

Anatomía de leño y anillos de crecimiento de Palo Santo (*Bulnesia sarmientoi* Lorenz ex. Griseb Zygophyllaceae)

*Palo Santo (Bulnesia sarmientoi Lorenz ex Griseb Zygophyllaceae) Wood
anatomy and Tree Rings*

Giménez A. M.¹; P. Hernández¹; R. Gerez¹ y C. Spagarino²

Recibido en agosto de 2006; aceptado en agosto de 2007

RESUMEN

Los objetivos del trabajo fueron: caracterizar el leño y el patrón de anillos de crecimiento, analizar la evolución de los anillos en relación a la edad y determinar los principales defectos de la madera en rollo de *Bulnesia sarmientoi* Lorenz ex Griseb. (palo santo) Zygophyllaceae. Las muestras fueron recolectadas en la Localidad Ampliación Lote 27, G. Bazán, Formosa, y Miramar; Bermejito, Chaco, Argentina. Se muestraron al azar doce árboles, de los cuales se extrajo la rodaja del fuste correspondiente a 0,3 m de altura. En las descripciones del leño se usó la terminología del Comité de Nomenclatura de IAWA. Para analizar los defectos del fuste se trabajó en 100 árboles de estibas de madera en rollo. *Bulnesia sarmientoi* es un leño altamente evolucionado, con estratificación completa y porosidad difusa no uniforme, con patrón dendrítico. Los vasos son pequeños a medianos, moderadamente numerosos a muy numerosos. El parénquima axial es en bandas marginales finas, los radios medulares son homogéneos, con estratificación completa. Los anillos de crecimiento son pequeños, con un espesor medio de 2.077 mm (1.18-3.27). El espesor medio de la albura en número de anillos es de 8 (7-14). Los defectos más frecuentes de la madera en rollo son las costillas basales y la excentricidad del fuste (valor medio de 25 %).

Palabras clave: *Bulnesia sarmientoi*; Anatomía; Madera; Anillos crecimiento.

ABSTRACT

The objectives of the work were to characterize wood anatomy and the growth ring pattern, to analyse evolution of tree rings in relation to age and to determine the main defects of round wood of *Bulnesia sarmientoi* Lorenz ex Griseb. (palo santo), Zygophyllaceae.

Samples were collected in the Locality Extension Lot 27, G. Bazan, Formosa, and Miramar; Bermejito, in Chaco, Argentina. Twelve trees were selected at random, obtaining one section of the trunk to 0,3 m. In the wood descriptions used terminology of IAWA Committee of Nomenclature. In addition one worked in 100 trees of rounded wood.

Bulnesia sarmientoi is a wood with high evolution, with complete stratification, dendritic porosity. Vessels are numerous, small and medium pores, axial parenchyma in bands, homogeneous rays; with complete stratification. Tree rings are small 2.077 mm (1.18-3.27); sapwood thickness 8 (7-14 rings), being the most frequent defects of rounded wood: basal ribs and wood eccentricity (25%).

Keywords: *Bulnesia sarmientoi*; Anatomy; Wood; Tree ring.

¹ Cátedra de Dendrología. Facultad de Ciencias Forestales- Universidad Nacional de Santiago del Estero. Santiago del Estero. Argentina E-mail: amig@unse.edu.ar

² Ing. Forestal. APCD. (Asociación para la Promoción de la Cultura y el Desarrollo) Formosa. Argentina.

1. INTRODUCCION

Bulnesia sarmientoi Lorentz ex Griseb. (Palo santo) (Zigophyllaceae) es una de las leñosas arbóreas argentinas emblemáticas del Chaco Occidental por las bondades de su madera. Su área de distribución esta restringida a la región norte del país, donde es un componente poco común en el bosque chaqueño de maderas duras. El palo santo habita en diferentes ambientes al oeste de Formosa y Chaco y este de Salta.

El principal valor del palo santo es a calidad de la madera, sumado a su área de distribución hacen necesario implementar medidas de conservación por el inigualable valor ecológico de la especie.

Esta especie es muy apreciada por sus múltiples aplicaciones. Es una de las maderas que por su color pardo-verdoso, peso específico mayor a 1,1 kg/dm³, brillo y aroma intenso, se consideran de un valor inapreciable en la flora dendrológica argentina. El nombre vulgar hace referencia a al hecho que la madera una vez encendida, mantiene la llama largo tiempo y despiden olor muy agradable (Tortorelli, 1956). Para uso exterior se la emplea en trabajos de tornería, tallados, pisos, marcos y para postes de gran duración.

De la madera se destila un aceite esencial conocido como guayacol, que se emplea como ingrediente de perfumes. Es fuente de productos bioquímicos: insectífugo, medicinal, planta melífera, con propiedades tintóreas. Tiene aplicaciones en manufactura de barnices y pinturas oscuras (PFNM, 2003).

La esencia de esta especie es muy apreciada por los Chaqueños por sus propiedades curativas en los casos de herida de la piel. Suministra leña y carbón de calidad, debiendo ser esta aplicación desterrada, salvo para el caso de leña campana. El humo es fragante y a pesar de tratarse de una madera muy densa, se prende fácilmente. Los indígenas fabrican numerosos utensilios de la madera, tales como pipas, morteros y hachas. Actualmente es muy utilizada la madera en obras de arte y artesanías de calidad, así como para tornería, pisos, muebles, marcos, etc. Se usa la decocción de la corteza contra enfermedades estomacales (Richter, Dallwitz; 2000).

Los objetivos del presente trabajo fueron: caracterizar el leño, el patrón de anillos de crecimiento de *Bulnesia sarmientoi*; analizar la evolución de los anillos de crecimiento en relación a la edad y determinar los principales defectos de la madera en rollo.

