

Rev. Cienc. Technol.
Año 11 / N° 11 / 2009 / 26–32

MORFOLOGÍA FIBROSA DE LA MADERA DEL *Eucalyptus grandis* IMPLANTADO EN LA MESOPOTAMIA ARGENTINA. 2. DEFINICIÓN DE LOS TIPOS MORFOLÓGICOS DE FIBRAS

Carlos E. Núñez

FIBER MORPHOLOGY OF THE WOOD OF *Eucalyptus grandis* GROWING IN THE ARGENTINEAN MESOPOTAMIA. DEFINITION OF THE MORPHOLOGICAL TYPES OF FIBERS

ABSTRACT

The present research work is part of a series on fiber morphology from exotic *Eucalyptus* tree wood in Mesopotamia, Argentina. (Mesopotamia comprises Misiones, Corrientes and Entre Ríos provinces). Facing difficulties regarding the classification of different fibrous types using botanical definitions the task was based on some paper related parameters and pits density. Some pairs of variables were tested and the relationship between pits and fiberability was selected. Five hundred elements were tested, plotted and grouped into 3 defined types with an A population of libriform fibers regardless type and amount of pits and a fiberability coefficient greater than 70, a B population of elements having a fiberability coefficient lower than 70 and a pit density lower than 80 pits/mm and a C population with an irrelevant number of elements and paper features consisting of vasicentric tracheids (elements with more than 80 pits/mm). We can define in this fashion a disgregate fiber sample as a function of the proportion of the population mentioned, since a pure A population pulp should have good physico-mechanical properties and a pure population B better formation properties. Because both types have different in tree physiological properties, a genetic improvement could be developed in order to obtain different species suitable to specific purposes. It could be established that fibers cannot be defined by the type and quantity of pits as it is the case of general botanical definitions.

KEY WORDS: *Eucalyptus grandis*, wood structure, fiber structure, cell dimensions, fiber dimensions, fiber length, fiber diameter, cell wall thickness, microscopy, Argentina.

RESUMEN

Ante las ambigüedades de las definiciones botánicas de tipos de fibras, se buscó utilizar dos parámetros medibles; la densidad de puntuaciones y el coeficiente de fiabilidad. Se observó que se podían dividir en tres grupos: una población 'A', de fibras libriformes, y un coeficiente de fiabilidad mayor de 70; una población llamada 'B' de elementos tipo fibrotraqueidas, de coeficiente de fiabilidad menor de 70 y una densidad de puntuaciones menor a 80 puntuaciones/mm; y una población 'C' de traqueidas vasicéntricas. De esta manera se puede definir una muestra en función a la proporción de dichas poblaciones. Una pulpa de población 'A' pura debiera tener buenas propiedades físico mecánicas la población 'B' pura, mejores propiedades de formación. Se podrían, además, desarrollar mejoras genéticas para fines definidos. Se constató además que no se pueden definir las fibras de esta especie por el número o tipo de sus puntuaciones.

PALABRAS CLAVE: *Eucalyptus grandis*, morfología de fibras, parámetros biométricos, coeficiente de fiabilidad, ancho de fibras, microscopia, Argentina.

INTRODUCCIÓN

Se denomina Mesopotamia Argentina al territorio correspondiente a este país, comprendido entre los ríos Paraná y Uruguay hasta su desembocadura en el Río de la Plata, extendido aproximadamente entre los 25° 44' y 33° 10' de latitud sur. Comprende las provincias de Misiones, Corrientes y Entre Ríos, ordenadas de norte a sur, con una superficie total de unos 196.000 Km². En ella se encuentran las principales plantaciones de coníferas y latifoliadas de la república. Datos más completos sobre la región se describieron en la primera parte de este trabajo.

Si bien hay publicada considerable cantidad de información de carácter silvícola sobre esta masa boscosa, no sucede lo mismo con respecto a las características morfológicas de su madera, y su variación con el sitio del tronco y con su edad. Esta serie de trabajos tratan de paliar este vacío.

Es un hecho bien establecido que la morfología de los elementos fibrosos que componen una pulpa influye en las propiedades ópticas, físicas y fisicomecánicas de la hoja con ella producida. Sin embargo no hay leyes generales lo suficientemente abarcativas para utilizarlas con fines predictivos en la confección de determinado tipo de papel.

