

## Anatomía del leño de *Ziziphus mistol* Griseb. (Rhamnaceae) Relación albura/duramen

*Ziziphus mistol* Griseb (Rhamnaceae) wood anatomy. Sapwood/heartwood relation.

Giménez, A. M.<sup>1</sup>; M. E. Figueroa<sup>2</sup>; J. Díaz Zirpolo<sup>2</sup>; B. Agüero<sup>3</sup> y F. Calatayu<sup>4</sup>

Recibido en junio de 2013; aceptado en octubre de 2013

### RESUMEN

El objetivo del trabajo fue caracterizar la madera de *Ziziphus mistol* Griseb. y establecer relaciones entre la albura y el duramen. Fueron seleccionados 15 árboles al azar y apeados. Las muestras fueron obtenidas a la altura de 1,3 m (DAP). Se adoptó la terminología del Comité de Nomenclatura de la IAWA y Tortorelli. El conteo y medición de anillos se efectuó con el Equipo Computarizado ANIOL y el programa CATRAS. La relación albura/duramen fue analizada en función de la edad. Se aplicó el método de la llama y colorantes para la diferenciación albura/duramen. La madera se caracteriza por los siguientes rasgos anatómicos: porosidad difusa, vasos predominantemente solitarios, pequeños, muy numerosos, con punteaduras intervasculares alternas, radios 1-3 seriados, heterogéneos, parénquima paratraqueal vasicéntrico, aliforme, en bandas delgadas; fibras cortas con paredes muy gruesas. El espesor de la albura representa el 75% del diámetro del tronco, para un intervalo de 80 años, incrementándose con la edad, hasta un valor de 35 anillos para luego permanecer constante. El duramen presenta la obstrucción total de los vasos por sustancias gomosas.

**Palabras claves:** Madera; Anatomía; Mistol; Duramen; Albura.

### ABSTRACT

The objective of this work was to characterize the wood of *Ziziphus mistol* Griseb. and set relationships between its sapwood and heartwood. Fifteen trees were randomly selected and felled. The samples were obtained at 1,3 m above ground (DBH). The nomenclature by the IAWA Committee and Tortorelli were adopted. Both the tree ring counting and measuring were performed with the ANIOL Computer Equipment and the CATRAS software. The sapwood/heartwood relationship was analyzed in terms of age. The flame and coloring methods were applied for differentiating sapwood/heartwood. The following anatomical features were used to characterize the wood: diffuse porosity, predominantly isolated, small, quite numerous vessels having alternate intervascular pits, heterogeneous, 1-3 rays seriate, aliform, vessel-centric paratracheal parenchyma, in narrow bands. The sapwood thickness accounts for 75% of the trunk diameter, in an 80 year range, that increases with age up to 35 rings remaining constant afterwards. The heartwood shows gummy-substances caused total vessel obstruction.

**Key words:** Wood; Anatomy; Mistol; Heartwood; Sapwood.

<sup>1</sup> Instituto de Silvicultura y Manejo de Bosques, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Santiago del Estero. Av. Belgrano 1912 (s). 4200 Santiago del Estero. Argentina.

E-mail: amig@unse.edu.ar.

<sup>2</sup> Becario Doctoral CONICET.

<sup>3</sup> Estudiante FCF, UNSE.

<sup>4</sup> Ayudante estudiantil FCF, UNSE.

## 1. INTRODUCCIÓN

Valorizar especies secundarias del Chaco argentino es una de las razones del presente trabajo. Este es el caso del mistol (*Ziziphus mistol* Griseb., Rhamnaceae). La familia está compuesta por 6.000 especies cosmopolitas de árboles o arbustos, trepadores y matas; la mayoría de ambientes cálidos y templados (Boelcke, 1992). En Argentina hay varios géneros nativos, entre ellos *Colletia*, *Discaria*, *Scutiay Ziziphus*; (Tortorelli, 1956). *Ziziphus* comprende aproximadamente 170 especies de los trópicos y subtropicales.

Melcalfe y Chalk (1950) y Suessenguth (1953) estudiaron desde un aspecto anatómico a Rhamnaceae incluido *Ziziphus*. Islam y Simmons (2006) analizan las relaciones filogenética sintragenéricas para identificar a los familiares más cercanos de *Ziziphus* y probar dos clasificaciones alternativas. *Ziziphus* carece de homogeneidad anatómica pudiéndose distinguir 3 grupos. Schirarend (1991) analiza la tribu Ziziphae y las diferencias anatómicas con otras tribus, destacando las afinidades que se corresponden con los patrones de *Condalia*, *Condaliopsis* y *Microrhamnus*.

*Ziziphus mistol* es una especie arbórea de destacada presencia, junto con *Aspidosperma quebracho-blanco*, *Cercidium praecox*, *Geoffroea decorticans* y *Prosopis nigra*, constituyen la matriz básica arbórea del Chaco semiárido (Giménez *et al.*, 2011). Juárez de Galíndez *et al.* (2006) modelizaron la relaciones alométricas altura-diámetro de mistol, para fustes con diámetros inferiores a 60 cm.

Es una especie de uso múltiple. Sus frutos son de aplicación alimenticia (se fabrica el arrope y alhoja) y en medicina popular (como hepáticos y pectorales). Giménez *et al.* (2010) indican los productos forestales no madereros (PFNM) que se obtienen del mistol a partir de frutos, corteza y hojas. Los frutos y hojas son usados como expectorantes, anticatarrales, desinfectantes y cicatrizantes; también se emplean como antídoto para mordedura de insectos venenosos. La corteza es astringente, contiene saponinas y es utilizada por los lugareños para lavar ropa. Es una importante especie de uso forrajero. Nicosia *et al.* (1997) indican que para el aprovechamiento racional de los recursos naturales del NOA, bajo sistemas de manejo silvopastoril, debería tenerse en cuenta la preservación de leñosas, fundamentalmente árboles proveedores de hojas y frutos de alta calidad como *Caesalpinia paraguariensis*, *Prosopis alba* y *Ziziphus mistol*.

