variations either. It can be concluded that for the trees studied, there are no significant differences in the morphological parameters between normal and tension wood.

Key words: (Thesaurus IPST 1990) *Eucalyptus grandis*; tension wood; wood structure; fiber structure; fiber dimensions.

Introducción

Este trabajo forma parte de una serie realizada en el marco de un proyecto de estudio de la morfología fibrosa de la madera de *Eucalyptus grandis* de forestaciones de la Mesopotamia Argentina, que abarcan unas 130.000 hectáreas. En este caso se estudiaron las diferencias morfológicas entre fibras de la madera normal y de tensión de dos individuos provenientes de una plantación comercial ubicada en Concordia, Provincia de Entre Ríos. Ambos mostraban en la rodaja correspondiente a la altura de pecho una visible excentricidad, como se puede observar en la figura N° 1, aunque no tan marcada como para no poder considerarla madera corriente de plantación. Con estas muestras se realizó la comparación.

Como se sabe la denominada madera de tensión es la que las latifoliadas forman cuando el tronco crece de forma inclinada con respecto a la vertical del suelo, y lo hace en la parte donde el ángulo con el suelo es mayor, a diferencia de las coníferas que generan madera de compresión en la parte del ángulo menor. Si bien el autor no ha tenido acceso a información publicada sobre el tema para *Eucalyptus grandis*, se podría tomar la existente para el *Eucalyptus globulus* como ejemplo. En la figura N° 2, modificada de Russell Washusen (1) se ejemplifica el sitio que en *E. globulus* se produce generalmente la madera de tensión, indicado de color negro, siendo gris la madera normal, y una observación visual de 40 individuos de *E. grandis* la dendrooteca del PROCYP, indica prima facie que posee el mismo comportamiento, dado que las rodajas que ostentan

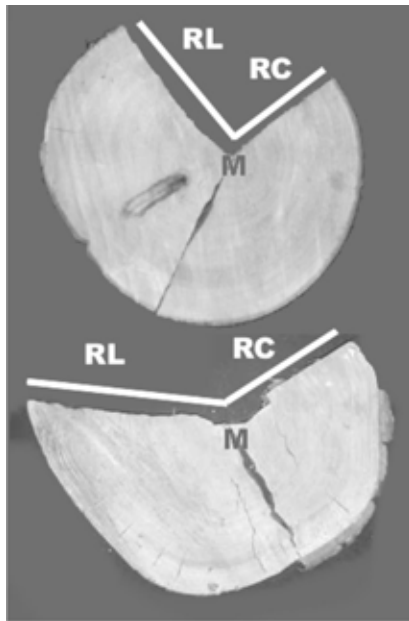


Figura N° 1

Rodajas utilizadas y sus radios normales (RC) y de tensión (RL)

marcada excentricidad son sólo de la base y de la altura de pecho.



Figura N° 2

Ubicación de la madera de tensión

Se ha hallado poca información acerca de la morfología de los elementos de la madera de tensión, no solamente en *Eucalyptus*, sino en general de las latifoliadas. La mayoría de los trabajos se refieren a la ultraestructura de las células de tensión, a su cristalinidad, etc., temas que no se relacionan sino de manera muy indirecta al comportamiento papelerero. La única característica que es común a muchos trabajos es la mención de las células gelatinosas de paredes muy gruesas y enriquecidas en celulosa de bajo grado de polimerización y baja cristalinidad. En un artículo que estudia la calidad de las pulpas kraft de álamo elaborada con madera de tensión (2), se halló que los rendimientos fueron muy superiores, pero las propiedades físico mecánicas y la porosidad por el

contrario, menores. Esto se puede explicar por el mayor espesor de las paredes de la madera anormal que forma las llamadas células gelatinosas, ricas en celulosa, y pobres en lignina y hemicelulosas y por otro lado el bajo grado de polimerización daría baja resistencia individual de fibra y por ende, pobres propiedades físico - mecánicas. Es de esperar por lo tanto que, morfológicamente, la madera de tensión tenga mayor espesor de pared de fibra que la normal. Otro parámetro citado como diferente es la longitud de fibra que en dos trabajos, con las especies *Eucalyptus calmaldulensis* y *Populus euramericana*, se indica como mayor que en la madera opuesta normal (3)(4).

Materiales y métodos

Madera Se utilizaron dos individuos de *Eucalyptus grandis* provenientes de un ensayo de raleos del INTA Concordia, de densidad aproximada 1163 plantas por ha, que sufrieron una poda hasta 2,5 m (5). Se trabajó con una rodaja de altura de pecho de cada uno, de unos dos centímetros de espesor, mostrada en la figura N° 1. Se cortaron de manera de poder extraer un sector circular de las partes donde los radios eran más cortos (RC) y más largos (RL), entendiéndose que el primero corresponde a la madera normal y el segundo a la madera de tensión.