Ello, al margen de las circunstancias metodológicas, se debe seguramente a las otras variables involucradas es decir el proceso de pulpado, el tipo de preparación de la pulpa y a los diversos productos que se agregan posteriormente al papel. Por eso se podría decir que para cada fábrica y para cada tipo de papel elaborado habría un tipo de fibra más conveniente.

Durante el estudio de aptitud papelera de latifoliadas desde mediados de 1980, se observó la existencia de una diversidad de formas fibrosas que se diferenciaban principalmente en la longitud y el ancho, aunque el espesor de pared también podría resultar un parámetro significativo. En el estudio de la aptitud papelera de un residuo industrial consistente en ramas jóvenes de *Ilex paraguariensis*, se hallaron distribuciones de frecuencias de parámetros fibrosos con tendencia a la polidispersidad [1]. En un trabajo sobre *Ocotea puberula*, vulgarmente llamado Guayca, Area y Fretes [2] hallaron distribuciones similares y las asociaron a diferentes poblaciones fibrosas caracterizadas por la abundancia o no de puntuaciones, es decir a lo que comúnmente se denominan a fibrotraqueidas y fibras libriformes. Posteriormente trabajando el autor con Peteriby *Cordia trichotoma*, [3], si bien halló algunas distribuciones con más de un máximo y de un sesgo considerable, no pudo identificar diferentes poblaciones estadísticas.

Existen, sin embargo, diversos indicios de que la diferente morfología fibrosa de la madera tiene una significativa importancia en las variaciones de propiedades de las pulpas hechas con ella, aún dentro de la misma especie. Esto es particularmente válido para el género *Eucalyptus* posiblemente por la variabilidad genética que le es característica. En un completo trabajo realizado por duPloiy sobre las relaciones entre morfología de la madera de *E. grandis* y las propiedades de la hoja [4], se pueden ver las variaciones posibles dentro de la especie. Así, en 20 árboles distintos halló diferencias hasta del 40 % en índice de rasgado, hasta del 60 % en índice de explosión y de hasta 45 % en índice de tracción. Los análisis de regresión múltiple indicaron que las variables morfológicas de mayor significancia eran el espesor de pared; la fieltabilidad, es decir la relación entre longitud y ancho de fibra; la longitud de fibra y el ancho de fibra en ese orden. Dado que, salvo el espesor de pared que varía poco en esta madera los otros parámetros definen lo que se suele denominar fibrotraqueidas y fibras libriformes, se vio el interés en tratar de analizar la existencia efectiva de esos tipos morfológicos en las maderas en estudio, medir su proporción en función de la edad y de la altura, y observar la existencia de eventuales poblaciones estadísticas en las distribuciones de frecuencia. El objetivo es de carácter mediato, es decir analizar la posibilidad de mejoramiento de la especie teniendo en cuenta, además de los parámetros corrientes de rendimiento: sanidad, conformación del fuste, etc., la morfología fibrosa en relación a su aptitud papelera.

Acerca de las definiciones de tipos morfológicos de fibras

Una recorrida por los textos corrientes de botánica y dendrología descubre fácilmente las definiciones diferentes, solapadas y hasta contradictorias que existen sobre los términos ‘fibrotraqueidas’ y ‘fibras libriformes’ [5] a [16]. Ello ha hecho que IAWA elimine estos términos de la caracterización de maderas [15]. Para las ‘traqueidas vasicéntricas’, el otro tipo de elementos de forma fibrosa existente en la madera de latifoliadas que, por otro lado no tiene significancia por su escaso número, hay coincidencia de criterios, por lo que no se las va a tratar en este caso.

Las fibrotraqueidas para Esau [6] son elementos de paredes finas, con extremos aguzados y puntuaciones areoladas que poseen aberturas lenticulares en forma de ranura o rendija; para Vales *et al.* [7] generalmente presenta paredes gruesas con punteado areolado; Tortoreli [9] las define como traqueidas con aspecto de fibras, comúnmente con pared espesa, lumen estrecho, extremo en punta y pares de puntuaciones areoladas, con aberturas de lenticulares a lineales (IAWA modif.); IAWA, en 1989, debido a la falta de consenso, evita los términos fibrotraqueidas y fibras libriformes en los descriptores anatómicos de madera.; Lange [10] presenta dibujos de los 2 tipos de fibras, en el que los dos tienen forma fusiforme pero uno posee puntuaciones redondas y el otro de forma de rendija, sin identificarlos; Mansart indica que son elementos de paredes espesas con un lumen estrecho, los extremos en forma de punta y que las puntuaciones areoladas tienen orificios lenticulares, o en ranura.