La madera dura y pesada (pe: 0.9 kg/dm<sup>3</sup>) es utilizada en carpintería, fabricación de mangos y cabos de herramientas, rayos de ruedas, trabajos de tornería y carbón vegetal (Tortorelli, 1956). Actualmente la madera tiene escasas aplicaciones en la industria del aserrado, por la presencia de un fuste corto y tortuoso. No obstante se están desarrollando alternativas industriales que requieren menores escuadrías (Giménez y Moglia, 2003).

Tortorelli (1956), Roth y Giménez (1998) describieron aspectos del leño indicando las características principales de uso. Un rasgo interesante que poco se conoce es el duramen reducido que presenta la madera objeto de estudio. La relación albura/duramen es relevante en el aprovechamiento industrial, siendo estudiada por diversos autores en numerosas especies (Marchand, 1984; Long y Smith, 1987; Hazenberg y Yang, 1991; Giménez y Moglia, 2003; Moglia *et al.*, 2011).

Es objetivo del presente trabajo la caracterización anatómica del leño de *Ziziphus mistol* Griseb., definir la sección del duramen y establecer relaciones albura/duramen en función a la edad.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó empleando muestras provenientes de Santos Lugares, Provincia de Santiago del Estero. Cinco individuos de *Ziziphus mistol* fueron seleccionados al azar según las indicaciones de las normas COPANT (1973) para las descripciones anatómicas. Se consiguió una rodaja (disco) del fuste principal de cada individuo, a una altura del suelo de 1,3 m. De cada disco se obtuvo un cubo de 2x2 cm para realizar los preparados microscópicos de madera. Para los macerados se empleó una solución elaborada con una parte de ácido acético glacial y dos partes de peróxido de hidrógeno (Berlin y Miskische, 1976). En las descripciones del leño se siguió la terminología propuesta por IAWA (Bass *et al.*, 1989) y Tortorelli (1956). Las imágenes fueron tomadas con video cámara Sony. Se trabajó con microscopio electrónico de barrido MEB Hitachi TM 1000 Tabletop.

Se calculó el índice de vulnerabilidad (diámetro medio de vasos/número de vasos por mm<sup>2</sup>) según Carlquist (1988). Se obtuvieron los valores porcentuales correspondientes a histometría de tipos de vasos y tipo de tejido siguiendo la metodología de Quirk y Smith (1975).

El estudio de la relación albura/duramen se realizó con las rodajas de fuste de 15 árboles, obtenidas a 1,30 m. Se lijaron con cepilladora, lijadora de banda, lijadora orbital con juego de lijas de granulometría de 600 a 100, hasta obtener una superficie con buena demarcación. El conteo y medición de anillos se efectuó con el Equipo Computarizado ANIOL y el programa CATRAS. Se trabajó sobre 4 radios perpendiculares. En este procedimiento se consignó el número de años y el espesor del anillo con una precisión de centésima de milímetro. Se sincronizaron los anillos manualmente y por cuadrantes, a fin de tener diferencia de edad ( $\pm 2$  años). La albura y el duramen fueron analizadas en función de la edad (número de anillos). Se aplicó el método de la llama (Giordano, 1971) y colorantes (azul de bromo fenol, verde de bromo cresol) para la diferenciación albura/duramen. Para el análisis estadístico se empleó el programa INFOSTAT 711p. Se realizó un análisis de la varianza no paramétrico y la prueba de Kruskal Wallis para las variables anatómicas diámetro, frecuencia y oclusión de vasos y para la variable clasificatoria albura/duramen.