Preparación para análisis microscópico: Se fraccionaron los sectores circulares por medio de formón, rajando el total de los mismos en sentido longitudinal en prismas de aproximadamente 4 a 6 mm de ancho, por la longitud correspondiente a la rodaja. Estos prismas se saturaron con agua caliente, operación que llevó seis días. A continuación se efectuó el disgregado de los tejidos por medio de la técnica del clorito - ácido acético empleado para realizar deslignificaciones controladas (6)(7)(8), utilizando una variante previamente desarrollada por el autor, en la que se llega solamente a n° kappa 15 - 20 y se efectúa el disgregado con una solución de carbonato de sodio (9). En estas condiciones la pared primaria queda casi intacta, y las fibras se mantienen rígidas y con poco daño físico-mecánico. El material disgregado se lavó y se colocó en un vaso de cuatro litros, del que se sacó con agitación la fracción para los preparados de microscopía, secándose el resto al aire y guardándose. Esta parte de la preparación se hizo siguiendo en general las técnicas de Isenberg (10)

Mediciones microscópicas: Todas las mediciones se realizaron sobre material disgregado. Se decidió este método, en cambio de leerlos en cortes de micrótopo, debido a que representan mejor las dimensiones de los elementos como van a actuar en la hoja de papel. Determinaciones realizadas del mismo trozo de madera demostraron que en general los anchos de fibras son mayores en las fibras disgregadas, posiblemente debido a una distensión de la trama interna de la pared celular, y al colapso generado entre los vidrios del preparado. La diferencia de variación de longitudes entre el material disgregado y a través de los procesos químicos industriales medidas en un trabajo previo (11), se puede considerar despreciable.

En todos los casos los preparados se realizaron extendiendo alrededor de 1 mL de suspensión en sendos extremos de un vidrio de 75 x 25 mm dividido en tres sectores, tratando que en cada uno de ellos queden unas 200 fibras. A continuación se tiñeron y secaron a 50 °C, montándose en resina sintética con cubreobjetos. Por lo tanto las mediciones corresponden a las fibras en su estado seco 100%. El número de mediciones nunca fue menor de 185, haciendo normalmente alrededor de 200 lecturas distribuidas entre los dos lados del portaobjetos.

Tanto las longitudes como los anchos y espesores de

pared se midieron en un analizador de imágenes utilizando herramientas de medición manual. Ésta forma resultó tener la exactitud necesaria, a diferencia de las lecturas realizadas por medio de las herramientas automáticas del programa. Para las longitudes se utilizó un aumento de 40 X y para los anchos y espesores el máximo permitido con el equipo, es decir 1000 X con o sin inmersión. En las longitudes se siguió con el cursor la línea central del eje de las fibras desde un extremo al otro, y para las dimensiones transversales se midió la distancia entre los bordes de la fibra y los del lumen en dos sitios, con la mayor separación posible que permitía la pantalla

No se eligió el lugar de la medición, sino que correspondió al sitio que aparecía en la pantalla a partir del barrido de la superficie del preparado. Los espesores de pared se midieron restando del ancho de fibra el ancho del lumen y dividiendo por 2.

Resultados y discusión

En la Tabla N° 1 se presentan los valores experimentales de las dos muestras de madera normal y de tensión. Como se puede apreciar cuantitativamente no se han hallado diferencias que puedan considerarse relevantes desde un punto de vista papelerero, y la experiencia en errores experimentales y variaciones propias de los tejidos naturales de esta madera, animan a decir que los pares de valores de madera normal y de tensión son propios de una misma muestra, tanto en los que se refiere a los parámetros en si mismos, como en lo que atañe a sus desviaciones estándares.

Tabla N° 1. Comparación de los valores experimentales de los parámetros fibrosos de madera normal y de tensión en los dos árboles estudiados. Los números entre paréntesis indican las desviaciones estándares. Coeficiente de fieltabilidad expresado como la relación entre la longitud y el ancho de fibra.