FIGURA 1. Variación morfológica de los elementos fibrosos del *E. grandis* de la Mesopotamia Argentina.

Las fibras libriformes son definidas por Esau [6] como una fibra del xilema comúnmente de paredes finas y puntuaciones simples, siendo usualmente las células más largas del tejido. Davidson [16] dice que son fibras largas y finas, que se caracterizan por poseer puntuaciones simples, y son el principal componente de las latifoliadas. Eames y Mc Daniels [12] indican que las fibras libriformes son la resultante de un proceso de especialización extrema en el cual la pared se hace muy gruesa y las puntuaciones se reducen tanto como se puede.

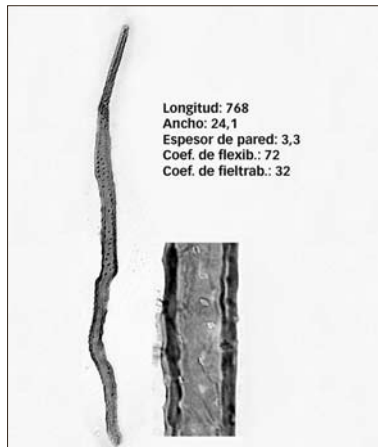


FIGURA 2. Fibrotraqueida típica.

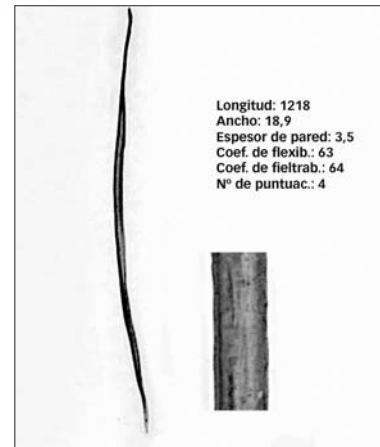


FIGURA 3. Fibra libriforme típica.

Las observaciones de la morfología del género *Eucalyptus*, y del *E. Grandis*, en este caso particular, explican la dificultad para definir de forma taxativa los tipos de fibras, Figura N° 1 (los elementos están elegidos visualmente y ordenados por longitud. Las primeras diez contando desde la izquierda son fibras libriformes, las cinco siguientes fibrotraqueidas y las cinco últimas traqueidas vasicéntricas. La proporción no corresponde a la de los tejidos verdaderos), puesto que *prima facie* pareciera que hay una variación continua que va desde la típica fibrotraqueida hasta la inconfundible fibra libriforme, tipos extremos con la que la mayoría de los autores están de acuerdo, Figuras 2 y 3.

La fibra de la Figura N° 2, es decir la fibrotraqueida típica, se caracteriza por tener en la madera en estudio, una longitud menor que el promedio. Del conjunto de árboles medidos en la primera parte de este trabajo [5], se puede decir que el promedio aritmético de las fibras de estas plantaciones oscila dentro del rango de 890 a 1010 micras. De esta manera la fibrotraqueida de la Figura N° 2 es marcadamente más corta y la fibra libriforme de la N° 3 más larga. Con respecto a los demás parámetros, las situación es similar, es decir que hay considerables diferencia entre estos tipos extremos.

Sin bien no se tiene la prueba concluyente, se podría asegurar que dos pulpas hechas con grupos puros de estos dos tipos extremos darían productos con propiedades bien diferentes, y de ahí el interés por analizarlos.

La principal dificultad para utilizar las definiciones de

tipos botánicos de fibras tiene que ver con las puntuaciones, dado que esas descripciones son cualitativas, es decir afirman que tal tipo no tiene tales puntuaciones y que el otro tipo si. Lo que se advierte observando las fibras es que en realidad definen tipos extremos, y que la mayoría de los elementos se ubican en puntos intermedios que aparentemente tienen entre sí solamente diferencias de carácter cuantitativo.

De un atento análisis de todas las definiciones se saca en concreto que, salvo el tema de las puntuaciones, los demás parámetros son de carácter cuantitativo. Por ejemplo cuando se dice largas, o gruesas, o en punta. Lamentablemente las puntuaciones areoladas de las fibras del género *Eucalyptus* no son de fácil observación, Figuras N° 4 y 5, salvo en un subtipo que tiene poca frecuencia que se muestra en la Figura N° 6, pero sin embargo se podría pensar que al margen del tipo que tengan, la planta ubica muchas puntuaciones en los elementos que van a tener función de conducción y va a dejar las mínimas en aquellos elementos de sostén, que necesariamente deberán tener morfologías adecuadas a dichas funciones.