## 3. RESULTADOS

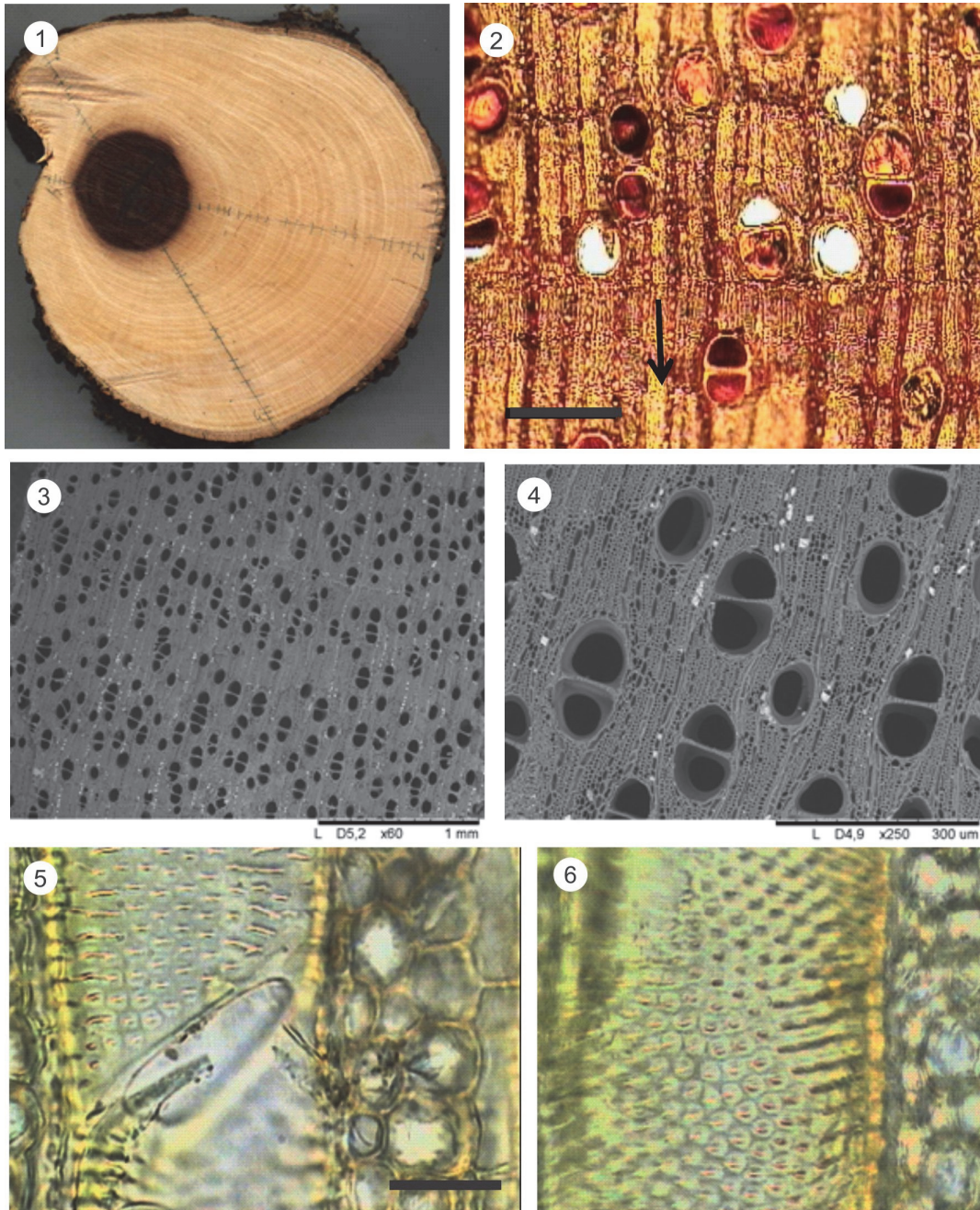
### Descripción anatómica del leño

La madera es dura, muy pesada, con diferencias contrastantes entre albura y duramen; la albura es de color blanco amarillento (HUE 2.5 Y 8/6 Munsell), mientras que el duramen es castaño rojizo (HUE 10R 3/4Munsell). (Figura 1).

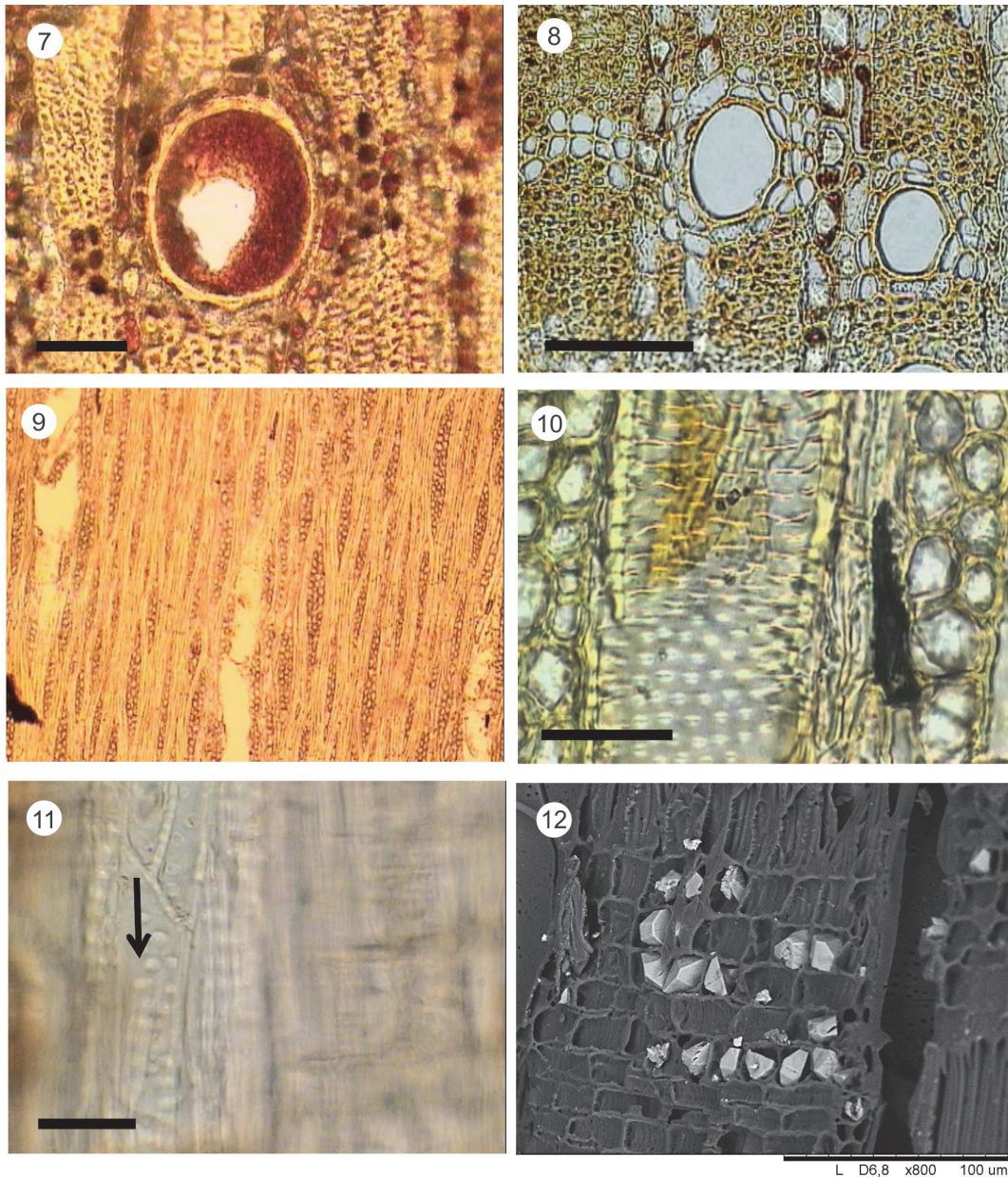
Los anillos de crecimiento son poco evidentes, delimitados en la madera tardía por una banda de fibras de pared más gruesa que el resto (Figura 2). El ancho promedio de los anillos es de 2.73 mm (0.78-9.52). El leño presenta porosidad difusa (Figura 3), los vasos son solitarios (70.13%), múltiples radiales cortos de 2-3, dispuestos en cadenas oblicuas o radiales (31%) (Figura 4). Los vasos, con un diámetro tangencial promedio de su lumen de 59.53  $\mu\text{m}$  (40-70  $\mu\text{m}$ ); con una frecuencia de 28.77 vasos/mm<sup>2</sup>. La longitud de los elementos de vaso es de 201  $\mu\text{m}$  (110-300). La placa de perforación es simple (Figura 5). Punteaduras intervasculares alternas, a veces coalescentes, de forma poligonal (Figura 6), pequeñas, con diámetro promedio de 4.6  $\mu\text{m}$ ; la apertura interna de la punteadura es de 3.2  $\mu\text{m}$ . Las punteaduras vaso-radio con areolas, similares a las punteaduras intervasculares, de tamaño y tipo uniforme. Los vasos del duramen están ocluidos por sustancias orgánicas de color castaño amarillento, medianamente solubles en agua (Figura 7). El índice de vulnerabilidad (IV) es 2.07.

