

CARACTERES ANATÓMICOS QUE DETERMINAN LA VARIABILIDAD DEL LEÑO EN *Schinopsis quebracho-colorado* (SCHLECHT.) BARKL. ET MEYER, ANACARDIACEAE

A. M.^a GIMÉNEZ, C. R. LÓPEZ

Cátedras de Dendrología y Mejoramiento Forestal
Instituto de Silvicultura y Manejo de Bosques (INSIMA)
Facultad de Ciencias Forestales-Universidad Nacional de Santiago del Estero
Avda. Belgrano 1912 (s)-4200-Santiago del Estero-Argentina
amig@unse.edu.ar

RESUMEN

Los objetivos del presente trabajo son: caracterizar el leño de *Schinopsis quebracho-colorado*, determinar la fuente de variación radial en la madera y analizar la influencia de la edad en los caracteres anatómicos del leño.

Se trabajó con 10 individuos de DAP (diámetro a la altura de pecho, 1,30 m) superior a 30 cm, seleccionados en la localidad de Los Pirpintos, Departamento Copo, Santiago del Estero, Argentina.

La metodología adoptada para el estudio del leño es la de Helinska *et al.* y la terminología de IAWA.

Los caracteres anatómicos responsables de la variabilidad radial de la madera son: diámetro, número y área de vasos, proporción de poros solitarios y espesor de los anillos de crecimiento. Los resultados obtenidos mostraron diferencias altamente significativas entre las clases de edad (tratamientos) para las variables espesor de anillos, número, diámetro y área de vasos. El resto de las variables no evidenciaron diferencias. No hubo diferencias significativas entre individuos.

Se concluye que hay un gradiente radial en el leño en función de la edad del árbol, siendo los elementos conductores los principales responsables de la variabilidad de la madera.

PALABRAS CLAVES: *Schinopsis quebracho-colorado*
Anatomía del leño
Variabilidad radial

INTRODUCCIÓN

La madera es una de las materias primas más ampliamente usadas en diferentes productos industriales. Actualmente, el mercado exige bondad de productos y uniformidad de

Recibido: 30-9-99

Aceptado para su publicación: 15-5-00

materia prima, de ahí la inquietud de producir maderas de calidad uniforme. La madera es un material heterogéneo debiéndose comprender la magnitud y las causas de su variabilidad (Zobel *et al.*, 1978).

El conocimiento de las propiedades de la madera como producto final ha comenzado a ser motivo de nuevas investigaciones. Paulatinamente se va destacando el valor de la estructura anatómica y su relación con el tipo de productos a obtener (Keating y Bolza, 1982). A fin de estudiar las causas y el control de la variación en la madera, es necesario desarrollar investigaciones que permitan dar estas respuestas. En la actualidad, es extensa la bibliografía en referencia a variabilidad de la madera en Gimnospermas y en Angiospermas, especialmente en los géneros *Eucalyptus*, *Salix* y *Populus* (Megraw, 1985).

Las principales fuentes de variación en la madera son geográficas, así como las producidas entre y dentro de los individuos. Las maderas duras tienen un patrón de comportamiento similar al de las coníferas, variando en un gradiente radial y en altura, de árbol a árbol en una especie y dentro de un rango geográfico (Zobel y Jett, 1995).

La edad de una planta tiene un efecto significativo en las características anatómicas y, si bien la variabilidad del leño es uno de sus atractivos estéticos, también es causa de las dificultades para catalogarla, tipificarla y predecir su comportamiento (Hugues, 1973).

La variación radial y longitudinal dentro del árbol está asociada con la presencia de leño juvenil y su proporción de leño maduro (Bendtsen, 1978; Zobel y Van Buijtenen, 1989). En general, dentro del leño juvenil las propiedades cambian rápidamente en dirección centrífuga. Por el contrario, en el leño maduro las propiedades son relativamente constantes. Esta variación en las Angiospermas es moderada (Dadswell, 1960; Sluder, 1972). A pesar de que el patrón interno de variación ha sido muy estudiado en numerosas especies, el gradiente no es una norma y cada especie puede desarrollar su propio patrón en un ambiente determinado.

Schinopsis quebracho-colorado (Schlecht.) Barkl. et Meyer (quebracho colorado santiagueño), perteneciente a la familia Anacardiaceae, es la especie dominante de la formación Chaqueña Seca. Constituye el estrato superior, siendo la que mayor altura alcanza en la asociación. Según la información consignada en el Inventario del departamento Copo y Alberdi, Santiago del Estero, Argentina (Thren, Zerda, 1994) la especie es dominante en el bosque de mayor posibilidad productiva (9,048 mm³/ha), correspondiente al estrato I. Se la emplea en la producción de vigas, postes, durmientes, carpintería de obra en general, tanino, parqué y combustible.

La industria regional consume actualmente madera rolliza, de calidad heterogénea. Ello tiene como consecuencia un escaso rendimiento industrial. En Argentina no existen estudios de variación del leño de especies nativas aprovechadas industrialmente.

- Los objetivos del presente trabajo son:
- Caracterizar el leño de *Schinopsis quebracho-colorado* (Schlecht.) Barkl. et Meyer, Anacardiaceae
- Determinar la fuente de variación radial en dicha madera
- Analizar la influencia de la edad en los caracteres anatómicos del leño.

MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio fue realizado en 10 individuos adultos, de la especie *Schinopsis quebracho-colorado* (Schlecht.) Barkl. et Meyer, Anacardiaceae, apeados en julio de 1995.

El material fue obtenido de masas naturales del predio de la Cooperativa Forestal Los Pirpintos, en la localidad de Los Pirpintos, Departamento Copo, Provincia de Santiago del Estero, Argentina.

El área de estudio pertenece a la región fitogeográfica denominada Distrito Chaqueño Occidental, del Dominio Chaqueño (Fig. 1). El clima del Chaco Semiárido se caracteriza por ser cálido, con temperaturas uniformes. Los veranos son cálidos, con temperaturas máximas absolutas que superan los 45° C y los inviernos relativamente fríos (-10° C). La región está dentro del polo de calor de América del Sur (Boletta *et al.*, 1992). El clima tiene un carácter semiárido, con precipitaciones escasas y estivales alternando con sequías en períodos bien delimitados (Minetti y Acuña, 1994). Corresponde a la región climática IV, tipo climático semiárido, subregión A con un índice climático de 100. La precipitación media anual es de 600 mm. (500-700). Los vientos predominantes son del sector Sur y Norte, siendo estos últimos calientes y desecantes al comienzo de la primavera. El balance hídrico climático es deficitario en todos los meses del año.