La experiencia en la observación de fibras de *Eucalyptus* a lo largo del tiempo indica, aunque de manera subjetiva, que efectivamente los tipos morfológicos existen, y que la proporción de ellos varían en función del sitio del tronco analizado. La dificultad estriba al querer clasificar fibra por fibra según las definiciones botánicas. Es por eso que se estudió la inclusión de otro parámetro para intentar una

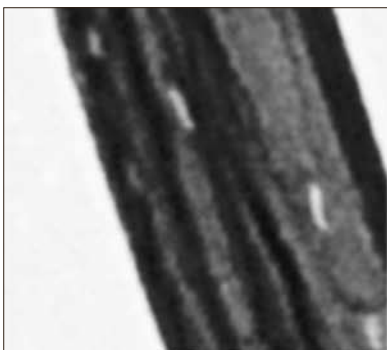


FIGURA 4.

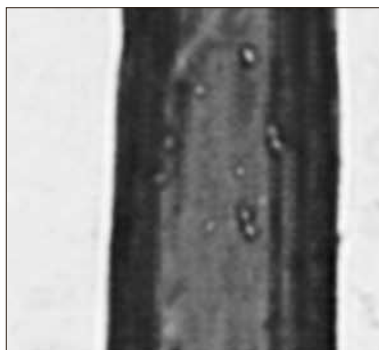


FIGURA 5.



FIGURA 6.

mejor separación de los tipos, para poder estimar en cada espécimen la proporción de los mismos de manera más definible. Teniendo en cuenta que una dificultad es la existencia o no de puntuaciones y del tipo de las mismas, y que por otro lado, desde el punto de vista papelerero, ateniéndose a la información disponible, los parámetros más influyentes en las propiedades físico mecánicas de la hoja son el espesor de pared, el coeficiente de fiabilidad, la longitud y el coeficiente de flexibilidad, se decidió realizar un estudio entre dichos parámetros y la cantidad de puntuaciones.

Por lo tanto el trabajo consistió en medir en una cantidad significativa de individuos densidad de puntuaciones, y los valores antedichos, y analizar si se podían agrupar de alguna manera en distintos grupos morfológicos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Nota: una descripción más detallada de la metodología se puede encontrar en el trabajo inicial de la serie [17].

Árboles: se trabajó sobre las muestras preparadas en trabajos anteriores provenientes de distintos sitios de los fustes tanto en sentido radial como longitudinal, utilizando los 14 individuos recolectados hasta ahora, provenientes de las tres provincias mesopotámicas y de suelos y latitudes distintas. Este conjunto se considera una buena representación de la población de *E. grandis* de la región.

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 8 mm de ancho, por la longitud correspondiente a la rodaja. Éstos prismas se saturaron con agua caliente, operación que llevó de 1 a 3 días. A continuación se efectuó el disgregado de los tejidos por medio de la técnica del clorito-ácido acético utilizado para realizar deslignificaciones controladas, [18, 19] recurriendo a una variante previamente desarrollada [20], en la que se llega solamente a n° kappa 15–20 y se efectúa el disgregado con una solución de carbonato de sodio. 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 una vaso de cuatro litros, del que se sacó con agitación la fracción para los preparados de microscopía. Esta parte de la preparación se hizo siguiendo en general las técnicas de Isenberg [21] y Hilton [22].

Mediciones: todas las mediciones se realizaron sobre material disgregado, inclusive las de ancho de fibra y espesor de pared. 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 entre el mismo trozo de madera demostraron que en general los anchos de fibras son mayores en los disgregados, posiblemente debido a una distensión de la trama interna

de la pared celular, y al colapsamiento generado entre los vidrios del preparado. La diferencia de variación de longitudes, entre el disgregado y a través de los procesos químicos industriales, medidas en un trabajo previo [23] puede considerarse 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 con cubreobjetos. Por lo tanto las mediciones corresponden a las fibras en su estado seco 100 %. Se midieron fibras de los dos lados del preparado. Tanto las longitudes como los anchos y espesores de pared se midieron en un analizador de imágenes con el programa 'Leica Qwin', 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 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 trasversales 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. Las puntuaciones se contaron pasando por la pantalla toda la longitud de la fibra con el máximo aumento. El coeficiente de fiabilidad se define como la relación entre longitud y ancho de la fibra. El valor de la 'densidad' de puntuaciones, está referido a la longitud, es decir que equivale al número de puntuaciones medidas en relación a la longitud de fibra en mm.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se comenzó por relacionar el número de puntuaciones con los cuatro parámetros, y se obtuvieron valores que se describen en las Figuras 7, 8, 9 y 10.