	Longitud (µm)		Ancho (µm)		Espesor de pared (µm)		Coef. de fieltabilidad	
	Normal	Tensión	Normal	Tensión	Normal	Tensión	Normal	Tensión
Árbol 1	917(198)	923(200)	14,0(4,4)	13,9(4,2)	2,9(0,8)	2,9(0,6)	65,5	66,4
Árbol 2	933(203)	933(215)	14,3(4,6)	14,2(4,3)	2,8(0,6)	2,9(0,6)	65,2	65,7

Inclusive los mayores valores de longitud de fibras y de espesor de pared hallados en las citas bibliográficas, si bien de otras especies, no se observan en este caso. Hay dos explicaciones a este fenómeno; o bien se eligieron muestras donde la madera de tensión posee poca significancia, o que la especie en estudio posee comportamiento diferente a las ya estudiadas, y los datos morfológicos cuantitativos no se modifican con respecto a la madera normal. Obviamente también es posible una conjunción de ambas manifestaciones.

Se analizaron entonces los parámetros hallados desde

un punto de vista cualitativo, es decir referido a las distribuciones de frecuencia de los elementos.

Longitud de fibra. Las distribuciones de frecuencia de longitud de fibra se pueden observar en las figuras números 3 y 4.

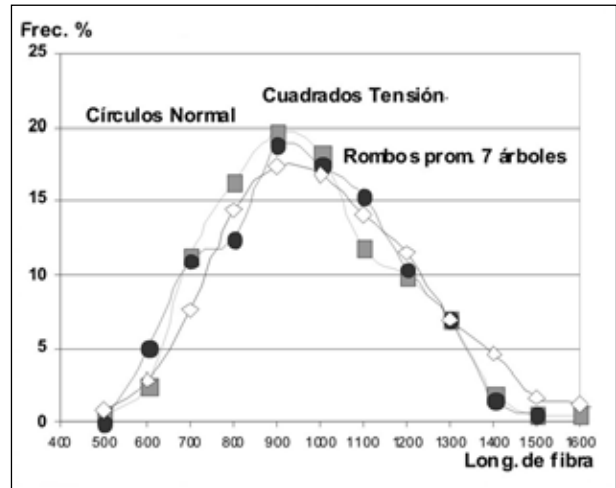


Figura N° 3 (Árbol 1)
Distribución de frecuencias de longitudes de fibra

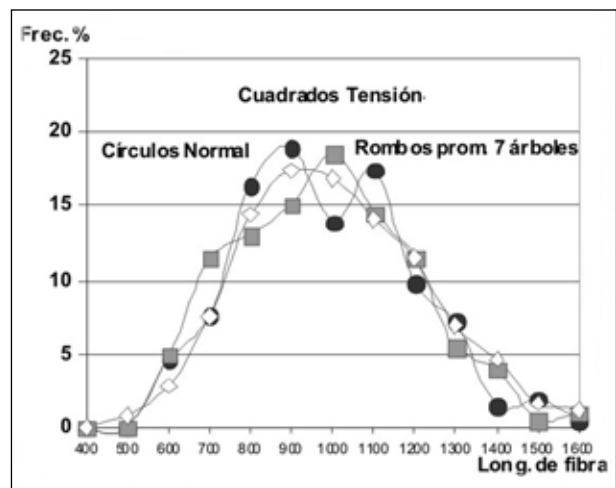


Figura N° 4 (Árbol 2)
Distribución de frecuencias de longitudes de fibra

En las curvas se han incluido los datos de siete árboles utilizados en trabajos previos (rombos), que corresponden a madera normal en todos los casos. Se puede observar en principio que las curvas de los dos árboles analizados en el trabajo difieren de la curva de los siete árboles principalmente en las clases modales y ello está de acorde con el hecho de que el promedio general es de 959 y los de los árboles 1 y 2 oscilan entre 917 y 933. Por otro lado las dos distribuciones de dichos árboles poseen solamente diferencias de detalle entre madera normal y de tensión, es decir que no se puede apreciar una discrepancia manifiesta entre ellas.

Es decir que con respecto a la longitud de las fibras en este trabajo no se hallaron valores mayores para la madera de tensión como está citado para el caso de otras especies

de latifoliadas.

Ancho de fibra: Se pueden observar en las figuras números 5 y 6 las distribuciones de frecuencia de los anchos de fibra de los dos árboles estudiados.

Comparando las distribuciones entre los árboles 1 y 2 no se pueden extraer diferencias considerables, y como en el caso de las longitudes parecieran ser de carácter accidental. Con respecto a la distribución promedio se nota que ambas muestras la de madera de tensión y la normal opuesta se alejan de los promedios generales, aunque como se dijera, de manera conjunta.