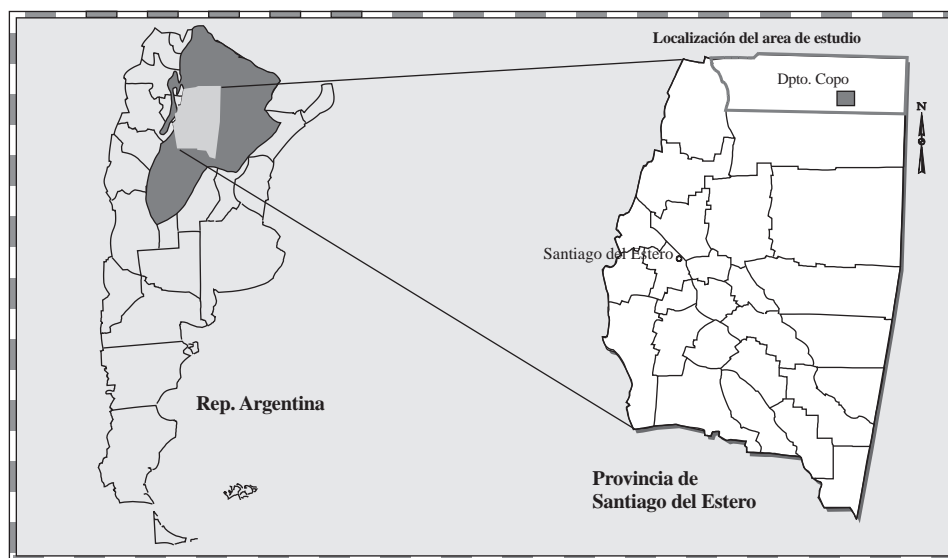


Fig. 1.—Localización del área de estudio
Study area

El relieve plano permite la libre circulación de la atmósfera, siendo ésta la causa de la uniformidad climática de la formación fitogeográfica (Ledesma, 1973). El área está incluida en el denominado Paleobanico Aluvial del Río Salado (Vargas Gil, 1990), con una pendiente general de 0,06 % de este a sudeste, a 180 m s.n.m.

La elección de los árboles para el estudio se basó en los siguientes criterios: 1) individuo adulto (DAP superior a 30 cm.), 2) fuste sin defectos, 3) árbol dominante, 4) copa simétrica, 5) en buen estado sanitario. En él se midió el DAP (diámetro de referencia a 1,30 m), altura de fuste, altura total, y edad marcándose la dirección Norte en el fuste, según se expresa en Tabla 1.

TABLA 1
MAGNITUDES DENDROMÉTRICAS DE LOS ÁRBOLES ESTUDIADOS
Dendrometric magnitudes of the studied trees

| Individuo | DAP (cm.) | Altura de fuste (m) | Altura total (m) | Edad (años) |
|-----------|-----------|---------------------|------------------|-------------|
| 1 | 53,25 | 4,05 | 15,40 | 118 |
| 2 | 38,00 | 7,28 | 19,30 | 95 |
| 3 | 38,50 | 5,59 | 18,50 | 89 |
| 4 | 45,50 | 4,75 | 16,50 | 86 |
| 5 | 58,00 | 4,15 | 19,80 | 130 |
| 6 | 31,50 | 7,50 | 15,30 | 71 |
| 7 | 34,40 | 5,48 | 15,30 | 71 |
| 8 | 34,90 | 6,09 | 15,00 | 86 |
| 9 | 32,30 | 6,73 | 17,00 | 72 |
| 10 | 40,50 | 3,57 | 13,50 | 92 |

El árbol seleccionado fue abatido y se extrajo una rodaja de 5 cm de espesor, a 1,30 m (Helinska *et al.*, 1991). Las muestras se trabajaron con cepilladora, lijadora de banda y orbital con juego de lijas de granulometría de 600 a 100, hasta tener una superficie lisa que permitiera observar con la mayor fidelidad los anillos de crecimiento. Todas las medidas se realizaron en la orientación Norte. Se marcaron los anillos correspondientes a las edades 0-10, 30-40 y 60-70, denominados tratamientos T1, T2 y T3, respectivamente. Mediante una plantilla con ranura de 2,5 mm de espesor sobre la sección transversal de la rodaja (Fig. 2), se midieron los parámetros anatómicos año a año, observados con la lupa estereoscópica de la máquina cuenta-anillos (Giménez, 1998).

Se estudiaron las siguientes variables anatómicas: número de poros/mm², diámetro tangencial de poros, área de vasos/mm², tipo de poros, longitud de vasos, longitud de radios, porcentajes de los diferentes componentes celulares, porcentajes de tipos de poros, diámetro externo, interno y espesor de pared de fibras. En las descripciones se siguió la terminología del Comité de Nomenclatura de IAWA (Baas *et al.*, 1989). Se incluyó la variable espesor de anillos de crecimiento ya que todas las mediciones fueron referidas al parámetro edad.

Los preparados microscópicos se llevaron a cabo siguiendo las normas tradicionales de anatomía de madera, teñidas con coloración triple de crisoidina-acridina roja y azul de astra. De las probetas correspondientes a los tratamientos T1 y T3 se separó material para la realización del macerado. Se midieron 25 fibras y elementos de vaso por individuo y tratamiento.