Como se puede apreciar en la Figura N° 7, evidentemente el espesor de pared no es función de la densidad de puntuaciones. La mayoría de los valores se agrupan en una nube dispersa. Este hecho sumado a que es el parámetro menos variable y el más incierto en la medición, por las dificultades de observar las paredes de las fibras disgregadas, lo excluyen de ser utilizado. El segundo caso es interesante, Figura N° 8, porque se puede observar que los puntos se distribuyen a lo largo de un espacio que se puede representar razonablemente por una ecuación potencial, y en el que se pueden advertir tres acumulaciones aceptablemente diferenciadas, puesto que hay dos rangos de baja frecuencia de apariciones, uno en (10;70) y otro en (100; 40). Las longitudes de fibra, Figura N° 9, aunque exhiben también una relación interesante, con la mayoría de las

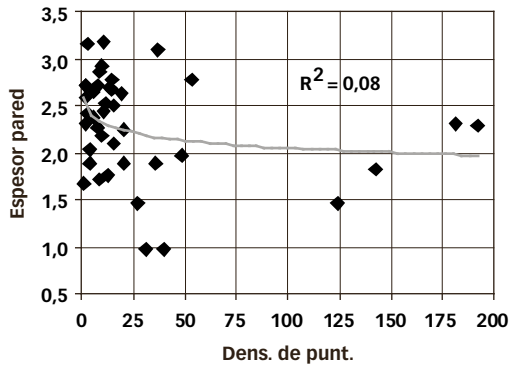


FIGURA 7. Espesor de pared en función de la densidad de puntuaciones.

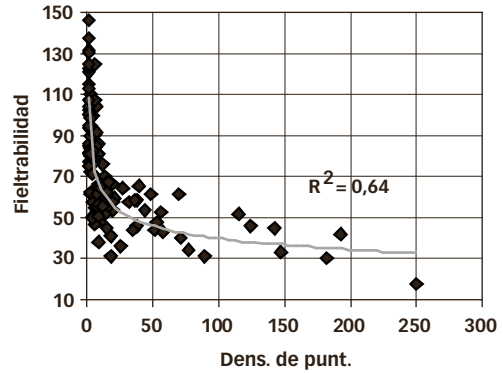


FIGURA 8. Coeficiente de fieltrabilidad en función de la densidad de puntuaciones.

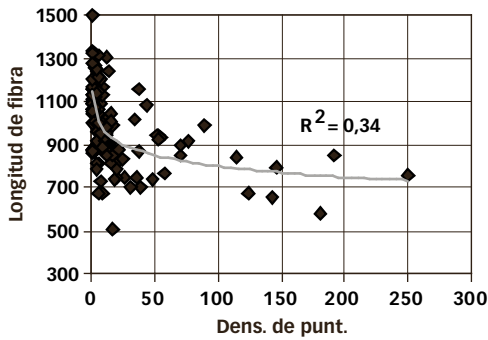


FIGURA 9. Longitud de fibra en función de la densidad de puntuaciones.

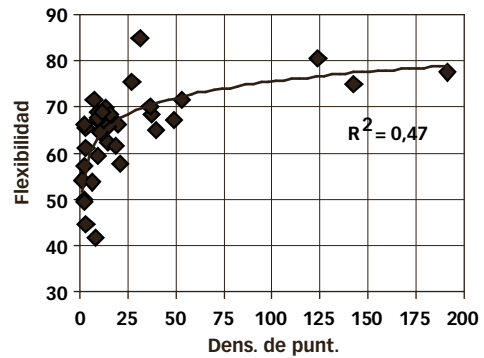


FIGURA 10. Coeficiente de flexibilidad en función de la densidad de puntuaciones.