2. MATERIAL Y MÉTODOS

Área de estudio:

El palo santo se encuentra en dos tipos de unidades fisonómicas: matorral o bosque bajo sobre paleocauces y en un mosaico de fisonomías sobre planicies aluviales de cursos menores. Árbol típico del Chaco Seco, crece aislado o forma rodales pequeños en sitios bien drenados, donde desempeña el papel de árbol emergente entre el estrato arbustivo espinoso. (Giménez, Moglia, 2003).

Giménez *et al.* 2006 citan para un estudio de biodiversidad en un palosantal en la provincia de Chaco como principales componentes de la asociación las siguientes especies: *Bulnesia sarmientoi*, *Aspidosperma quebracho-blanco*; *Pisonia zapallo*, *Sideroxylon obtusifolium*, *Ziziphus mistol*, *Prosopis ruscifolia*, *Tabebuia nodosa*, *Cercidium praecox*, *Prosopis nigra*, *Diplokeleba floribunda*, *Capparis salicifolia*, *Capparis tweediana*, *Maytenus vitis- idaea*, entre las principales leñosas arbóreas.

El estudio fue realizado en bosques naturales de *Bulnesia sarmientoi* de la localidad Ampliación Lote 27, G. Bazán, Provincia de Formosa, y de Miramar, Bermejito, Chaco. Es una especie no protegida según CITES si bien su corta está prohibida actualmente en la Provincia de Salta.

El muestreo:

Las características de los ejemplares se presentan en Tabla 1:

Tabla 1. Datos de individuos estudiados

Individuos	DAP	altura total	H fuste	Estado sociológico	Estado sanitario
1	47,01	18,3	4,24	D	1
2	24,75	12,6	3,83	CD	1
3	28,75	13,0	4,30	D	1
4	28,25	12,1	4,35	CD	1
5	42,50	16,2	5,69	D	1
6	29,65	13,2	4,80	CD	1
7	47,90	18,7	4,87	D	1
8	28,05	13,1	3,14	CD	1
9	47,75	19,1	4,15	D	1
10	34,50	16,1	2,97	CD	1
11	24,51	12,3	3,40	D	1
12	46,44	16,4	5,20	D	1

Nota: D: Dominantes; CD: codominantes; 1: estado sanitario de calidad buena

Doce individuos de la especie fueron seleccionados al azar según las indicaciones de las normas COPANT (1973) para descripciones anatómicas. Las muestras se obtuvieron de la rodaja basal (0.3 m). De cada rodaja se obtuvo una muestra de 2 cm de lado para realizar los preparados microscópicos de madera. Se tiñeron las muestras con crisoidina-acridina roja y azul de astra y se montaron en bálsamo de Canadá. Para los macerados se empleó una solución de una parte de ácido acético glaciar y dos partes de peróxido de hidrógeno (Berlyn, Misksche, 1976).

En las descripciones del leño se siguió la terminología del Comité de Nomenclatura de IAWA (Baas et al., 1989). Las imágenes se obtuvieron con video cámara Sony. Para el estudio de anillos de crecimiento se lijaron las rodajas, con cepilladora, lijadora de banda y, lijadora orbital con lijas de granulometría de 600 a 100, hasta tener una superficie lisa que demarque con la mayor fidelidad los anillos de crecimiento. El conteo y medición de anillos de crecimiento 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 sincronizó los anillos manualmente y por cuadrantes, a fin de tener diferencia de edad (± 2 años).

Para determinar los defectos de la madera se analizaron 100 rollos de una playa de estiba. describiendo los defectos.

3. RESULTADOS

Descripción anatómica del Leño

La madera es dura, muy pesada, con diferencia entre albura y duramen. La albura es de color blanco amarillento (HUE 2.5 Y 8/6 Munsell) y el duramen pardo-verdoso (HUE 7.5 GY 5/2 a 6/2 Munsell). El veteado es pronunciado, espigado-plumoso debido al grano entrecruzado con zonas muy angostas, realzado por el ángulo divergente de las líneas vasculares.

El leño presenta porosidad difusa no uniforme, con patrón dendrítico (Figura 1). Los vasos están dispuestos en cadenas oblicuas o radiales (múltiples radiales cortos de 2–3 vasos) (Figura 2), y también solitarios. El histograma de tipos de vasos indica un 78% para solitarios y múltiples radiales de 2–3 vasos. Los vasos conservan su forma respectiva a pesar del agrupamiento y se entremezclan con traqueidas vasicéntricas. El diámetro tangencial de los vasos promedio es de 52.30μ (40–70), correspondiendo al tipo pequeño a mediano. El número promedio de vasos/mm²: 57.33 (38–90), moderadamente numerosos a muy numerosos.

La longitud de los elementos vasculares es de 98μ (75–130), son del tipo bajos (Figura 3). La placa de perforación es simple, con puntuaciones intervasculares alternas, hexagonales pequeñas, con diámetro promedio de 4–6 μ (Figura 4). Las puntuaciones radiovasculares con aréolas distintas, son similares a las puntuaciones intervasculares, de tamaño y tipo uniforme, del mismo tipo en elementos adyacentes, localizadas a través de todo el radio. Los vasos del duramen están ocluidos por sustancias orgánicas de color pardo-verdoso, solubles en agua.

El índice de vulnerabilidad es 0.91 y el de mesomorfismo es 0.0093. El índice F/V (longitud de fibra/longitud miembro de vaso) es de 7.857.

Las traqueidas vasculares o vasicéntricas se encuentran formando grupos compactos de elementos conductivos, y sus paredes transversales pueden presentar apéndices (Figura 5 y 6). Las puntuaciones son similares a las intervasculares y se presentan en forma muy abundante acompañando a los vasos.

Si bien los vasos son muy numerosos, los mismos constituyen sólo el 27.5 % de tejidos del leño, la conducción está perfectamente asegurada por la presencia de traqueidas vasculares y vasicéntricas que colaboran subsidiariamente en la misma.