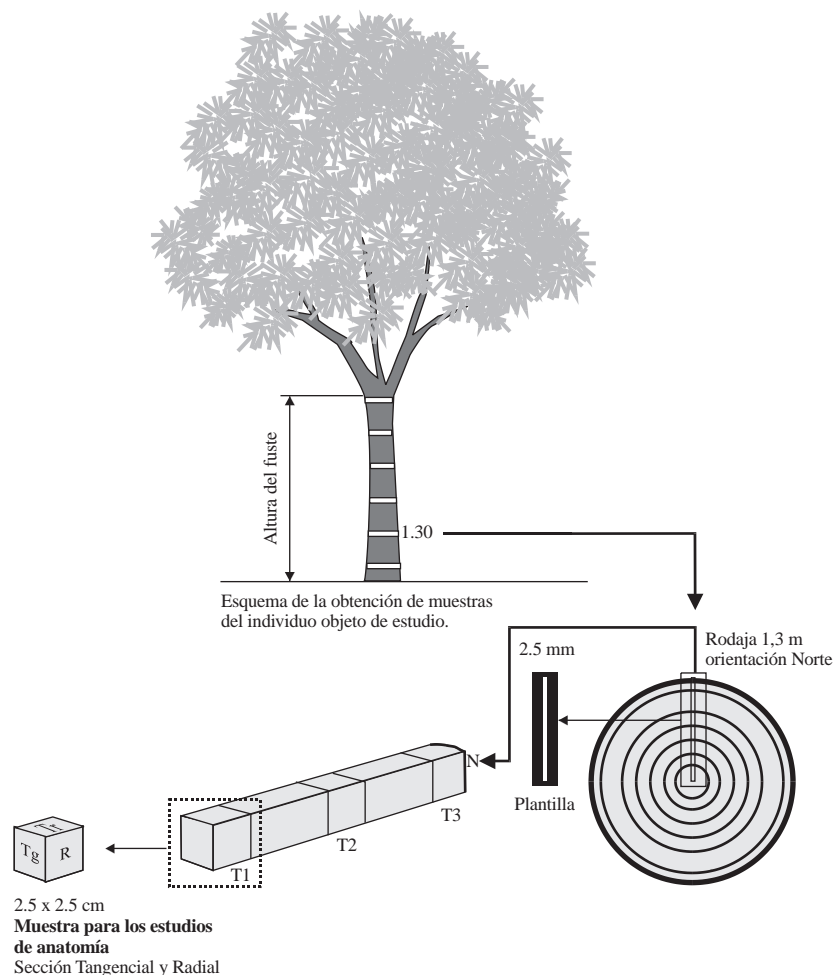


Fig. 2.—Esquema de toma de muestras del árbol de estudio
Sampling methodology within every tree

Las mediciones anatómicas de los caracteres seleccionados se efectuaron siguiendo las recomendaciones de Muñiz *et al.* (1991), con la medición de 25 elementos por variable, individuo y tratamiento. El parámetro área neta de vasos/mm² fue calculado a partir de la sección media de poros y el número de poros. La longitud de elementos de vaso se evaluó incluyendo los apéndices. Los caracteres anatómicos: alto y ancho de radios, diámetro externo e interno de fibras y espesor de pared, se midieron a partir de probetas correspondientes a los tratamientos T1 y T3, realizándose los respectivos cortes histológicos.

Para el análisis estadístico se empleó el método multivariante para todos los parámetros anatómicos relevantes, a fin de tener un acercamiento sobre el comportamiento general del fenómeno estudiado (Afifi y Clark, 1990).

La matriz fue realizada con los valores medios de cada parámetro para cada individuo y clase de edad. Las variables cuantitativas expresadas en valores porcentuales fueron transformadas por la función arcoseno para homogeneizar la varianza. Los datos fueron estandarizados.

Para extraer información de carácter general considerando la posible estructura de dependencia entre las variables estudiadas, se utilizaron dos técnicas de análisis multivariante: de componentes principales y de agrupamientos (Manly, 1986). El análisis de componentes principales fue realizado con el fin de estudiar la asociación de componentes con las variables.

Se realizó el análisis de agrupamientos para verificar la función de los elementos del leño (conducción, sostén, etc.), empleándose el programa Statistics Vs.5.

Se efectuó el análisis de la varianza (ANOVA) de Medidas Repetidas (Cody y Smith, 1991) para cada variable considerada, con el fin de estudiar su incidencia en la variabilidad total. Cabe destacar que este modelo aumenta la precisión a la prueba de «F» debido que considera al árbol como una variable clasificatoria y la descuenta del error experimental. Se efectuó el análisis de la varianza para cada una de las variables consideradas, por árboles individuales y para cada uno de los tratamientos. El objetivo fue probar las posibles diferencias entre tratamientos a través de «F» y los componentes de la varianza para la estimación de los parámetros en estudio según el modelo matemático siguiente:

$$Y_{ij} = m + t_i + e_{ij}$$

Donde «m» es la media aritmética evaluada en el tratamiento i con j individuos, t efecto de los tratamientos y e_{ij} es el error experimental asociado a la parcela que contiene el tratamiento i.

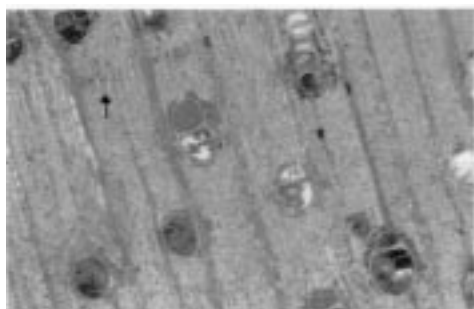
Se efectuó la prueba de «Duncan» al 95 % de probabilidad, para comparación de medias.

RESULTADOS

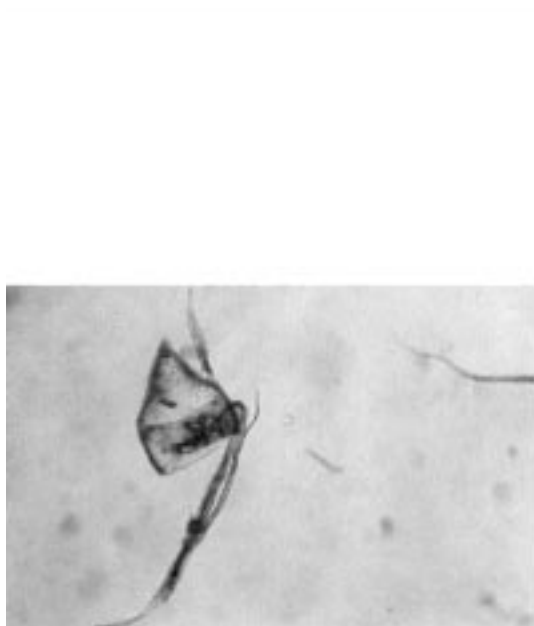
Caracterización anatómica

El leño presenta porosidad difusa no uniforme (Fig. 3). Los poros son solitarios y múltiples de 2, 3 y 4, de orientación radial, con predominio de los poros solitarios en un 83 %. Los elementos de vasos cortos (Figs. 4 y 5) de longitud media de 237,5 μ (200-500), poseen placa de perforación simple (Fig. 6). Los poros son de pequeños a medianos con un diámetro tangencial medio de 103,38 μ (40-200), de numerosos a muy numerosos, con un valor medio de 10,77 poros/mm² (8-35). El área media neta de vasos/mm² es 0,0806. Las punteaduras intervasculares son alternas, coalescentes, con diámetro interno de punteadura 2-5 μ , las parénquima-vasculares de 10 a 16 μ y las fibro-vasculares de 1 a 2 μ .