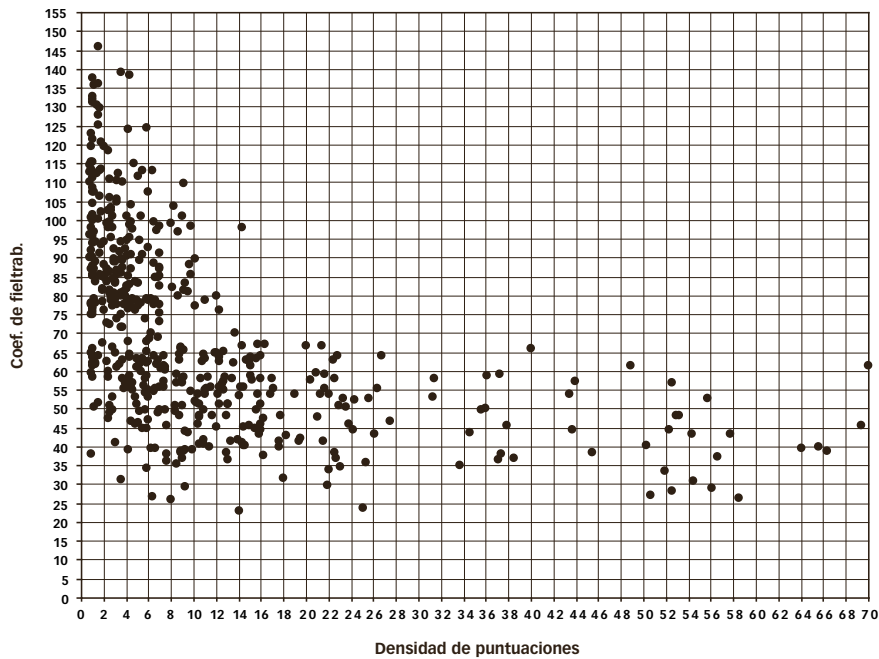


FIGURA 11. Gráfico de la relación del coeficiente de flexibilidad y la densidad de puntuaciones de todos los valores.

fibras con pocas puntuaciones, y disminuyendo a medida que aumenta la densidad de puntuaciones, no muestra algún tipo de agrupamiento que se pueda utilizar para definir tipos morfológicos. La falta de grupos diferenciados también se nota en el gráfico de los coeficientes de flexibilidad, Figura N° 10, que por otra parte tiene poca relevancia en predicción de las propiedades de la hoja.

De esta manera se eligió continuar el análisis solamente con el coeficiente de fieltrabilidad para diferenciar distintas poblaciones fibrosas. En la Figura N° 11, se muestra la ubicación de los pares de valores resultantes de medir densidad de puntuaciones y coeficiente de fieltrabilidad.

Corresponden a muestras de tres individuos, dos de Entre Ríos y uno de Corrientes, medidos a alturas de pecho;

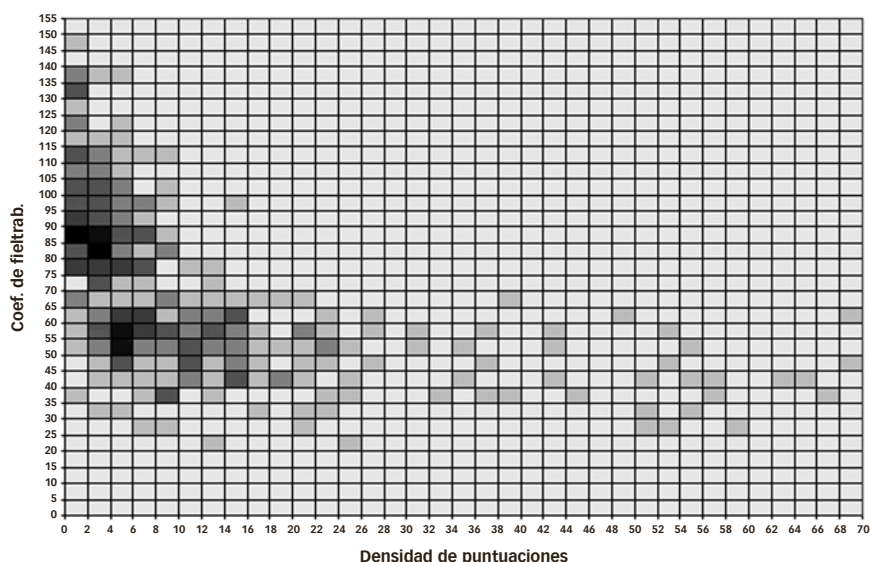


FIGURA 12. Cuadrícula de densidad de apariciones de pares de valores fielttrabilidad-puntuaciones.