El tejido parenquimático axial y radial es escaso y representa el 25.5 % del leño. El parénquima axial se presenta en banda marginal, fina, hasta 3 células de ancho, además bajo la forma de parénquima apotraqueal difuso y paratraqueal escaso, vasicéntrico y confluente. Las células del parénquima axial son fusiformes.

Los radios leñosos son homogéneos Tipo 1 de Kribs, con todas sus células procumbentes, muy numerosos (14–18/mm), del tipo biseriados (66%), uniseriados (20.5%) y escasos triseriados (13.5%), bajos de una altura media de 70.8μ (Figura 7).

El carácter de mayor relevancia del leño es la estratificación completa de los radios, así como del parénquima axial y elementos de vasos (Figura 8). El número de estratos por mm axial es de 8–12.

El tejido mecánico es muy abundante (46.5% del tejido leñoso). Las fibras y fibrotraqueidas son cortas, de longitud promedio 774.24μ (500–1400), con puntuaciones simples o con aréolas minúsculas. El diámetro medio de fibras es de 6.6μ , con un espesor medio de pared de 2.225μ , corresponde a fibras con paredes muy gruesas (Figura 9). Presenta cristales de oxalato de calcio, prismáticos, localizados en células del parénquima axial, septadas, con un cristal por cámara (Figura 10).

Nota: la línea negra en la imagen corresponde a 100 μ

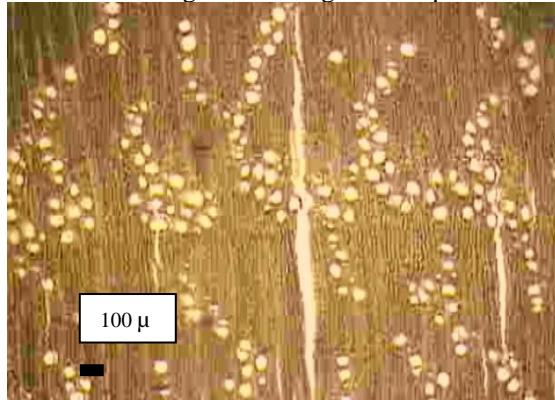


Figura 1. Madera de porosidad difusa no uniforme, con patrón dendrítico

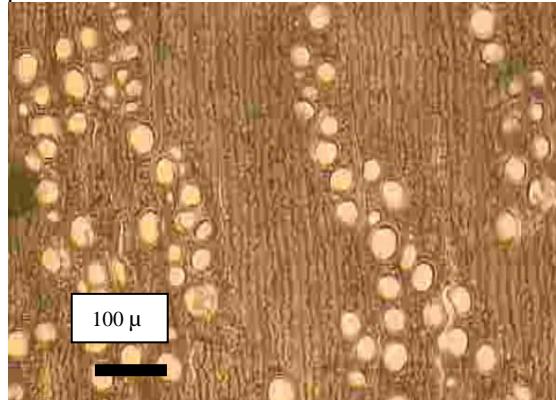


Figura 2. Vasos dispuestos en cadenas oblicuas o radiales

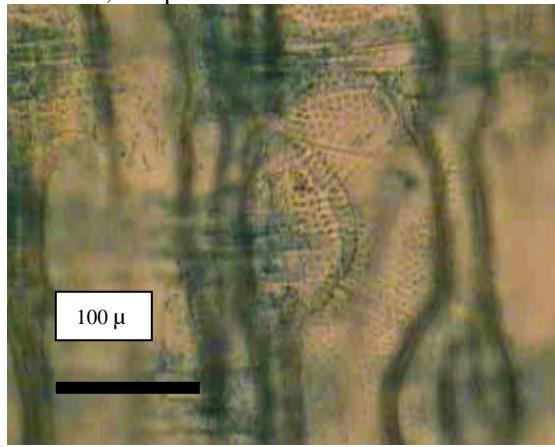


Figura 3. Miembro de vasos bajos

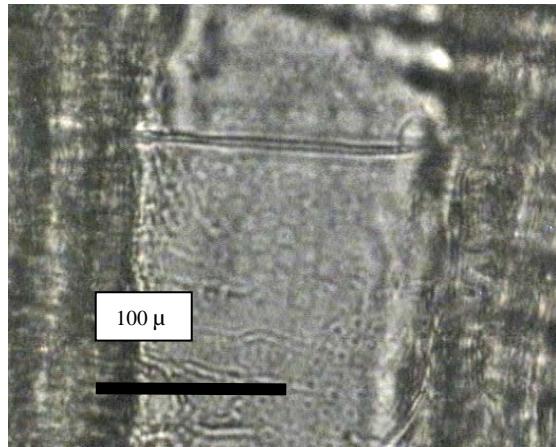


Figura 4. Miembro de vaso con puntuaciones intervasculares alternas, hexagonales.

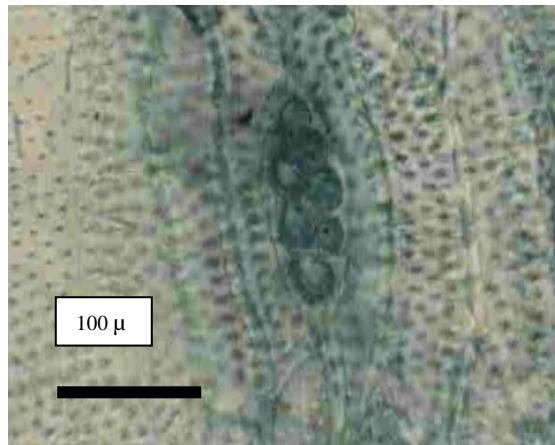


Figura 5. Traqueidas vasculares.