El parénquima axial es paratraqueal vasicéntrico, aliforme, en bandas delgadas (1-4) (Figura 8). Además presenta parénquima paratraqueal confluyente delgado. Los radios son muy numerosos (20/mm) (Figura 9), triseriados (51.6%), biseriados (33.3%), uniseriados (15%) y con escasa presencia de cuatro series. Son radios bajos (243.3  $\mu\text{m}$ ), con una hilera de células erectas en los márgenes, con cristales de oxalato de calcio (Figura 10).

Las fibras son de longitud promedio 683.93  $\mu\text{m}$  (500–800), con punteaduras simples y diminutas. El diámetro total promedio de fibras es de 11.40  $\mu\text{m}$ , de paredes muy gruesas (con espesor medio de 2.97  $\mu\text{m}$ ). Se observan traqueidas vasculares (Figura 11). Leño con abundantes cristales de oxalato de calcio, prismáticos, localizados en células del parénquima radial (Figura 12).







Leño de *Ziziphus mistol*.

**Figura 1.** Sección transversal del leño, diferenciación albura y duramen. **Figura 2.** Inicio del anillo de crecimiento en el duramen. **Figura 3.** Leño con porosidad difusa. **Figura 4.** Vasos solitarios y múltiples radiales de 2 a 3. **Figura 5.** Placa de perforación simple. **Figura 6.** Punteaduras intervasculares alternas, poligonales. **Figura 7.** Vasos del duramen ocluidos por sustancias orgánicas. **Figura 8.** Parénquima paratraqueal vasocéntrico, aliforme, en bandas delgadas. **Figura 9.** Radios biseriados. **Figura 10.** Sección tangencial. **Figura 11.** Traqueidas vasculares. **Figura 12.** Cristales de oxalato de calcio localizados en células del parénquima radial.

Nota: la línea negra escala de 100  $\mu$ m.

En la Tabla 1 se indica la estadística descriptiva de las variables anatómicas.

**Tabla 1.** Estadística descriptiva de los caracteres anatómicos del leño.

<b>Caracteres anatómicos</b>	<b>Promedio (x)</b>	<b>Desviación Estándar (S)</b>	<b>Coefficiente de variación (CV%)</b>
<b><i>Vasos</i></b>			
Vasos solitarios (%)	69.38	23.98	35.90
Vasos múltiples 2 (%)	29	21.90	75.20
Vasos múltiples 3 (%)	1.62	3.25	20.01
Longitud de elementos de vaso $\mu\text{m}$	201.35	54.87	27.27
Diámetro tangencial del lumen de vasos $\mu\text{m}$	59.53	8.42	14.01
Número de vasos/ $\text{mm}^2$	28.77	12.00	41.70
<b><i>Fibras</i></b>			
Longitud $\mu\text{m}$	683.93	75.83	11.08
Diámetro externo $\mu\text{m}$	11.40	0.86	7.54
Diámetro del lumen $\mu\text{m}$	5.45	0.47	8.65
Espesor pared $\mu\text{m}$	2.97	0.57	19.31
<b><i>Radios</i></b>			
Altura de radios $\mu\text{m}$	243.3	103	41.9
Nº radios/mm	20.00	5.20	28.9
Radios triseriados %	51.6	5.07	6.19
Biseriados	33.3	4.02	7.60
Uniseriados	15.1	2.45	10.24
<b><i>Tejidos %</i></b>			
Vasos	25.66	5.0	19.42
Parénquima radial y axial	41.08	5.94	14.46
Fibras	32.91	6.46	19.64
Espesor de anillos mm	2.73	1.10	40.29

### Características de la albura y el duramen

Uno de los interrogantes a develar en el presente trabajo se refiere al duramen. Las preguntas a responder son: ¿El duramen de mistol es sólo la sección de color castaño rojizo? ¿Se puede decir que la especie tiene duramen reducido? ¿Será esta la razón de la escasa durabilidad de la madera a pesar de su elevado peso específico?