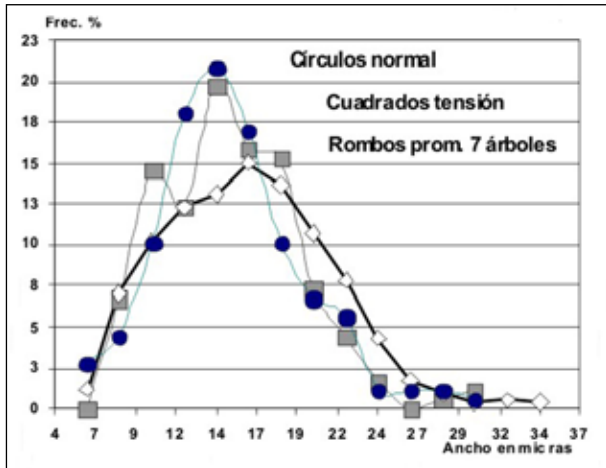


Figura N° 5 (Árbol 1)
Distribución de frecuencias de anchos de fibra

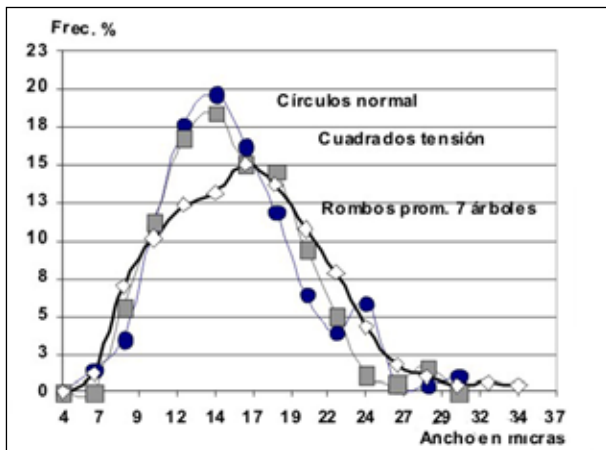


Figura N° 6 (Árbol 2)
Distribución de frecuencias de anchos de fibra

Espesor de pared:

Las distribuciones de frecuencia se ven en las figuras números 7 y 8. Como en los casos anteriores las dos curvas de los árboles estudiados difieren considerablemente de la curva de los promedio generales, pero ello indica solamente que las muestras estudiadas tienen un comportamiento distinto al dicho promedio general, aunque conservan los rangos de variación. En el caso del árbol número 2 las curvas son tan semejantes que es directa la conclusión de que no hay diferencias en la distribución de espesores entre

ellas. En el caso del árbol número 1 aunque las curvas parecieran desplazadas, los coeficientes de asimetría o sesgo no son muy diferentes, 0,85 y 0,94 respectivamente. Es decir que no hay diferencias relevantes entre los valores de espesor de pared

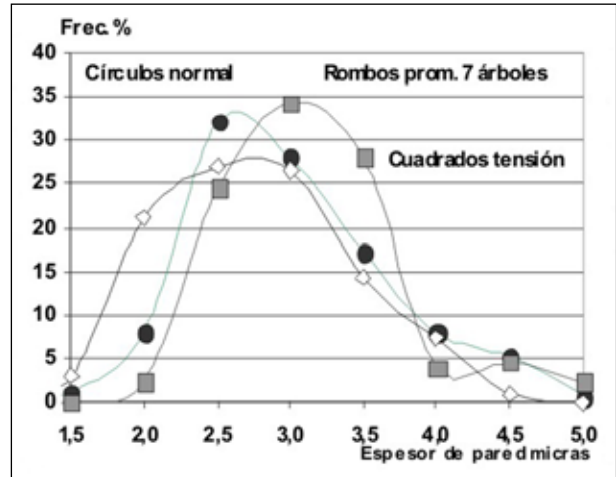


Figura N° 7 (Árbol 1)
Distribución de frecuencias de espesores de pared de fibra

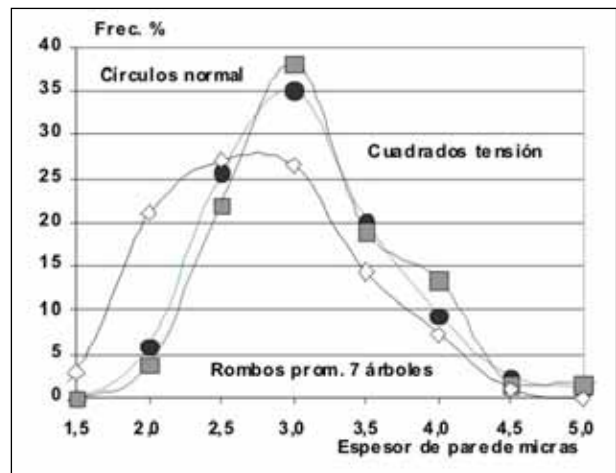


Figura N° 8 (Árbol 2)
Distribución de frecuencias de espesores de pared de fibra

Conclusiones

En la comparación de la morfología fibrosa de las dos rodajas de dos árboles de *Eucalyptus grandis* a altura de pecho, separando el radio corto como madera normal opuesta y el radio largo como madera de reacción, no se hallaron diferencias cuantitativas de importancia en los parámetros de longitud de fibra, ancho de fibra y espesor de pared.