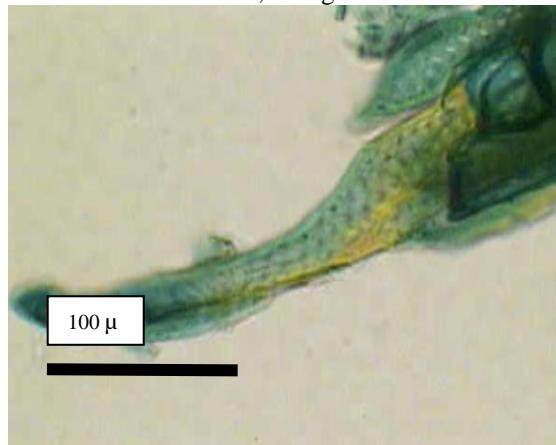


Figura 6. Traqueidas vasculares con apéndices

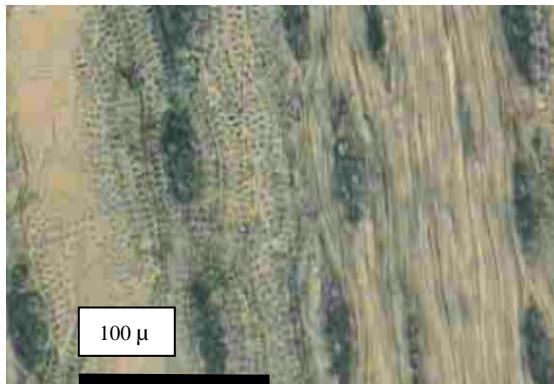


Figura 7. Radios medulares bajos, uniseriados y bisierados

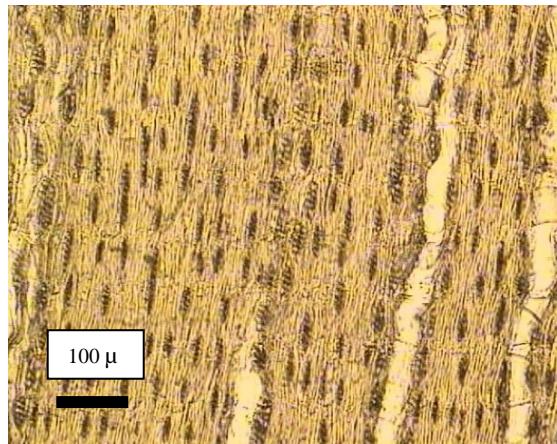


Figura 8. Leño con estratificación completa

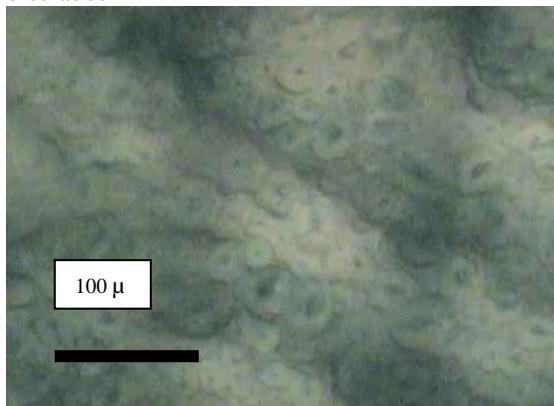


Figura 9. Fibras con paredes muy gruesas

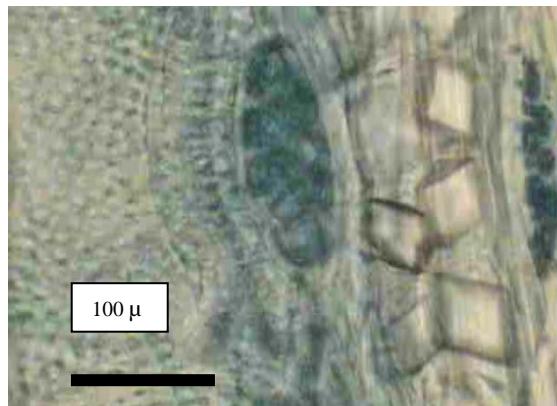


Figura 10. Células cristalíferas del parénquima axial septadas, con un cristal por cámara.

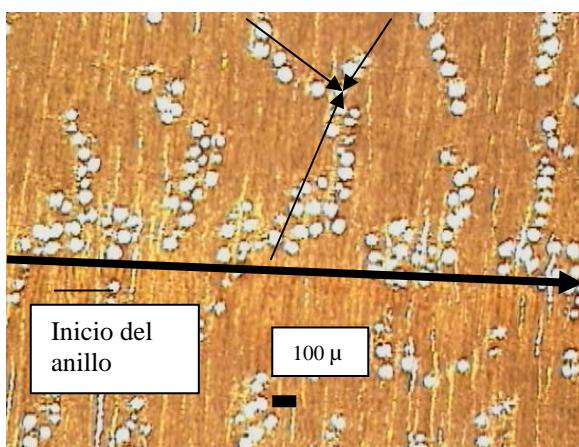


Figura 11. Inicio del anillo de crecimiento

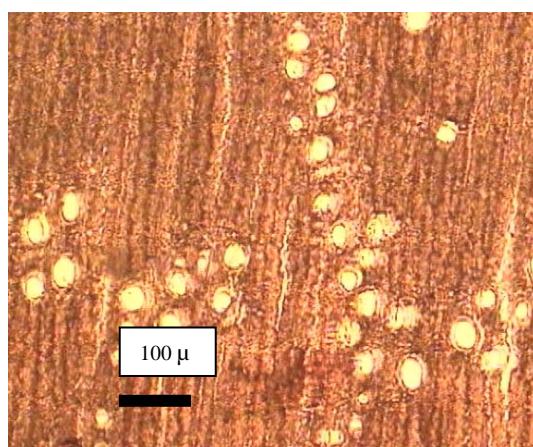


Figura 12. Detalle de la frecuencia de vasos en el anillo

En Tabla 2 se indica la estadística descriptiva de las variables anatómicas.