50 y 75 % de la altura comercial del fuste, en total 520 elementos fibrosos. Se han obviado unos pocos valores de traqueidas vasicéntricas de más de 60 puntuaciones por milímetro. Se puede observar que los puntos no se ordenan al azar. Hay una franja más o menos ancha que los contiene en su totalidad. Esta franja es casi paralela al eje de las densidades de puntuaciones, para altas densidades, y cambia la pendiente de forma significativa en la zona de baja densidad, cuando las fibras poseen pocas puntuaciones. Aunque de forma no muy marcada existe una región de poca frecuencia de apariciones, que se encuentra en el rango de coeficientes de flexibilidades de 70 y densidad de puntuaciones entre 1 y 10 punt./mm. Dada la importancia de este sector ralo para poder diferenciar dos grupos de fibras, se realizó el gráfico de la Figura N° 12 en el que, por medio de una cuadrícula se colorearon los sectores con grises cuya intensidad es proporcional a la cantidad de puntos que contenían. Se observan dos concentraciones de puntos y una zona de baja frecuencia que las separa. De manera general es importante remarcar que se encontraron gran cantidad de elementos con el mismo número de puntuaciones y un gran rango de coeficientes de fielttrabilidad, o sea que la primera variable no define las llamadas fibras libriformes.

Teniendo en cuenta estos resultados se decidió definir tres tipos de poblaciones de fibras. Se va a denominar Población A al grupo de fibras que poseen coeficiente de flexibilidad mayor de 70, Población B a las que poseen coeficiente de flexibilidad menor de 70 y densidad de puntuaciones no mayor de 80 punt./mm, y Población C los elementos con más de 80 punt./mm. La Población A, aunque no de forma absoluta se relaciona a las fibras libriformes, la Población B a las fibrotraqueidas y la Población C comprende los elementos denominados traqueidas vasicéntricas, que por otro lado son de escasa presencia y no tienen importancia papelera. De esta forma se elimina

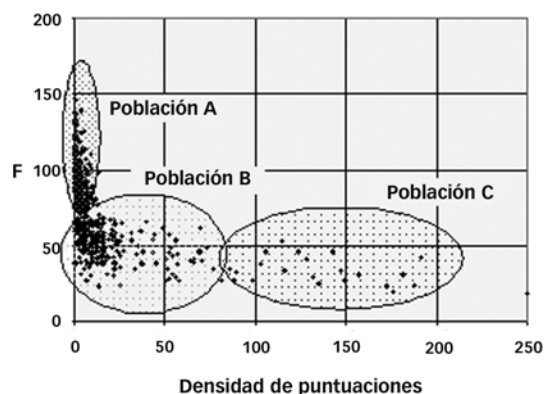


FIGURA 13. Las tres poblaciones fibrosas definidas. F corresponde a coeficiente de flexibilidad.

la indefinición de identificar tipos fibrosos por medio de las puntuaciones, particularmente entre fibrotraqueidas y fibras libriformes, Figura N° 13.