Así mismo al cotejar las distribuciones de frecuencia de los parámetros fibrosos de ambos sectores, las diferencias también fueron reducidas.

Referencias bibliográficas

1. Washusen, R. *Tension wood occurrence in Eucalyptus globulus Labill.* II. The spatial distribution of tension wood and its association with stem form. Australian Forestry Vol. 65, No. 2, p. 127–134. 2002.
 2. Parham, R. A.; Robinson K. W. and Isebrands, J. G. *Effects of tension wood on kraft paper from a short-rotation hardwood (Populus "Tristis No. 1")*. Wood Science and Technology. Volume 11, Number 4 / december 1977.
 3. Baba, K., Ona, T., Takabe, K., Itoh, T. e Ito, K. *Chemical and anatomical characterization of the tension wood of Eucalyptus camaldulensis L.* Mokuzai Gakkaishi. 42 p. 795–798. 1996.
 4. Jourez, B.; Riboux, A. and Leclercq, A. *Anatomical characteristics of tension wood and opposite wood in young inclined stems of poplar (Populus euramericana cv ghoy)*. IAWA Journal, Vol. 22 (2), p: 133–157. 2001.
 5. Legado Sánchez Acosta, M. y Mastrandea, C. *INTA Concordia. Ensayo de raleos del INTA Concordia. Densidad aprox. 1163 p/ha. Una poda hasta 2,5 m. Semilla sudáfricana. Suelo mestizo (inceptisol) USDA: Aplumbert fluentoico.* 2007.
 6. Wise, L. E., Murphy, M. and D'Addieco, A. A. *Paper Trade J.* 122 p.. 35-43. 1946.
 7. Jayne, B. A. *Mechanical Properties of Wood Fibers.* TAPPI 42 (6) p. 461 a 467, 1959.
 8. *Canadian Pulp and Paper Association.* Useful Method G.10U. Chlorite Delignification of Cellulosic Materials. 1990.
 9. Núñez, C. E. y Pavlik, C. A. *Disgregado de tejidos leñosos por el método clorito – ácido acético – carbonato.* Evaluación del daño producido a las fibras. Revista de Ciencia y Tecnología Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales. Universidad Nacional de Misiones. Año 2, n° 2, p. 33. 1999.
 10. Isenberg, Irving H. *Pulp and Paper Microscopy.* Third Edition. The Institute of Paper Chemistry. Wisconsin. 1967 y Hillton Hilton, N. R. "Microscopía de la Madera". Edición de Celulosa Argentina S.A. Capitán Bermúdez. Argentina. 1970.
 11. Núñez, C. E. *Modificación en las Longitudes de Fibra de Eucalyptus grandis, por el Tratamiento Químico de Microscopía y los Pulpados Kraft e Hidroalcohólicos.* Proceedings del 25° Congreso Técnico de ATIPCA sobre Celulosa y Papel. Buenos Aires,. p. 113 a 122. 1989.
- Recibido: 01/10/09
Aprobado: 13/09/11
- Carlos Eduardo Núñez¹
Docente investigador del PROCYP, Programa de Investigación de Celulosa y Papel de la Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales de la UNaM.
Técnico Químico del Instituto Politécnico Rosario de la FCEFYN de la Universidad Nacional de Rosario. Trabajó en varias empresas nacionales y en 1973 ingresó en Celulosa Argentina Fca. Puerto Piray, iniciando su formación en el área papelería. En 1978 ingresó en la FCEQYN en lo que sería después el PROCYP. Su área de trabajo es la madera y los pulpados químicos. Director de Proyectos de investigación. Ha realizado unos cuarenta trabajos de investigación y formado cerca de veinte estudiantes a término y profesionales. Docente en la Tecnicatura, la Orientación y la Maestría, todas del área de Celulosa y Papel. Tiene realizados unos treinta y cinco textos de docencia.
1. PROCYP, Facultad de Ciencias Exactas Químicas y Naturales, Universidad Nacional de Misiones. Félix de Azara 1552 (3300) Posadas, Provincia de Misiones, Argentina. Teléfono y Fax 52 03752 422198. c_e_nunez@fceqyn.unam.edu.ar