Tabla 2. Estadística descriptiva de Caracteres anatómicos del Leño

Elemento anatómico	Promedio (x)	Desviación Estándar (S)	Coeficiente de variación (CV%)
Vasos			
Vasos Solitarios (%)	41,5	6,36	15,33
Vasos Múltiples 2-3 (%)	36,5	2,12	5,81
Vasos Múltiples 4 a más (%)	5,5	0,71	12,86
Vasos racemiformes (%)	12,5	4,95	39,59
Vasos geminados (%)	4,0	1,414	35,35
Longitud de vasos μ	98,3	15,86	16,13
Diámetro tangencial de vasos μ	53,2	9,88	18,58
Número de vasos/ mm^2	57,33	13,51	23,57
Área neta de vasos/ mm^2	0,000169	6,84558E-05	40,46
Longitud de traqueidas vasculares y vasicéntricas	112,5	17,67	15,7
Diámetro tangencial de traqueidas vasculares y vasicéntricas	32,5	10,6	32,6
Fibras			
Longitud μ	774,24	150,3	19,41
Diámetro externo μ	6,60	1,89	9,50
Diámetro interno μ	2,15	0,84	9,49
Espesor pared μ	2,25	0,72	9,50
Radios			
Alto de radios μ	70,8	8,09	11,43
Alto de radios en número de células	5,16	0,74	14,40
Nº radios/ mm	15,66	2,08	13,28
Nº de estrato/ mm	13,25	1,258	9,49
Tejidos %			
Vasos	27,5	3,53	12,85
Parénquima radial y axial	25,5	0,71	2,70
Fibras	46,5	2,12	4,65
Espesor de anillos de crecimiento mm	2,077	0,42	20,20

Patrón de anillos de crecimiento:

La demarcación del anillo de crecimiento a nivel microscópico es bastante complicada ya que intervienen diferentes elementos: el tamaño, la frecuencia, distribución y orientación de vasos, y la presencia de traqueidas vasicéntricas.

El anillo de crecimiento se caracteriza por la presencia de vasos abundantes en el leño temprano y menos abundantes en el tardío, adoptando una disposición dendrítica (Figura 11 y 12). Las traqueidas vasicéntricas están presentes tanto en el leño temprano como en el tardío. Corresponde a una estructura de anillo del tipo 6 según la clasificación de Carlquist (1988).

En Tabla 3 se indica la frecuencia de vasos y traqueidas/ mm^2 en el leño temprano y tardío, habiendo diferencias altamente significativas para vasos no así en traqueidas.

Tabla 3. Relación número de vasos y traqueidas por mm^2 para el leño temprano y tardío.

Frecuencia de elementos de conducción/ mm^2	Leño Temprano	Leño tardío	Test T
Vasos	72,46	35,83	****
Traqueidas	13,54	8,16	NS

El anillo se caracteriza por vasos dispuestos en patrón ramificado diagonal formando diferentes tramos separados por áreas sin vasos. Tal disposición diagonal hace referencia a vasos que parecen redundantes, pero que aseguran la conducción por la presencia tanto de traqueidas vasicéntricas o de vasos muy delgados mezclados con los vasos más anhos. En general las bandas de vasos se interceptan y por lo tanto refuerzan la seguridad de la conducción.

A nivel macro el anillo se demarca a partir de una línea oscura definida, seguida por una zona clara, y así sucesivamente. La presencia de contenidos colorantes pardo verduzcos entorpece la lectura.

Ante la dificultad de definir los anillos en sección transversal (Fig 13 c), se contabilizó los mismos en la cara radial (Figura 13 a y b) para ver coincidencia con la edad. Se pudo determinar que la presencia de leño con grano entrelazado que da origen a un nítido veteado espigado, en cada anillo el grano varía de ángulo, lo cual favorece la lectura de anillo.

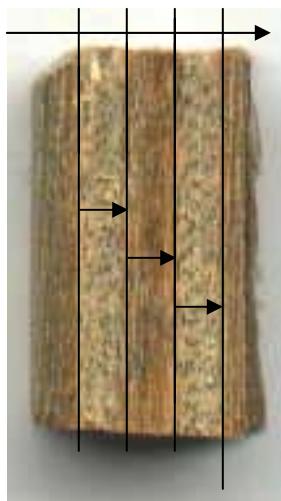


Figura 13a.
Demarcación del anillo en sección radial



Figura 13b. Vista del veteado espigado



Figura 13c. Demarcación del anillo en sección transversal

El espesor medio de anillos es de 2.077 mm (1.18-3.27); S: 0.47; CV%: 20.2, varía con la edad y ajusta a una ecuación polinómica de tercer grado (Figura 14). El ANOVA de la relación es altamente significativa entre individuos ($p < 0.95$).

El espesor de anillos, presenta un máximo entre los 50-55 años de edad. El comportamiento del espesor en cada individuo permitió leer sus respectivas historias de crecimiento.

La evolución del DAB ajusta con la edad a una ecuación polinómica de segundo grado (Figura 15).

La albura está formada por un promedio de 8 anillos de crecimiento (7-14) y ajusta a una ecuación logarítmica (Figura 16). El número promedio de anillos de crecimiento en la albura corresponde a un espesor de 3.32 cm del diámetro del fuste (2,90-5,08).