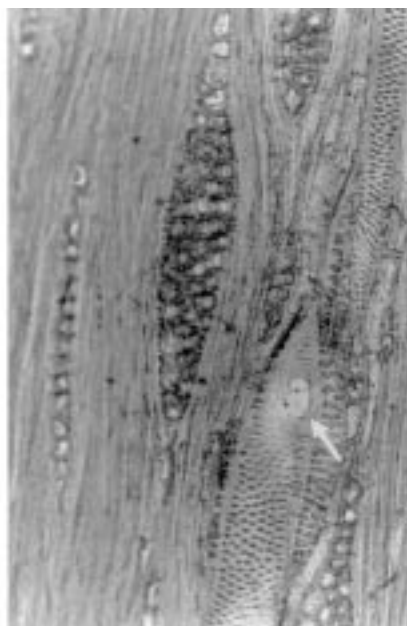
3



4



5



6

Fig. 3.—Sección transversal del leño con porosidad difusa no uniforme (× 100)
Transversal section showing wood diffuse not uniform porous

Figs. 4 y 5.—Macerado mostrando miembros de vasos cortos con un apéndice (× 250)
Maceration showing short vessel element with one tail

Fig. 6.—Miembro de vaso con placa de perforación simple (× 250)
Vessel element with simple perforation plate

El tejido mecánico está constituido por fibras libriformes y fibrotraqueidas cortas, de longitud media de 931,39 μ (700-1100). Las fibras presentan diámetro externo con un valor medio de 11,34 μ , diámetro interno de 5,64 μ y el espesor medio de pared de 2,97 μ , correspondiendo al tipo grueso.

El parénquima axial es paratraqueal, vasicéntrico escaso. Los radios leñosos son heterogéneos II B Kribs, con células de contacto, multiseriados (4-3-2) y uniseriados. El rasgo anatómico sobresaliente es la presencia de canales secretores de tanino en los radios leñosos (Fig. 7).

El leño presenta abundancia de cristales rómbicos de oxalato de calcio, dispuestos en el parénquima radial y en series de células septadas del parénquima axial (Fig. 8). Los vasos del duramen están ocluidos por tilosas (Fig. 9), en algunos casos esclerosadas (Fig. 10). El leño del duramen está totalmente impregnado por sustancias tánicas.

7

8

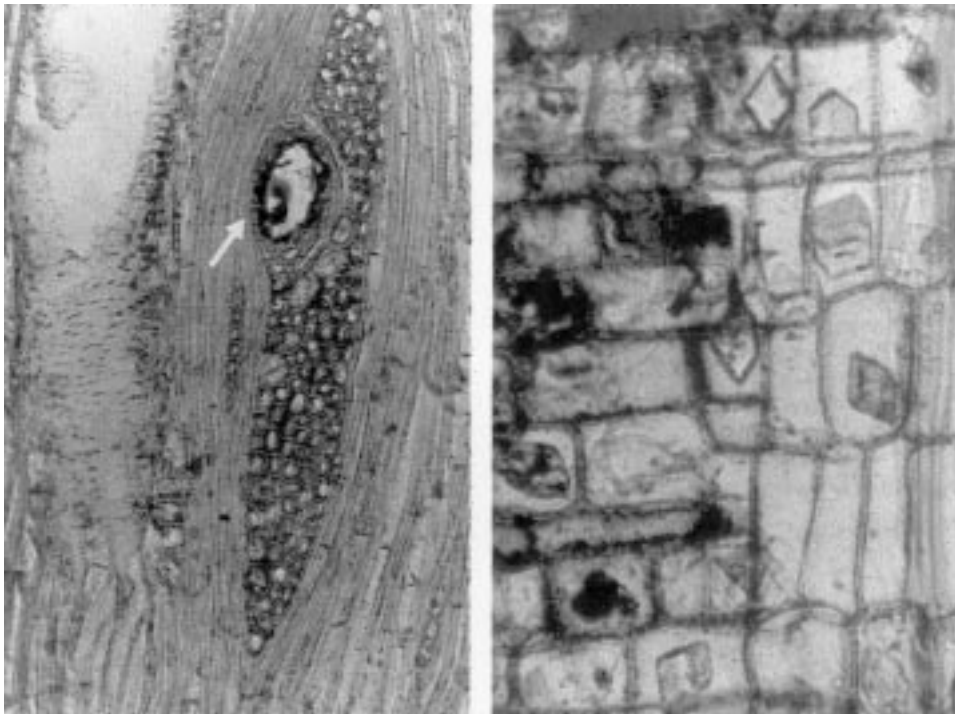


Fig. 7.—Radio leñoso con canal secretor de tanino ($\times 250$)
Tannin radial canal in multiseriate ray

Fig. 8.—Cristales en parénquima leñoso ($\times 250$)
Crystals in parenchyma cells

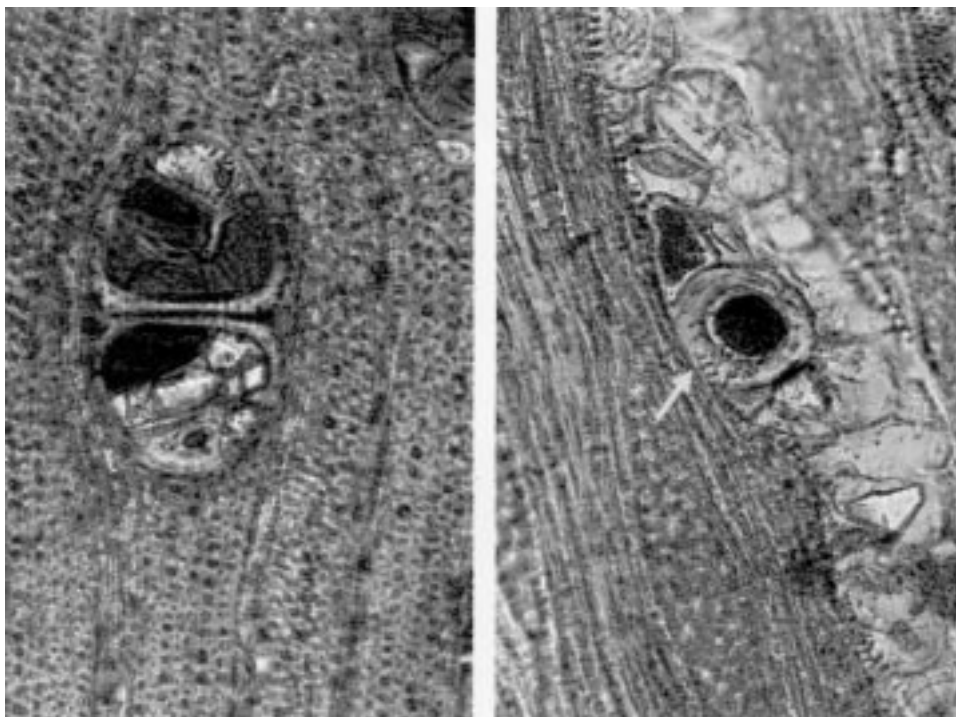


Fig. 9.—**Tilosis ocluyendo completamente el lumen de los vasos ($\times 250$)**
Tyloses blocking completely vessel lumen

Fig. 10.—**Tilosis esclerosada con pared celular gruesa y lignificada ($\times 250$)**
Sclerotic tyloses with very thick lignified wall

En la Tabla 2 se expresan los resultados estadísticos de los caracteres anatómicos del leño.