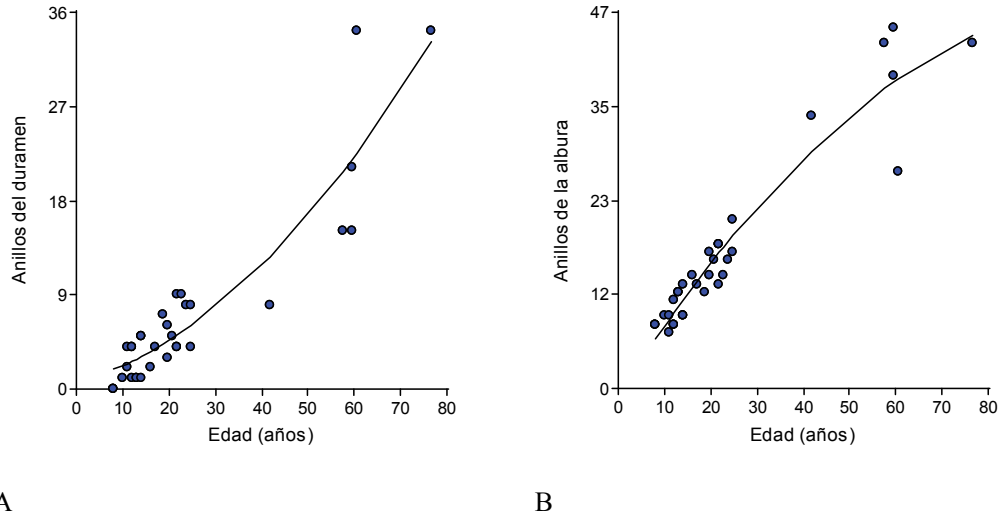
La madera presenta diferencia notorias entre albura (blanca amarillenta) y duramen (castaño rojizo). La demarcación entre ambas zonas es de contorno asimétrico e irregular. Tanto con el método de la llama, como con la aplicación de colorantes, la zona de duramen está definida por el cambio de color. Se confirma así la presencia de un duramen reducido. El proceso de duraminización en la especie se inicia tardíamente, a partir de los 12 años.

La ecuación de mejor ajuste de la regresión lineal para la edad y el número de anillos de albura y duramen se consigna en la Tabla 2.

**Tabla 2.** Ecuaciones de regresión lineal.

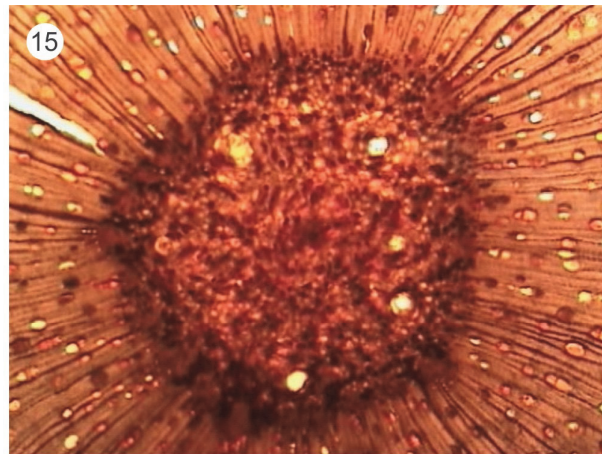
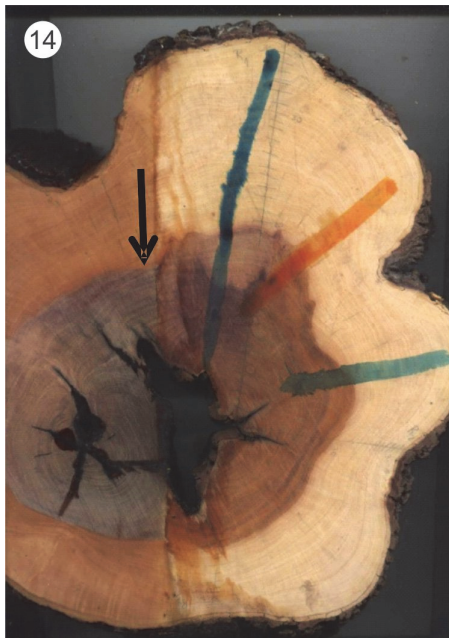
<b>Variable</b>	<b>R<sup>2</sup></b>	<b>Ecuación mejor ajuste</b>
Anillos de la albura	0,92	$y = 0,89\text{edad} - 1,004\text{edad}^2 - 07$
Anillos del duramen	0,85	$y = 0,11\text{edad} + 0,004\text{edad}^2 + 07$

El espesor de la albura en esta especie tiene una influencia muy grande en el volumen del fuste. El número de anillos de la albura se incrementa con la edad hasta 35 anillos. El espesor de la albura corresponde al 75% del diámetro del tronco para un intervalo de edad entre 0-80 años, mientras que para el duramen es de sólo 25% en el mismo período. Esta relación se mantiene para todas las clases de edad (Figura 13 A-B).