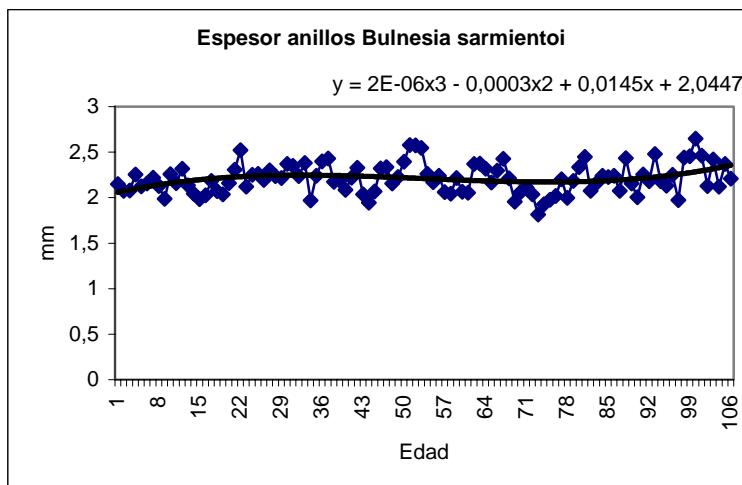


Figura 14. Espesor de anillos y la edad

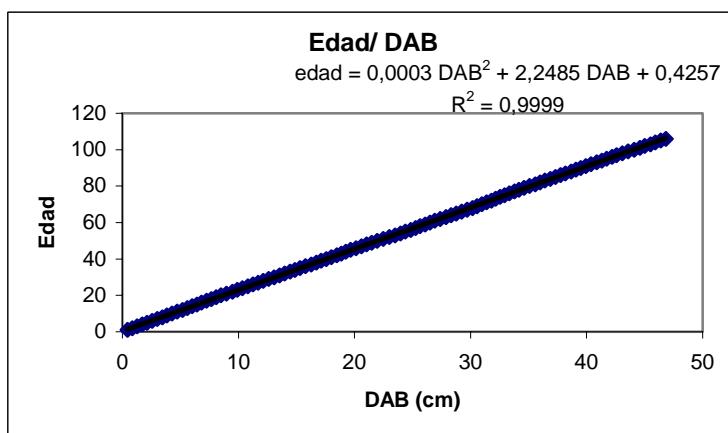


Figura 15. Relación edad y DAB

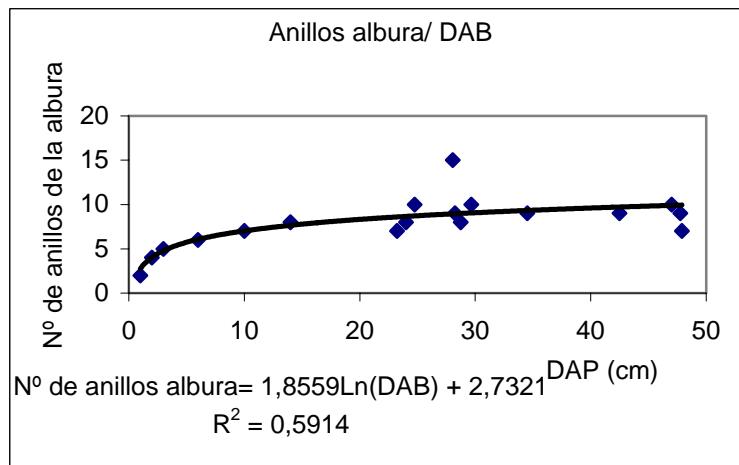


Figura 16. Espesor de la albura en número de anillos

Defectos presentes en la madera de *Bulnesia sarmientoi*:

Los principales defectos en la madera en rollo fueron costillas basales; excentricidad; pudrición; acañonado u hoquedad; acebolladura; rajaduras; heridas de fuego, galerías producidas por insectos, madera decolorada y corteza inclusa.

Costillas basales: un 25% de los fustes presentan costillas basales que producen la pérdida de la forma cilíndrica al Diámetro a la base.

Excentricidad: se observó este defecto en alrededor del 25 % de las muestras transversales, aunque los árboles seleccionados para el análisis de anillos, tuvieran un fuste cilíndrico. Según Kollman (1959) este defecto puede presentarse por efecto de los vientos, o una fuerte insolación lateral. La excentricidad en quebracho blanco (Moglia, 2001), itíñ y otras nativas arbóreas, se modifica según la altura del fuste (Giménez et al. 1997). Esto se debe probablemente a que el árbol tiende a mantener el fuste erecto y cilíndrico.

Madera decolorada: la presencia de madera decolorada está siempre asociada alteraciones producidas por heridas o infecciones. Se caracteriza por una diferencia de color con el normal de la albura o duramen. La decoloración de la madera es un efecto del decaimiento de la misma que afecta la calidad y puede tener diferentes causas.

El palo santo presenta el tipo de decoloración que corresponde a albura inclusa en el duramen, formada por más de tres anillos en un 6% de los rollos estudiados. Las muestras con bandas decoloradas presentan signos de pudrición lo que indica la presencia de un patógeno que origina la transformación de los contenidos del leño.

Heridas de fuego: el fuego daña la madera, produciendo heridas que están relacionadas a la intensidad, edad de la planta y a sus propias características.

Marcas producidas por fuego no es un defecto frecuentemente observado (5%). Lo que se debe investigar es si el leño resiste al fuego ó el alto contenido de extractivos ocasiona muerte del individuo.

Acañonado u hoquedad del fuste: hace referencia a un hueco cilíndrico en el interior del fuste, producido por desintegración total del tejido leñoso. El 10% de los rollos presentan el defecto.

Acebolladura: separación del leño entre dos anillos consecutivos. El 12% de los rollos presentan el defecto.

En base de lo anteriormente expuesto se resume la incidencia de defectos en la madera estudiada en Figura 17.