TABLA 2
ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA DE CARACTERES ANATÓMICOS DEL LEÑO
Simple statistics of Wood features

| Elemento anatómico | Promedio (x) | Desviación Estándar (S) | Coeficiente de variación (CV%) |
|--|-----------------|-------------------------------|--------------------------------------|
| <i>Vasos</i> | | | |
| Tipos de Poros (%) Solitarios | 83,0 | 11,322 | 13,6 |
| Tipos de Poros (%) Múltiples 2 | 15,0 | 9,756 | 65 |
| Tipos de Poros (%) Múltiples 3-4 | 2,0 | 3,02 | 14,7 |
| Longitud de vasos (μ) | 237,5 | 52,83 | 17,71 |
| Diámetro tangencial de poros (μ) | 103,38 | 20,725 | 20,05 |
| Número de Poros/mm ² | 10,77 | 4,57 | 42,4 |
| Área neta de vasos/mm ² | 0,0807 | 0,0115 | 14,25 |
| <i>Fibras</i> | | | |
| Longitud (μ) | 931,39 | 131,84 | 14,11 |
| Diámetro externo (μ) | 11,34 | 0,669 | 6,11 |
| Diámetro interno (μ) | 5,64 | 0,78 | 13,84 |
| Espesor pared (μ) | 2,97 | 0,303 | 10,20 |
| <i>Radios %</i> | | | |
| Uniseriados | 16,03 | 2,225 | 13,87 |
| Biseriados | 20,51 | 3,592 | 17,51 |
| Triseriados | 30,27 | 2,242 | 7,4 |
| Multiseriados | 29,68 | 2,313 | 7,79 |
| Con canal | 3,03 | 2,760 | 90,87 |
| <i>Tejidos %</i> | | | |
| Poros | 29,66 | 3,106 | 10,47 |
| Parénquima radial y axial | 21,9 | 2,96 | 5,90 |
| Fibras | 49,3 | 2,214 | 4,49 |

Variación radial de los caracteres del leño

Los caracteres anatómicos relevantes del leño se analizaron con el método multivariante de componentes principales cuya distribución se expresa (Fig. 11).

El análisis da una primera aproximación del comportamiento de las variables para tratar el problema. En la Tabla 3 se indica la correlación entre las variables y los ejes y en Tabla 4 los autovalores y la varianza explicada por cada componente.

En la componente 1, son significativas las variables: número de poros, diámetro de poros, área neta de vasos, proporción de poros solitarios y espesor de anillos.

Para la componente 2, no hay variables significativas; en la componente 3, son significativas las variables: diámetro interno de las fibras y espesor de pared de las fibras.

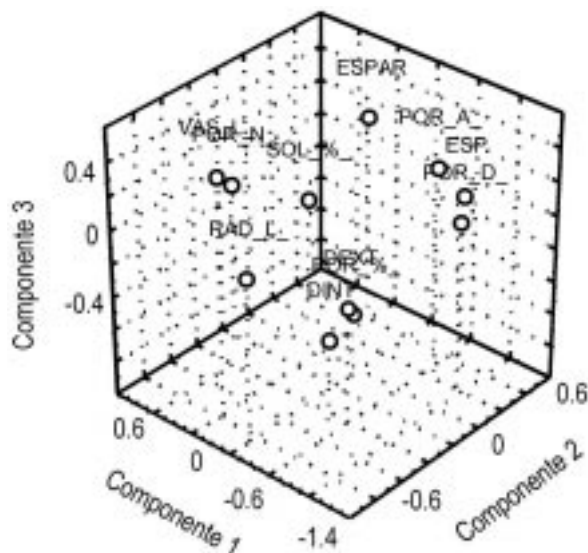


Fig. 11.—Distribución espacial de las variables del análisis multivariante por el método de componentes principales

Multivariate analysis of wood anatomic characters by principal components method

ESPAR: espesor pared de fibras; POR A: área neta de vasos; ESP: espesor de anillos; POR D: diámetro de poros; POR %: porcentaje de poros; DEXT: diámetro externo de fibras; DINT: diámetro interno de fibras; RAD L: altura de radios; VAS L: longitud de vasos, SOL %: porcentaje de poros solitarios; POR N: número de poros. *ESPAR: fiber wall thickness; POR A: vessel area; ESP: growth rings width; POR D: vessel diameter; POR %: vessels %; DEXT: fibre external diameter; DINT: fibre internal diameter; RAD L: ray height; VAS L: vessel element length, SOL %: exclusively solitary; POR N: vessels number*

TABLA 3

ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES. CORRELACIÓN DE LAS VARIABLES CON LOS EJES NO ROTADOS

Principal Components analysis. Factor loadings (unrotated)

| Variables | Componente 1 | Componente 2 | Componente 3 |
|-----------------------------------|--------------|--------------|--------------|
| Diámetro de Poros POR D | -1,23 | 0,52 | -0,32 |
| Espesor de anillo ESP | -1,01 | 0,56 | 0,02 |
| Área neta de vasos POR A | -1,12 | 0,34 | 0,21 |
| Diámetro externo de fibra DEXT | -0,62 | -0,21 | -0,22 |
| Diámetro interno de fibra DINT | -0,41 | -0,15 | -0,82 |
| Espesor de pared de fibra ESPAR | -0,64 | 0,01 | 0,91 |
| Longitud de radio RAD L | -0,12 | -0,22 | -0,41 |
| Longitud de miembro de vaso VAS L | -0,21 | -0,41 | 0,44 |
| % de Poros solitarios SOL % | -0,71 | -0,61 | -0,44 |
| Número de poros POR N | 0,76 | -0,63 | 0,63 |
| Porcentaje de tejido (poros) POR% | -0,51 | 0,11 | -0,52 |

Los autovalores mayores de 0,7 están resaltados en negrilla.

TABLA 4
ESTADÍSTICA DE LOS AUTOVALORES DEL ANÁLISIS MULTIVARIANTE
DE COMPONENTES PRINCIPALES

Statistics of Eigen values of Principal Components analysis

| Componente | Autovalores | % Varianza total | Autovalor acumulativo | % Varianza total acumulativa |
|------------|-------------|------------------|-----------------------|------------------------------|
| 1 | 4,3283 | 39,3489 | 4,3283 | 39,3489 |
| 2 | 2,2414 | 20,3765 | 6,5698 | 59,7255 |
| 3 | 1,2630 | 11,4824 | 7,8328 | 71,2079 |

En segundo término se efectuó un análisis multivariante por el método de agrupamientos según el dendrograma de la Fig. 12.