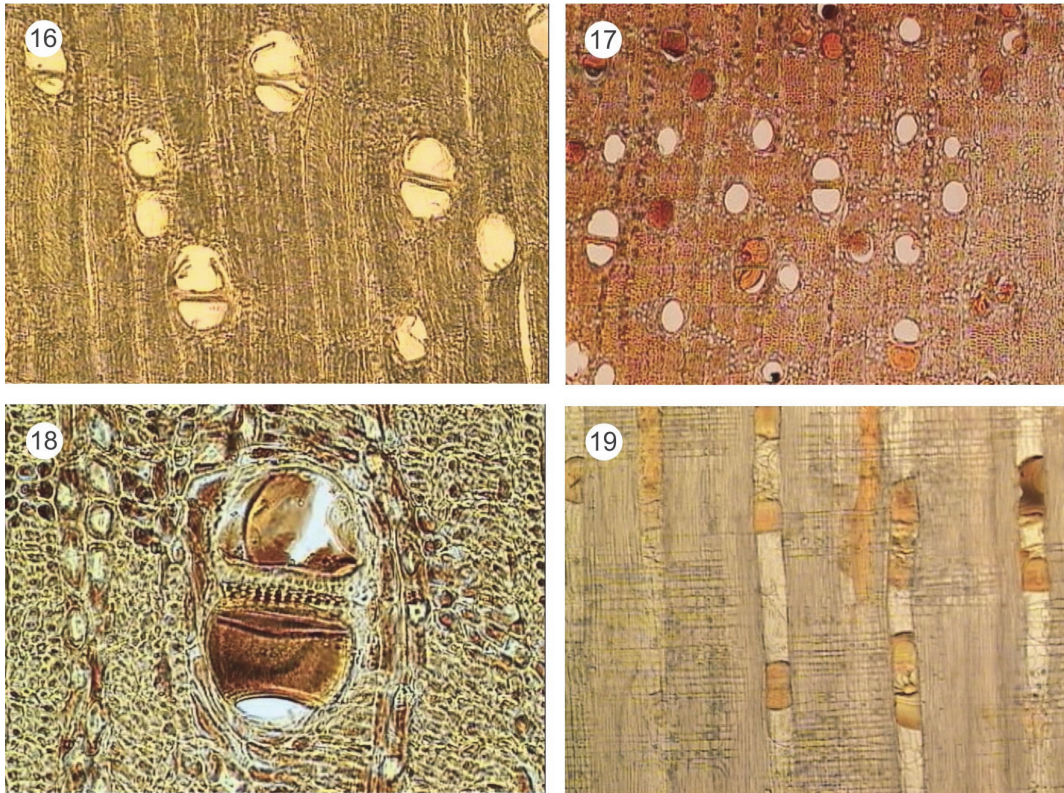


**Figura 13.** A- Relación anillos de duramen y la edad. B- Relación anillos de la albura y la edad

La transición de albura a duramen se caracteriza a nivel anatómico. Tanto el parénquima como el lumen de los vasos y fibras, contienen en el duramen abundante sustancias gomosas de color pardo rojizo. La principal diferencia anatómica se manifiesta con la oclusión de vasos en el duramen (Figuras 14 a 19). En individuos de escasa edad, se observan las células de la médula impregnadas de sustancias gomosas. La transición de anillos de albura a duramen no es simultánea con la formación de un nuevo anillo y tarda mucho más que otras especies. El duramen se incrementa en función de la edad y el diámetro.







**Figura 14.** Diferencia albura y duramen por método a la llama y por colorantes. **Figura 15.** Zona correspondiente al crecimiento primario impregnado con sustancias gomosas. **Figura 16.** Caracteres microscópicos en vista transversal de la albura. **Figura 17.** Aspecto del duramen. **Figuras 18 y 19.** Vasos ocluidos del duramen.

Las variables anatómicas diámetro, frecuencia y oclusión de vasos, presentan diferencias significativas con la prueba de Kruskal Wallis (Tabla 3).

**Tabla 3.** Prueba de Kruskal Wallis

Variable	Albura (1) Duramen (2)	Medias	Desvio estandar	p	Kruskal Wallis
Vasos ocluidos/mm <sup>2</sup>	1	0,4	0,53	<0,0001	A
Vasos ocluidos/mm <sup>2</sup>	2	13,37	12,2		B
Diámetro vasos	1	66,73	19,08	0,0014	B
Diámetro vasos	2	57,66	19,97		A
Frecuencia de vasos/mm <sup>2</sup>	1	26,46	9,99	0,0235	A
Frecuencia de vasos/mm <sup>2</sup>	2	30,91	13,13		B

Nota: Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p \leq 0.05$ )

Las diferencias entre albura y duramen a nivel anatómico, son las propias de la variación de los elementos en función del gradiente radial, excepto la oclusión de vasos.



#### 4. DISCUSIÓN

Melcalfe y Chalk (1950) definen como rasgos fundamentales del leño de las Rhamnaceae los vasos pequeños, cortos a medios, múltiples con orientación radial, a veces flamiforme, porosidad anular en algunas especies y con engrosamientos espiralados en la pared de los vasos, placas de perforación simple, punteaduras intervascuales alternas. El parénquima es predominantemente paratraqueal, vasicéntrico, aliforme, confluyente; radios de 2 a 5 seriados, variando de heterogéneos a homogéneos. Las fibras presentan puntuaciones simples de longitud media a corta.

Suessenguth (1953) clasifica a Rhamnaceae en 4 tribus. *Ziziphus* pertenece a Zizipheae junto a *Paliurus*, *Condalia* y *Sarcomphalus* y otros. Los caracteres anatómicos comunes en todos ellos son anillos mas o menos definidos, porosidad difusa, parénquima axial vasicéntrico y radios heterogéneos II. Estas características están presentes en la especie estudiada.

Schirarend (1991) al analizar a *Ziziphus*, menciona que es tal la variabilidad observada en el género, que justifica el reconocimiento de tres grupos anatómicos distintivos (*Ziziphus* A, B y C). *Z. mistol* está conformando el grupo C caracterizado por vasos predominantemente solitarios, placa simple, fibras cortas. Los datos cuantitativos obtenidos en el trabajo están acordes a Tortorelli (1956), no así a Suessenguth (1953).

El tipo de vasos es predominantemente pequeño en *Colletia*, *Rhamus* y *Ziziphus*, entre otras. La porosidad semianular, anular está presente en *Colletia*, *Discaria*, *Condalia*, *Ziziphus* (Melcalfe y Chalk, 1950). La placa de perforación es simple, no obstante se describen escalariformes en *Z. calophylla*. Solerder (citado por Melcalfe y Chalk, 1950), indica la presencia de espesamientos espiralados en *Z. jujuba* y *Scutia* sp. Las puntuaciones intervascuales son alternas en muchas especies.