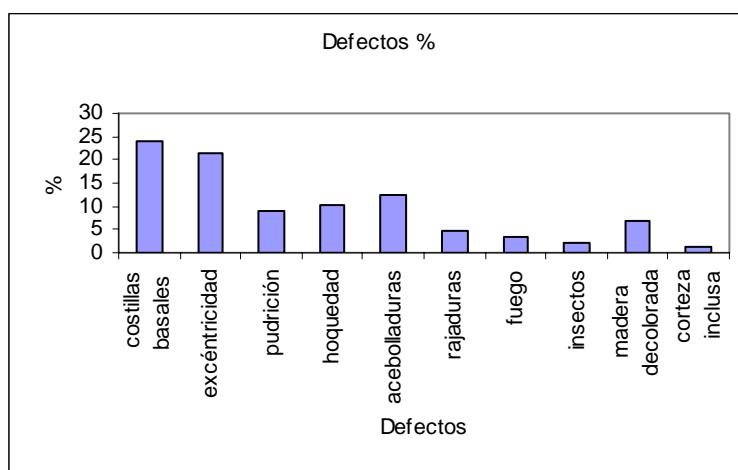


Figura 17. Frecuencia de defectos en madera en rollo.

4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

El leño de la familia *Zigophyllaceae* se caracteriza por la presencia de estratificación total de sus elementos, así como por el elevado número de estratos/mm (8-17), predominancia de células fusiformes en el parénquima axial, puntuaciones intervasculares muy pequeñas, y la ocurrencia de traqueidas. Otras características son radios delgados, bajos y con abundantes cristales. Los vasos son pequeños a moderados, exclusivamente solitarios o con patrón oblicuo o en grupos grandes, placa de perforación simple, fibras de puntuaciones areoladas, paredes muy gruesas, cortas, estratificadas. Todas estas características las presenta el leño de *Bulnesia sarmientoi*. El género: *Bulnesia* caracterizado por la presencia de vasos múltiples se diferencia de *Larrea* y *Porlieria* que poseen vasos solitarios. El parénquima es paratraqueal en *Bulnesia*, mientras que se presenta apotraqueal en *Pleptocarpa*, *Larrea* y *Porlieria*.

Cozzo (1946) cita la presencia de 14-17 estratos/mm para *Pleptocarpa*, siendo de 8-12 en *Bulnesia*. Es común la presencia de cristales en camadas de células cristalíferas del parénquima axial septadas, con un cristal por cámara en *Bulnesia* y *Porlieria*. Los radios son 1-3 seriados en *Bulnesia*, exclusivamente uniserados en *Porlieria*, del tipo homogéneos excepto en *Larrea*.

Los leños de esta familia presentan caracteres distintivos y con amplios signos evolutivos. Es destacable la combinación de caracteres anatómicos de alto nivel de especialización, como la escasa longitud de miembro de vasos de 0.1-0.2 mm., estructura totalmente estratificada, radios homogéneos, parénquima axial con células fusiformes, con otros caracteres como la presencia de vasos solitarios, parénquima difuso y fibras con puntuaciones rebordeadas (Metcalf, Chalk, 1983).

Uno de los rasgos distintivos del Ge *Bulnesia* es la presencia de la distribución dendrítica de los vasos, citadas por Cozzo (1948) para *Bulnesia*, *Pleptocarpa*, *Zuccagnia* y *Porlieria*. Record, Hess (1936) incluyen a *Bulnesia* en la nómina de plantas con tal distribución, diferenciando especies en función de la presencia de vasos exclusivamente solitarios en *Bulnesia arborea*; y vasos no todos solitarios en *Bulnesia sarmientoi* y *B. retama*. Carlquist (1988) cita a la familia en la nómina de especies con traqueidas vasculares o vasicéntricas. Este carácter es muy evidente en la especie estudiada.

El índice de vulnerabilidad indica la presencia de una especie extremadamente segura en la conducción de agua. Su rango es comparable con *Acanthosyris falcata* (0,7077); *Geoffroea decorticans* (1,1538). El índice F/V, expresa la divergencia entre las fibras y los vasos, considerándose valores óptimos entre 1-2.6 para los grupos más especializados (Carlquist, 1975).

Según Roth, Giménez (1997) el anillo está definido por dos capas de fibras de paredes engrosadas. En el presente trabajo se plantea la definición del anillo como un conjunto de eventos anatómicos que inciden en su definición. Un rasgo relevante en la estructura es la distribución de los vasos a lo largo del anillo, como consecuencia de la presencia del patrón dendrítico, flamiforme o en arcos (Record, Hess, 1943).

El hidrosistema exhibe un alto rasgo de especialización. La presencia de vasos en cadena, pequeños, numerosos y distribuidos en porosidades dendríticas y acompañadas por traqueidas vasicéntricas y vasculares, permite especular que la conducción está asegurada, evitándose la embolia de los vasos (Carlquist, 1988)

El palo santo puede considerarse una especie de crecimiento lento. Se puede comparar por el espesor de anillos con otras especies arbóreas de la Región Chaqueña como *Schinopsis quebracho-colorado* con un espesor medio de 2,19 mm (Giménez, Ríos, 2000) y *Aspidosperma quebracho-blanco* con 2,1 mm. (Moglia, 2001). La evolución del DAB y la edad es relevante para determinar estructuras de edades para bosques irregulares. Para un DAB de 45 cm corresponde una edad de 100 años.

La presencia de costillas basales reduce el valor del fuste. El crecimiento excéntrico produce el leño de reacción que en la madera de latifoliadas se denomina madera de tensión, y se observa en la zona superior de la zona sobrecargada.

La decoloración puede clasificarse en dos grupos: las del árbol vivo y en la madera apeada. Este defecto se ha incrementado debido a las actividades de aprovechamiento forestal, las maquinarias y herramientas de corte y otras influencias antrópicas que causan numerosas bandas decoloradas en los árboles vivos.