CONCLUSIÓN

Las fibras de *E. grandis* estudiadas se pueden dividir por parámetros medibles en tres poblaciones fibrosas. Una primera, ‘A’ asociada a las fibras llamadas libriformes, de elementos con coeficiente de fielttrabilidad mayor de 70, una segunda población ‘B’ definida como las fibras que tienen coeficiente de fielttrabilidad menos de 70 y densidad de puntuaciones menor a 80 punt./mm que se puede asociar a las fibrotraqueidas, y una tercera ‘C’ de poca importancia, que se superpone a la definición de traqueidas vasicéntricas, conformada por los elementos que poseen densidad de puntuaciones mayor a 80 punt./mm.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Núñez, C. E. *Aptitud Papelera de los Residuos leñosos de la Elaboración de la Yerba Mate*. Proceedings de las 7^{as} Jornadas Técnicas de la yerba mate. Apóstoles, Misiones. 1982.
2. Area, M. C.; Fretes, R. M. *Una contribución al conocimiento de los elementos celulares del Guayca*, Revista ATIPCA (Argentina), Año 27, N° 2, pp. 46, 1988.
3. Núñez, C. E. *La Madera de Peteribí, Cordia trichotoma, (Vell) Johns. como recurso Fibroso. II Morfología Fibrosa, Estudio de poblaciones y relación entre parámetros fibrosos*. Rev. Cienc. Tecnol. Año 4 (4), p. 27.
4. du Ploiy, Adriaan B. J. *The relationship between wood and pulp properties of E. grandis (Hill ex-Maiden) grow in South Africa*. APITTA Vol. 33, N°4. Enero 1980.
5. Richter, H. G.; Dallwitz, M. J. (2000 onwards). *Commercial timbers: descriptions, illustrations, identification, and information retrieval. In English, French, German, and Spanish. Version: 18th October 2002*. <http://biodiversity.uno.edu/delta/> (Enero 2009).
6. Esau, Katherine. *Glossary from The Anatomy of Seed Plants* 2nd Edition, (1977) John Wiley and Sons, NY, NY.
7. Vales, M. A.; Clemente Muñoz, M. y García, E. L. *Glosario de términos utilizados en las descripciones de maderas CI-TES*. Universidad de Córdoba, España. <http://www.uco.es/organiza/servicios/jardin/cd1/Maderas%20CITES/glosario.htm> (diciembre 2009).
8. Schulte, P. L. *Plant Anatomy*. Department of Biological Sciences. University of Nevada, Las Vegas. 2004. <http://www.unlv.edu/Colleges/Sciences/Biology/Schulte/Anatomy/CellsTissues/Cells.html>. (diciembre 2009).
9. Tortorelli, L. A. *Glosario de Términos Usados en Anatomía de Maderas*. Revista de investigaciones forestales. Tomo IV, N° 1, P. 3–32. 1963.
10. Lange, P. W. *The Morphology of hardwood Fibers*. TAPPI 42 (9) p. 786. 1959.
11. Manssart, F. *Xubulon, Progiel d'aide à la reconnaissance des bois*. <http://blogbernie.free.fr/bubu2/lexique.htm>. (Diciembre 2009).
12. Eames, A. J.; Mc Daniels, L. H. *An Introduction to Plant Anatomy*. London: McGraw-Hill Book Co. p.: 93–95. 1947.
13. Fahn, A. *Anatomía vegetal*. Editorial Pirámide D. A. Barcelona. 1985. P. 109.
14. Strasburguer, B. *Tratado de Botánica*. 8^a edición castellana. Editorial Omega. Barcelona. 1994. P. 207.
15. IAWA Committee–*IAWA List of microscopic features for hardwood identification*, Vol. 10 p. 219. 1989.
16. Zuckerman, L. D.; Davidson, M. W. (Sin título) The Florida State University. 1995–2005. <http://www.microscopy.fsu.edu/trees/glossary.html>. (Febrero de 2009).
17. Núñez, C. E. *Morfología fibrosa de la madera del Eucalyptus grandis implantado en la Mesopotamia Argentina*. 1. Atributos biométricos. Rev. Cienc. Tecnol. Año 9, N° 9. 2007.
18. Jayne, B. A. *Mechanical Properties of Wood Fibers*. TAPPI 42 (6) p. 461–467, 1959.
19. Canadian Pulp and Paper Association. Useful Method G.10U 1990. *Chlorite Delignification of Cellulosic Materials*.
20. Núñez, C. E.; Pavlik, C. A. *Disgregado de tejidos leñosos por el método clorito-ácido acético-carbonato. Evaluación del daño producido a las fibras*. Rev. Cienc. Tecnol. Año 2, N° 2. 1999, p. 33–37.
21. Isenberg, Irving H. *Pulp and Paper Microscopy*. Third Edition. The Institute of Paper Chemistry. Wisconsin. 1967.
22. Hilton, N. R. *Microscopía de la Madera*. Edición de Celulosa Argentina S.A. Capitán Bermúdez. Argentina. 1970.
23. 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. 1989. P. 113 a 122.).

PERSONAS E INSTITUCIONES INTERVINIENTES

Contribuyeron en la selección y consecución de las muestras de madera: el INTA-Concordia, en la persona de Martín Sánchez Acosta; Bosques del Plata S.A.; Shell Forestal S.A.; Alto Paraná S.A.; Roberto Pascutti de la Facultad de Ciencias Forestales UNaM.

Recibido: 07/12/06.

Aprobado: 18/11/08.

• Carlos Eduardo Núñez

Docente investigador del 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. Director de Proyectos de investigación. Ha realizado unos cuarenta trabajos de investigación y formado cerca de veinte estudiantes a término y profesionales. Ha realizados unos treinta y cinco textos de docencia.

PROCYP. Programa de Investigación de Celulosa y Papel. Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales, Universidad Nacional de Misiones. (c_e_nunez@fceqyn.unam.edu.ar).