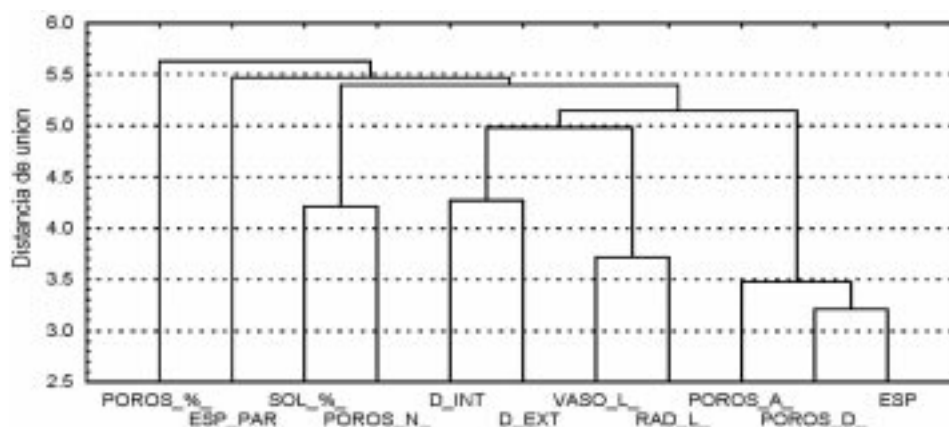


Fig. 12.—Dendrograma del análisis multivariante de los caracteres anatómicos del leño por el método de Agrupamientos

Dendrogram of wood anatomical characters by cluster analysis

Se observaron agrupamientos que corresponden a las siguientes variables:

- Espesor de anillo, área de vasos y diámetro de poros
- Longitud de fibras, vasos y radios (variables indicativas del patrón longitudinal)
- Fibras: diámetro interno y externo (variables de resistencia mecánica)
- Porcentaje de poros solitarios y número de poros (variables de conducción)

Una vez tratado el problema con análisis multivariante se estudió por el método univariado la relación entre los caracteres del leño en función de la edad según Tabla 5.

TABLA 5
ANOVA DE LOS CARACTERES ANATÓMICOS EN FUNCIÓN DE LA EDAD
ANOVA of the anatomical characters in function of age

| Atributos anatómicos | Fuente variación entre árboles | Fuente de variación entre tratamientos | Promedio (x) | Coefficiente de variación experimental | Tratamiento 1 | Tratamiento 2 | Tratamiento 3 | Media Cuadrática Experimental |
|------------------------------------|--------------------------------|--|--------------|--|---------------|---------------|---------------|-------------------------------|
| Espesor de anillo mm. | NS | *** | 2.19 | 10.35 | 1.889 B | 2.278 A | 2.418 A | 0.00516 |
| Número de Poros/mm ² | NS | *** | 13.12 | 23.46 | 20.405 A | 10.862 B | 8.095 B | 9.4816 |
| Diámetro de Poros (μ) | NS | *** | 91.05 | 8.87 | 62.975 C | 91.100 B | 119.07 A | 65.252 |
| Área neta de Vasos/mm ² | NS | *** | 0.0768 | 21.20 | 0.0693 B | 0.0714 B | 0.0899 A | 0.0002 |
| % de Poros | NS | NS | 0.586 | 12.9 | 0.5577 A | 0.6078 A | 0.5930 A | 0.0057 |
| % de Parénquima | NS | NS | 0.47 | 12.67 | 0.4683 A | 0.4862 A | 0.4623 A | 0.0035 |
| % de Fibras | NS | NS | 0.768 | 11.849 | 0.7702 A | 0.7392 A | 0.7702 A | 0.0082 |
| % de Poros solitarios | NS | NS | 1.11 | 16.66 | 1.2166 A | 1.0551 A | 1.0605 A | 0.0342 |
| % de Poros Múltiples 2 | NS | NS | 0.438 | 39.12 | 0.3542 A | 0.4976 A | 0.4632 A | 0.0294 |
| % de Poros Múltiples 3-4 | NS | *** | 0.080 | 124.58 | 0.000 B | 0.0791 B | 0.1618 A | 0.0100 |
| Fibras diámetro externo (μ) | NS | NS | 11.34 | 66.9 | 11.38 A | | 11.96 A | 0.5021 |
| Fibras diámetro interno (μ) | NS | NS | 5.64 | 13.84 | 5.10 A | | 5.92 A | 0.5522 |
| Fibras espesor de pared (μ) | NS | NS | 2.97 | 10.2 | 2.96 A | | 3.14 A | 1.0218 |
| Radios multiseriados longitud (μ) | NS | NS | 305.0 | 14.18 | 308.7 A | | 302.3 A | 0.1879 |
| Elementos de vasos longitud (μ) | NS | NS | 342.7 | 10.43 | 329.5 A | | 353.3 A | 1.278 |
| Fibras longitud (μ) | NS | NS | 931.38 | 14.95 | 932.92 A | | 1042.1 A | 929.18 |

NS = No significativo.

Significativo a un nivel de probabilidad del: * 99 %. (p<0,01); ** 99,5 %. (p<0,005); *** 99,9 %. (p<0,05).
 El cambio de letras en el test de Duncan indica diferencias significativas entre tratamientos.

Las variables diámetro, frecuencia y área de vasos, porcentaje de poros múltiples de 3-4 y espesor de anillos de crecimiento presentan diferencias significativas en el gradiente médula-corteza.

El resto de las variables anatómicas no presentan diferencias significativas a nivel estadístico

DISCUSIÓN

Schinopsis quebracho-colorado, presenta los rasgos estructurales citados por Tortorelli (1956), Lizárraga y Giménez (1980), Giménez (1993) para el género *Schinopsis*, familia Anacardiaceae.

Las características relevantes del leño son: tejido mecánico en alta proporción (49,3 %); escaso parénquima axial; poros fundamentalmente solitarios (83 %) y ocluidos por tilosas, canales secretores radiales y alto contenido de tanino en el duramen.

Las variables relativas a los vasos: diámetro, número/mm² y área, porcentaje de poros múltiples y espesor de anillos de crecimiento presentan diferencias significativas en el gradiente médula-corteza. El diámetro del vaso es probablemente el rasgo más importante en las Angiospermas, ya que la conductividad hidráulica es proporcional a la cuarta potencia del radio de los vasos. Así un pequeño aumento del radio de los elementos conductores, puede aumentar considerablemente la conductividad (Zimmerman, 1983). En zonas áridas el diámetro de los vasos disminuye, pero aumenta su frecuencia (Carlquist, 1988).

El número de poros/mm² en la especie estudiada varía con la edad, disminuyendo de médula a corteza con diferencias significativas entre tratamientos. Estos resultados coinciden con los de Kroll *et al.* (1992) y Pezlen (1994) en *Populus*.