La presencia de madera decolorada está siempre asociada alteraciones producidas por heridas o infecciones. Fink (1999) indica que ante daños producidos en el cambium, el leño sufre una transformación mediante la síntesis de sustancias protectivas como fenoles, taninos, gomas o resinas. Por la ocurrencia del proceso de oxidación, se producen cambios de color (zona decolorada, de protección, etc.). Durante la decoloración los granos de almidón desaparecen del parénquima, y se produce alta actividad respiratoria. Esta zona decolorada es seguida por una banda que separa el xilema inalterado. Es poco frecuente la presencia de madera decolorada en palo santo (6.8%).

Dieterich, Swetman (1984) clasifican el daño producido por fuego en tres categorías: rajadura tangencial a lo largo de la banda de crecimiento; carbonización continua a la rajadura y/o subsiguiente crecimiento irregular y curvilíneo posterior a la herida. Las principales barreras anatómicas al fuego son: la presencia de una corteza desarrollada, la acumulación de varias peridermis, elementos fibrosos abundantes en el leño y cambium vascular con alta capacidad de división y recuperación.

Se concluye que:

Bulnesia sarmientoi es un leño con porosidad dendrítica, caracteres distintivos y con amplios signos evolutivos. Es destacable la combinación de caracteres anatómicos de alto nivel de especialización, como la escasa longitud de miembro de vasos, la estructura totalmente estratificada, radios homogéneos, parénquima axial con células fusiformes, con otros caracteres como la presencia de vasos solitarios, parénquima difuso y fibras con puntaciones rebordeadas

Es una especie de crecimiento lento, con anillos pequeños (2.077 mm), con una edad estimada de 100 años a los 45 cm de DAB.

La albura está formada por un promedio de 8 anillos de crecimiento, con una sanidad buena siendo los defectos más frecuentes de la madera en rollo las costillas basales y la excentricidad del fuste.

Por sus condiciones anatómicas y su crecimiento, por su condición de especie de distribución restringida se requiere continuar los estudios para su óptimo manejo y aprovechamiento.

5. BIBLIOGRAFÍA

- Baas, P.; Carlquist, S. (1985) A comparison of ecological wood anatomy of the floras of southern California and Israel. IAWA 8: 245- 274.
- Baas, P.; Wheeler, E.; Gasson, P. (1989) IAWA List of Microscopy features for Hardwood Identification. IAWA Committee. 322 p.
- Berlyn, G.; Miske, J. (1976) Botanical microtechnique and cytochemistry. Iowa State University, Ames, IOWA.
- Carlquist, S. (1975) Ecological strategies of xylem evolution. Univ. California Press, Berkeley. 259 p.
- Carlquist, S. (1988) Comparative wood anatomy. Systematic, Ecological and evolutionary aspect of Dicotyledons wood. Springer, Berlin, Heidelberg, New York. 460 p.

- COPANT (1973) Comisión Panamericana de Normas tecnicas. 30: 1-19.
- Cozzo, D. (1948) Anatomía del leño de las especies argentinas de la tribu: "Zygophyllae". Rev. Ins. Nac. Invest. Sci. Cienc. Nat. Cienc. Bot. 1: 223- 361.
- Cozzo, D. (1946) Estructura estratificada en el Ge: Pleptocarpa. Rev. Argentina Agron. 13: 286-292.
- Dieterich, J.; Swetman, T. (1984) Dendrochronology of a fire-scarred ponderosa pine. Forest Science Vol 30, N 1: 238- 258.
- Fink, S. (1999) Pathological and regenerative Plant Anatomy. Encyclopedia of Plant Anatomy. 1083 pp.
- Giménez, A.; Ríos, N.; Moglia, J. G. (1997) Leño y Corteza de *Prosopis kuntzei* (Harms.) en relación a algunas magnitudes dendrométricas. Revista de Investigaciones Agraria Sistemas y Recursos Forestales- España-Vol. 6- N (1 - 2). p:163-182.
- Giménez, A.; Moglia, J. G. (2003) Arboles del Chaco Argentino. Guía para el reconocimiento dendrológico. 310 p. Facultad de Ciencias Forestales, UNSE y Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable del Ministerio de Desarrollo Social. Editorial El Liberal.
- Giménez, A.; Hernández, P.; Gerez, R.; Ríos, N. A. (2006). Biodiversidad Vegetal en un bosque de Palo Santo en la Provincia del Chaco, Argentina.Trabajo Voluntario. Comisión Biodiversidad,: Educación y Conservación.12 Jornadas Técnicas Forestales y Ambientales Eldorado. Misiones. 56.1:13.
- Giménez, A.; Ríos, N. (2000) El crecimiento de *Schinopsis quebracho-colorado* (Schlecht.) Barkl. Et meyer, Anacardiaceae.
- Kollman, F. (1959) Tecnología de la madera y sus aplicaciones. Tecnología de la madera y sus aplicaciones. Madrid. Inst. For. De Investigaciones y Experiencias y Servicio de la Madera.
- Metcalfe,C.; Chalk, L. (1983) Anatomy of the dicotyledons, 2nd Ed. Vol. II. Wood structure and conclusion of the general introduction. Clarendon Press, Oxford. 279 p.
- Moglia, J.G. (2001) Tesis Doctoral. Variabilidad de leño de *Aspidosperma quebracho blanco*. UNT.
- Record,L.; Hess, H. (1943) Timber of new world. New Haven. 640 p.
- Richter, H.; Dallwitz, M. (2000) Commercial timbers: descriptions, illustrations, identification, and information retrieval.Version: 4.
- Roth, I.; Giménez, A. (1997). Argentine Chaco Forests. Dendrology, tree structure, and economic use. 1- The Semid-arid Chaco. Encyclopedia of Plant Anatomy. Gerbruder Borntraeger Berlin Stuttgart. 180 p.
- PFNM (2003). Dirección de Bosques, Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable. Nación. Base de Datos
- Tortorelli, L. (1956) Maderas y bosques argentinos. Editorial ACME, SACI, Buenos Aires. 891 p.