En la familia predomina el parénquima paratraqueal, comunmente con pocas células alrededor de los vasos, aliforme y confluyente en *Colubrina* y *Discaria*. (Melcalfe y Chalk, 1950). El parénquima es variable en *Ziziphus*. En combinación con el parénquima paratraqueal es apotraqueal difuso en *Z. angolito*. Es apotraqueal en bandas uniseriadas en: *Z. gualtemalensis*, en bandas confluentes delgadas a anchas en *Z. melastomoides* (Suessenguth, 1953). En *Z. mistol* se ha descrito parénquima paratraqueal.

En el Ge. *Ziziphus*, los radios son típicamente de 2-5 seriados, exclusivamente uniseriados en *Z. jujuba*. En *mistol*, los radios son 3-1 seriados (escasos 4). Esta característica difiere junto a otras por las citadas por Schirarend (1991) que indica 1-5 seriados.

En regiones áridas y semiáridas, el leño debe soportar grandes presiones negativas; los caracteres con valor adaptativo, en general, están relacionados a la morfología de los vasos. Generalmente se observa una disminución en diámetro y largo, aumento en su densidad y agrupamiento y otras características anatómicas cualitativas, como placa de perforación simple, que aumentan la seguridad en la conducción de agua (Baas y Carlquist, 1985). El IV es bajo, lo que indica la seguridad de la conducción.

Giménez (1993) caracteriza las especies leñosas del Chaco semiárido con los siguientes rasgos xerofíticos: predominio de la porosidad difusa, poros pequeños a medianos, con predominio de solitarios y multiples, numerosos a muy numerosos, elementos vasculares cortos, placa de perforación simple, parénquima paratraqueal vasicéntrico, radios bajos, fibras cortas y engrosadas. Todos estos rasgos están presentes en *mistol*.

La relación albura/duramen ha sido estudiada para otras especies nativas del Chaco (Giménez et al., 2000). *Prosopis alba* posee la albura de 3 (2 a 6) anillos de espesor; *Prosopis kuntzei* cinco anillos (Giménez et al., 1997), *Prosopis nigra* 5 (4-8) (Giménez et al., 2000). El duramen se incrementa en función de la edad y el diámetro. La oclusión de vasos del duramen son citadas en: *Prosopis alba* (gomas en un porcentaje de 10-30%); *Prosopis kuntzei* (70% de los vasos por gommas pardas). En *Schinopsis quebracho-colorado*, el duramen presenta la

oclusión del 100% de los vasos por tilosis, tanino y cristales. El proceso de duraminización es tardío, se inicia entre los 14 y 16 años (Giménez *et al.*, 1999).

Chattaway (1952) analiza un número de especies con anillos escasos constituyendo la albura. En las especies estudiadas la dimensión de la albura puede considerarse una expresión del funcionamiento y de la estructura ecofisiológica del árbol y es usada en análisis de crecimiento y modelos de simulación (Maguire y Batista, 1996).

La tendencia generalizada es la disminución del ancho de la albura a edades avanzadas, debido al fenómeno de decaimiento del árbol. Bamber (1976) sugiere que la formación del duramen es un proceso regulatorio que permite mantener el volumen de la albura a niveles óptimos.

El espesor de la albura tiene importantes implicancias económicas en el aprovechamiento de una especie. En *Schinopsis quebracho-colorado* para DAP de 20 cm, el espesor de la albura representa un porcentaje del 15% del diámetro; en *Prosopis alba* de 8% y en *Prosopis kuntzei* de 10% (Giménez *et al.*, 2000). Esta proporción disminuye al aumentar el DAP.

En el caso del mistol el proceso de duraminización es tardío; se inicia a partir de los 12 años, pero la transformación de albura en duramen no es simultánea a partir de esa edad como las otras especies. Hay signos de que el proceso se retarda y trae como consecuencia una albura muy desarrollada y un duramen escaso. Posiblemente esta sea una de las razones de la mala sanidad, en general, de los individuos estudiados que presentan numerosas alteraciones en el fuste. Se requiere continuar investigando sobre el proceso de duraminización.

## 5. CONCLUSIONES

El leño presenta rasgos anatómicos xerofíticos definidos.

El espesor de la albura se incrementa con la edad y representa el 75% del diámetro total del tronco para un intervalo de 80 años.

El duramen es reducido y la transición de anillos de albura a duramen no es simultánea con la formación de un nuevo anillo.

Los vasos del duramen presentan obstrucción completa.

## 6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Baas, P. and S. Carlquist. 1985. "A comparison of ecological wood anatomy of the floras of southern California and Israel". IAWA J. 8: 245- 274.
- Baas, P.; E. Wheeler and P. Gasson. 1989. "List of Microscopy features for Hardwood Identification". IAWA Committee. 322 p.
- Berlyn, G. and J. Miskische, J. 1976. "Botanical microtechnique and cytochemistry". Iowa State University, Ames, IOWA.
- Boelcke, O. 1992. "Plantas vasculares de la Argentina nativas y exóticas". Ed. Hemisferio Sur. Segunda Ed. 327p.
- Chattaway, M. 1952. "The sapwood- heartwood transformation". Aust. For. 16: 25- 34.
- Carlquist, S. 1988. "Comparative wood anatomy. Systematic, Ecological and evolutionary aspect of Dicotyledons wood". Springer, Berlin, Heidelberg, New York. 460p.
- COPANT. 1973. "Norma Panamericana: Maderas".