El área neta de vasos, parámetro que indica la capacidad de transporte, se incrementa significativamente con la edad. Esta variable ya fue usada por Giménez *et al.* (1994) para caracterizar ecológicamente a *Prosopis kuntzei*. El área de vasos aumenta con la edad de la planta, dado que a mayor volumen del árbol es necesario transportar una mayor cantidad de agua y sales minerales, por lo que esta variable se interpreta como un índice fisiológico de la vitalidad del árbol (Sab y Eckestein, 1995).

El número de poros/mm² disminuye de médula a corteza mientras que el diámetro y el área neta de poros se incrementa con la edad en la especie estudiada.

La proporción de elementos del leño (poros, parénquima y fibras) no presenta diferencias significativas entre árboles ni entre tratamientos. Es decir, la planta necesita la misma relación de tejidos independiente de la edad (Ismail *et al.*, 1995). La proporción de elementos del leño (histometría) expresada en valores porcentuales es un indicativo de las propiedades del leño. El porcentaje de poros tiene un máximo en la edad intermedia, mientras que, a la misma edad, el porcentaje de fibras y parénquima es mínimo. En *Quercus garryana*, Fagaceae se cita un aumento de la proporción de vasos de médula a corteza (Lei *et al.*, 1996). En *Neolamarckia cadamba*, Rubiaceae, la proporción de parénquima no presenta diferencias significativas en el gradiente médula corteza (Ismail *et al.*, 1995).

La longitud de miembros de vasos no presenta diferencias significativas entre los tratamientos T1 y T3, no obstante hay un gradiente ascendente de medula a corteza. Esta tendencia es citada por Larson (1994). Las variables de las fibras: diámetro externo, diámetro interno

y espesor de pared no presentan diferencias significativas entre árboles ni entre tratamientos. Existe alta correlación entre el diámetro externo de fibras y el espesor de la pared.

La longitud de fibras se incrementa de médula a corteza, no siendo las diferencias significativas. Las fibras xilemáticas varían su longitud con la edad y por elongación intrusiva extracambial. Por regla general las fibras son de mayores dimensiones que las iniciales fusiformes (Fujita *et al.*, 1984).

La longitud de las fibras, radios y vasos no presentan diferencias significativas entre árboles ni entre tratamientos. Por el método de análisis estadístico se puede ver que no existen diferencias significativas entre árboles para tres edades diferentes, mientras que sí las hay entre tratamientos. Por lo tanto es más importante la fuente de variabilidad radial que la individual en el mismo sitio.

Esto confirma los postulados de Sanio de que la mayor fuente de variación de la madera es dentro del mismo árbol (Keating y Bolza, 1982). En *Schinopsis*, la madera se comportó muy homogéneamente, sin manifestarse la presencia de leño juvenil (Degron y Nepveu, 1996).

El análisis multivariante permitió confirmar que los elementos conductores son esencialmente los que determinan la organización del leño. Las variables diámetro, número y área neta de vasos varían significativamente en función de la edad, adaptándose el resto del tejido a ellos. Además es la característica que mejor explica el fenómeno.

En *Quercus* las propiedades del leño tardío varían con la edad y ancho de anillos, estando asociada al cambio de la proporción de vasos, sus dimensiones y frecuencias (Rao *et al.*, 1997). Zhang y Zhong (1992) citan resultados similares, sugiriendo que los cambios simultáneos producidos en los otros tipos de células tienden a afectar la variación de las propiedades con la edad cambial y el rango de crecimiento.

Un sistema de transporte de agua eficiente es una alternativa que tiene el vegetal para sobrevivir en zonas semiáridas (Carlquist, 1988). Si bien para fines industriales los parámetros anatómicos relevantes son los involucrados en las propiedades de resistencia mecánica (tejido mecánico), desde un aspecto biológico y fisiológico el leño es sinónimo de conducción. Los resultados obtenidos por el método multivariante así lo explican.

CONCLUSIONES

Se concluye que *Schinopsis quebracho-colorado* presenta las siguientes características:

- El leño presenta un gradiente centrífugo de variación radial ocasionado por la edad cambial.
- Las características que determinan la variabilidad de la estructura del leño son: número, diámetro tangencial, área neta de vasos, proporción de poros solitarios y espesor de anillos.
- Los elementos involucrados en la conducción son los que definen en mayor medida la variabilidad.
- El gradiente de variación radial se manifiesta de la siguiente manera: el diámetro tangencial, el área neta de vasos y el porcentaje de poros múltiples de tres y cuatro se incrementan con la edad y el número de poros/mm² disminuye significativamente.
- La longitud de los elementos xilemáticos (elementos de vaso y fibras) aumenta no significativamente con la edad.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen el apoyo financiero de CICYT UNSE y de la Facultad de Ciencias Forestales al proyecto de Investigación denominado: Crecimiento, arquitectura y calidad de madera de especies arbóreas de la Región Chaqueña. A los ayudantes estudiantiles e investigación: Patricia Hernández, Andrés González y Roxana Gerez. Al Sr. Fabián Zubrinic por la compaginación y diagramación del trabajo. A la Sra. Mirta Sposetti, por los preparados microscópicos.

SUMMARY

Anatomical features determining wood variability in *Schinopsis quebracho-colorado* (Schlecht) Barkl. et Meyer, Anacardiaceae

The objective of this paper is to characterize wood features and radial variation in *Schinopsis quebracho-colorado* and to determine the influence of age in wood structure.

Ten trees with DBH (diameter at breast height) greater than 30 cm, from the natural forest of Los Pirpintos, Copo Department, Santiago del Estero, Argentina, were studied.

The methodology adopted for xylem study is that of Helinska; and the terminology of IAWA. Wood variability was explained by vessel diameter, vessel number and area, and percentage of isolated vessels. Results showed highly significant differences among age classes (treatments) for the variables thickness rings, vessel number, vessel diameter and vessel area. The rest of the variables did not evidence differences among treatments. There were no significant differences among individuals.

The results showed that distance to the pith (age) was the most important source of variation for the traits studied, being the conductive elements the most relevant to wood variability.