- Giménez, A de Bolzón. 1993. "Rasgos estructurales característicos del xilema secundario de las principales especies arbóreas de la Región Chaqueña Seca". Quebracho 1:5-15.
- Giménez, A. 1998. "Influencia de la edad sobre los caracteres anatómicos y el crecimiento de *Schinopsis quebracho-colorado* (Schlecht.), Anacardiaceae". Tesis doctoral. UNT. 103 pp.
- Giménez, A. M. y J. G. Moglia. 2003. "Árboles del Chaco Argentino. Guía para el reconocimiento dendrológico". ISBN: 987 95852-9-1. 310 p. Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable del Ministerio de Desarrollo Social, Facultad de Ciencias Forestales, UNSE.
- Giménez, A. M. y P. Hernández. 2008. "Biodiversidad en ambientes naturales del Chaco Argentino. Vegetación del Chaco Semiárido, Provincia de Santiago del Estero". Fascículo 1. FONCYT. FCF-UNSE. 120 p. ISBN: 978-987-1375-26-4.
- Giménez, A. M.; Ríos, N.; J. G. Moglia. 2000. "Relación albura-duramen en tres especies arbóreas de la Región Chaqueña Seca". Quebracho 8: 56-63
- Giménez, A.; G. Moglia; P. Hernández y S. Bravo. 2000. "Leño y corteza de *Prosopis nigra* (Griseb.) Hieron, Mimosaceae, en relación a algunas magnitudes dendrométricas". Revista Forestal Venezolana 44 (2): 29-37.
- Giménez, A.; R. Gerez y P. Hernández. 2007. "El Chaco Argentino fuente de importante Productos Forestales No Madereros". Actas y CD Ibero Maderas, Bs. As.
- Giménez, A.; N. Ríos, y G. Moglia. 1997. "Leño y corteza de *Prosopis kuntzei* en relación a algunas magnitudes dendrométricas". Revista de Investigaciones Agrarias. Sistemas y Recursos Forestales. España 6(1-2):163-182.
- Giménez, A. M. y N.A. Ríos. 1999. Crecimiento de *Schinopsis quebracho-colorado* (Schlecht.) Barkl. et Meyer, Anacardiaceae. Madera y Bosques 5(2):35-51.
- Giménez, A. M.; P. Hernández; M. E. Figueroa y I. Barrionuevo. "Diversidad del estrato arbóreo en los bosques del Chaco Semiárido". Quebracho (Santiago del Estero) [online]. 2011, vol.19, n.1 [citado 2014-03-13], pp. 24-37. Disponible en: <[http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1851-30262011000100004&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1851-30262011000100004&lng=es&nrm=iso)>. ISSN 1851-3026.
- Giménez, A. M.; P. Hernández; R. Gerez; M. E. Figueroa; I. Barrionuevo; F. Calatayu. 2010. "Los arbustos útiles de los bosques del Chaco Semiárido". Eco Productos Forestales No Madereros- Libro de Actas. Trabajo completo pag: 66- 77.
- Giordano, G. 1971. "Tecnología del Leño, 1 La Materia Prima" Unione Tipografico editrice, Torinese. 1096 p.
- Hazenberg, G. and K, Yang. 1991. "Sapwood/ Heartwood width relationships with tree age in Balsam – fir". IAWA Bull. n.s. Vol. 12 (1): 95- 98.
- Islam, M. and M. Simmons. 2006. "A Thorny Dilemma: Testing Alternative Intrageneric Classifications within *Ziziphus* (Rhamnaceae)" Systematic Botany 31(4):826-842. 2006. doi: <http://dx.doi.org/10.1600/036364406779695997>
- Juarez de Galindez; M. G. Pece; C. Gaillard de Benitez; J. Sanguedolce; V. Mariot y R. Mazzuco. 2006. "Ecuaciones altura-diámetro para *Ziziphus mistol* Griseb. en Santiago del Estero, Argentina". Quebracho (Santiago del Estero).n.13: 36-43.
- Long, J. and F. Smith, F. 1987. "Leaf-area sapwood area relations of lodgepole pine as influenced by stand density and site index". Can. J. For. Res. 18: 247-250.
- Maguire D. A.; J. L. F. Batista. 1996. "Sapwood taper models and implied sapwood volume and foliage profiles for Coastal Douglas-fir". Canadian Journal Forest Research 26: 849-863.
- Marchand, P. 1984. "Sapwood area as estimation of foliage biomass and projected leaf area for *Abies balsamea* and *Picea rubens*". Can. J. For. Res. 14: 85-87.
- Metcalfé, C. R. and L. Chalk. 1950. "Anatomy of the dicotyledons". 2 Vols. Clarendon Press, Oxford.
- Moglia, J. G.; M. Venturini; R. Gerez. 2011. "Relacion entre el radio del duramen y algunas magnitudes alométricas en individuos selectos de *Eucalyptus camaldulensis* en Santiago del Estero". Comunicación voluntaria. Boletín del CIDEU 10: 107-117.



- Nicosia, M. G.; E. Mati; E. Lagomarsina; E. Chagra. 1997. "Evaluación de la importancia de los frutos de leñosas del Chaco Semiárido, para su conservación y uso racional". Rev. Agr. Prod. Animal 17 (1) 1001:102.
- Quirk, J.; D. Smith. 1975. "Comparison of dual linear and dot grid eyepiece methods for estimating wood properties of Douglas – fir". Wood Sci: 8: 92-96.
- Roth, I.; A. Giménez Bolzón. 1998. "Argentine Chaco Forests. Dendrology, tree structure, and economic use. 1-The Semid-arid Chaco". Encyclopedia of Plant Anatomy. GerbruderBorntraeger Berlin Stuttgart. 180 p.
- Schirarend, C. 1991. "The systematic wood anatomy of the *Rhamnaceae* Juss. (Rhamnales). I. Tribe Zizipheae". IAWA Bull. n.s. 12: 359–388.
- Suessenguth, K. 1953. "Rhamnaceae". In: A. Engler & K. Praml, Die natürlichen Pflanzenfamilien. Ed. 2, 2M Duncker & Humblot, Berlin.
- Tortorelli, L. 1956. "Maderas y bosques argentinos". Editorial ACME, SACI, Buenos Aires. 891 p.