KEY WORDS: *Schinopsis quebracho-colorado*
Wood anatomy
Radial variation

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AFIFI A., CLARK V., 1990. Computer-aided multivariate analysis. Van Nostrand Reinhold Company, New York. 505 pp.
- BAAS P., WHEELER E., GASSON P., 1989. IAWA List of Microscopy features for Hardwood Identification. IAWA Committee. 322 pp.
- BENDTSEN B., 1978. Properties of wood from improved and intensively managed trees. Forest Products J. 28: 61-72.
- BOLETTA P., ACUÑA L., JUÁREZ M., 1992. Análisis de las características climáticas de la Provincia de Santiago del Estero y Comportamiento del tiempo durante la sequía de la Campaña agrícola 1988/89. Convenio INTA - UNSE. INTA, Santiago del Estero, Pub. A 4/92.
- CARLQUIST S., 1988. Comparative wood anatomy. Systematic, Ecological and evolutionary aspect of Dicotyledons wood. Springer, Berlin, Heidelberg, New York. 460 pp.
- CODY R., SMITH J., 1991. Applied statistic and the SAS. Programming Language. North Holland. 3 ed. New York, Amsterdam, London. 404 pp.
- DADSWELL H., 1960. Tree growth wood properties interrelationships. Proc. Spec. Field. Inst. For. Biol. Sch. For. N C State Univ. Raleigh, North Caroline. 86 pp
- DEGRON R., NEPVEU G., 1996. Predicting intra inter tree variability of sessile oak (*Quercus petraea*) wood density through modeling earlywood and latewood width and density from cambial age, ring with age, height within tree. Annals Sciences Forestieres 53 (5): 1019-1030.
- FUJITA M., TOHYAMA M., HARADA H., 1984. Three dimensional analysis of the cambium of the derives in *Robinia pseudoacacia*. In: Sudo, Second Ed. Proc. Pac. Reg. Wood Anat. Conf. Oct 1-7. Ibaraki, Japón: 91-93.

- GIMÉNEZ A., 1993. Rasgos estructurales característicos del leño secundario de las especies arbóreas de la región chaqueña seca. *Rev. Quebracho* 1: 1-14.
- GIMÉNEZ A., 1998. Influencia de la edad sobre los caracteres anatómicos y el crecimiento de *Schinopsis quebracho-colorado* (Schlecht.) Barkl. et Meyer, Anacardiaceae. Tesis doctoral. UNT. 103 pp.
- GIMÉNEZ A., MOGLIA G., JUÁREZ M., 1994. Variabilidad ecológica de *Prosopis kuntzei* Influencia del déficit hídrico en la estructura interna. Actas del Congreso Forestal Argentino y Latinoamericano. Comisión V, Bosques nativos.
- HELINSKA R., RACZKOWSKA E., FABISIAK G., 1991. Radial variation and growth rate in the length of the axial elements of sessile oak wood. *IAWA Bull.* Vol.12 (3): 257-262.
- HUGUES F., 1973. A comparison of the wood properties of *Pinus caribaea* var. *hondurensis* from two plantation sites in Jamaica. *Trop. Prov. Prog. Res. Int. Coop.* Nairobi, Kenya, 544-546.
- ISMAIL J., JUSOH M., SAHRI M., 1995. Anatomical variation in planted kelepayan (Neolamarckia cadamba, Rubiaceae). *IAWA Journal*, Vol. 16 (3): 277-287.
- KEATING W., BOLZA E., 1982. Characteristics, properties and uses of timbers. Texas A. M. Univ Press, College Station, Texas.
- KROLL R., RITTER D., GERTJEJANSEN R., AU, K., 1992. Anatomical and physical properties of balsam poplar (*Populus balsamifera*), in Minesota. *Wood and Fiber Sci.* 24: 13-24.
- LARSON P., 1994. The Vascular Cambium. Development and Structure. Springer Series in Wood Science, 720 pp.
- LEDESMA N., 1973. Características climáticas del Chaco Seco. *Ciencia e Investigación Argentina* 29 (7-10): 168-181. Buenos Aires.
- LEI H., MILOTA M., GARTNER B., 1996. Between and within -tree variation in the anatomy and specific gravity of wood in oregon white oak (*Quercus garryana*, Dougl.). *IAWA Journal*, Vol.17 (4): 445-461.
- LIZÁRRAGA A., GIMÉNEZ A., 1980. Estudio anatómico del leño secundario de cuatro especies del género *Schinopsis*, Anacardiáceas. Actas del IV Congreso Forestal Argentino, Goya, Corrientes. 10 pp.
- MANLY B., 1986. Multivariate Statistical Methods. A Primer. Chapman & Hall. 156 pp.
- MEGRAW R., 1985. Wood quality factors in loblolly pine. TAPPI Press Atlanta, Georgia, 89 pp.
- MINETTI J., ACUÑA L., 1994. Régimen de variabilidad interanual de las precipitaciones anuales en el centro-este de la Pcia. de Santiago del Estero. INTA. Centro Regional Tucumán, Santiago del Estero.
- MUÑOZ G., BOLZÓN, CORADIN V., 1991. Norma de procedimientos en estudios de anatomía da madeira. II Gimnospermae de estudios. CE: 11.01.07.002. ABNT. Brasília: Laboratorio de Produtos Florestais, Serie Técnica.
- PEZLEN I., 1994. Influence of age on selected anatomical properties of Populus clones. *IAWA Journal*, Vol. 15(3): 311-319.
- RAO R., AEBISCHER D., DENE M., 1997. Latewood density in relation to fiber diameter, wall thickness, and fiber and vessel percentages in *Quercus robur*. *IAWA Journal* Vol. 18 (2) 127-138.
- SAB U., ECKESTEIN D., 1995. The variability of vessel size in beech (*Fagus sylvatica* L.) and its ecophysiological interpretation. *Trees* 9: 123-145.
- SLUDER E., 1972. Variation in specific gravity of yellow poplar in southern Appalachians. *Wood Sci.* 5: 132-138.
- THREN M., ZERDA H., 1994. Inventario Forestal de la Provincia de Santiago del Estero, Departamentos Copo y Alberdi. Convenio GTZ - UNSE - CFI. 114 p.
- TORTORELLI L., 1956. Maderas y bosques argentinos. Editorial ACME, SACI, Buenos Aires, p. 891.
- VARGAS GIL J., 1990. Suelos de Santiago del Estero, Atlas de suelos de la República Argentina. Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca, Proyecto PNUD ARG 85/019, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Centro de Investigaciones de Recursos Naturales, Tomo II, Argentina.
- ZHANG S., ZHONG W., 1992. Structure property relationship of wood in East-Liaoning oak. *Wood Sci. Technol.* 26: 139-149.
- ZIMMERMAN M., 1983. Xylem structure and the ascent of sap. Springer, Berlin, Heidelberg, New York, 143 pp.
- ZOBEL B., JETT J., 1995. Genetics of wood production, Springer-Verlag, Berlín.
- ZOBEL B., JETT J., HUTTO R., 1978. Improving wood density of short rotation Sourthen pine. *Tappi* 61: pp. 41-44.
- ZOBEL B., VAN BUIJTENEN J., 1989. Wood variation. Its causes and control. Springer Series in wood Science. Springer, Verlag. 355.