

ESTUDIOS DE ANATOMIA DE MADERA EN LA REGION CHAQUEÑA ARGENTINA. REVISION Y PERSPECTIVAS

Juana Graciela Moglia¹³, Ana María Giménez¹³ y González Damián¹³

Anillos de crecimiento

En manejo forestal, el conocimiento de la edad de los árboles es importante para determinar ciclos de corta y el tiempo durante el cual se renueva una masa forestal (Villalba *et al.*, 1995; citado por Moglia *et al.*, 2010). Una forma de calcular la edad en árboles es por conteo directo de los anillos de crecimiento; para ello, es necesario que la especie forme anillos que estos sean anuales y además que sus límites sean visibles. En efecto, el empleo de los anillos de crecimiento permite cuantificar en forma precisa las velocidades de crecimiento radial de los árboles, así como determinar los turnos de rotación de especies, siendo información de importancia en el manejo forestal y sostenibilidad de los bosques. Además se suma la información climática contenida (Danae *et al.*, 2011). Los anillos de crecimiento de los árboles son bandas de células producidas por el cambium vascular en un periodo (Giraldo Jiménez, 2011). La presencia y visibilidad de los anillos de crecimiento anuales en los trópicos, como consecuencia de la escasa variación estacional, ha sido tema de debate desde hace tiempo, aunque Coster (1927), citado por Carlquist (2012) describió la existencia de anillos de crecimiento en los árboles tropicales. Desde entonces, ha quedado claro que los anillos anuales se forman cuando ellos experimentan latencia cambial en una época del año debido a condiciones ambientales desfavorables.

La clara identificación de los bordes de los anillos es imprescindible para realizar estudios de epidometría. De acuerdo a Ilic (1997) en las latifoliadas la

¹³ Instituto de Silvicultura y Manejo de Bosques. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Nacional de Santiago del Estero. Av. Belgrano (s) 1912. 4200 Santiago del Estero, Argentina. E-mail: vimog@unse.edu.ar

visualización de los bordes se debe a cambios en la geometría de las fibras y vasos, agrupamiento de los vasos, en el color de la madera y densidad.

La responsable de la mayor o menor visibilidad de los anillos, es su estructura anatómica. Por lo que se hace necesario primero, el estudio anatómico para diferenciar que arreglo de tejidos son los que constituyen una capa de crecimiento, que tipo de células son las que demarcan el límite y si estas capas formadas son anuales.

En la región Chaqueña, Giménez y Moglia (1993) establecieron el patrón de crecimiento de 23 especies, incorporando posteriormente las 50 especies principales del Chaco.

Los límites de anillos de árboles tropicales a menudo son anatómicamente menos distinguibles y menos confiables que los de zonas templadas (Worbes, 2002). Las fluctuaciones climáticas en las estaciones pueden causar la formación de falsos anillos (Priya y Bhat, 1998) y también se ha demostrado la formación de anillos no anuales (Dunisch *et al.*, 2003; Wils *et al.*, 2009 citado por Danae *et al.*, 2011). Por lo tanto, el carácter anual de los anillos debe probarse antes de los estudios de anillos de árboles puedan ser llevados a cabo.

En las últimas décadas, el carácter anual de anillos de los árboles se ha establecido para un gran número de especies en muchas áreas tropicales (Worbes, 2002; Brienen y Zuidema, 2005). Proporcionando así una base sólida para abordar estudios ecológicos o de crecimiento, a partir de la aplicación del análisis de anillos de árboles (Danae *et al.*, 2011).

En la Región Chaqueña se probaron varias técnicas para evaluar y corroborar el carácter anual de los anillos de árboles. La aplicación de la técnica sencilla y efectiva de fechado y comparación de árboles de las muestras con otros de edad conocida (plantaciones), solo pudo realizarse en *Schinopsis quebracho-colorado*, porque existía un ensayo de esta especie en la estación experimental ex IFONA de Fernández (Moglia y Giménez, 2003). En las demás especies la anualidad se determinó mediante el estudio del crecimiento cambial en ramas durante un año Giménez (2013).

Los límites de los anillos se catalogaron de acuerdo a la clasificación de Coster (1927, citado por Giménez y Moglia, 1993). Este autor encontró una buena correlación entre la fenología y la zona de crecimiento. Las especies que

presentan anillos de crecimiento visibles necesariamente tienen un período de receso de hojas, pero la relación inversa no se cumple. En las especies de zonas templadas introducidas hay un comportamiento análogo a estos grupos, anillos nítidos para especies caducifolias y poco nítidos para siempreverdes. Esas observaciones no son tan generales porque se refieren a un clima homogéneo. En zonas áridas y semiáridas, la actividad cambial está relacionada más al régimen de las lluvias, ya que es el factor limitante (Fhan, 1964 citado por Moglia y López, 2001). La clasificación de Coster tiene 5 clases de acuerdo a diferentes arreglos de los tejidos del xilema (tamaño, disposición en el anillo y tipos de elementos: vasos, parénquima y fibras). Las categorías son:

1. Reducción en diámetro de las últimas fibras formadas.
2. Una banda de parénquima estrecho.
3. Banda angosta de fibras, al principio del leño temprano
4. Periodicidad en el ancho de bandas alternantes de fibras y parénquima.
5. Periodicidad en el diámetro de los vasos y en la distribución

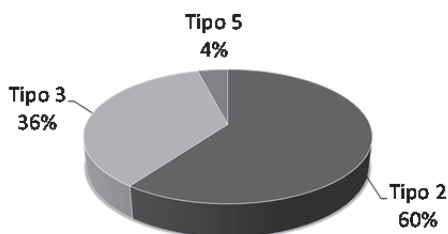


Figura 1. Distribución de los tipos de anillos de la Región Chaqueña de acuerdo a la clasificación de Coster, expresado en porcentaje.

La delimitación del anillo más frecuente en las especies que habitan en la Región Chaqueña (Figura 1) son del tipo II y III. La delimitación del anillo del tipo II (una banda de parénquima estrecho ligado o no a otros diseños acompañantes como tamaño de los vasos) es característico de la Familia Leguminosas. Esto es concordante con los estudios de Biodiversidad en el Chaco, que nominan a esta familia como la más frecuente (Giménez *et al.*, 2008). El anillo tipo III se

caracteriza por la delimitación de una banda de fibras de espesor variable. Es típico de especies de varias familias como Apocináceas, Anacardiáceas. En un estudio realizado sobre 80 especies tropicales Adal *et al.* (2013) señalan que 40% de las especies tropicales en México son de porosidad anular. La Figura 2 muestra la delimitación del anillo en *A. queblanco*, macroscópicamente se define por líneas oscuras en el tejido y microscópicamente por hileras de fibras aplastadas tangencialmente. En *Prosopis alba* la delimitación del anillo es una banda de parénquima (Figura 2b). En *Bulnesia sarmientoi*, la distribución de los vasos es del tipo dendrítica (Figura 2c).

En la Figura 3 se resumen los tipos de anillos en función del espesor.

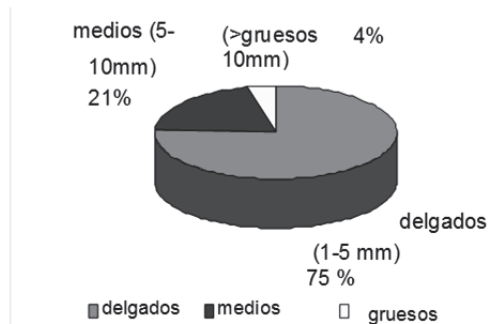


Figura 3. Frecuencia de espesores de anillos de la Región Chaqueña expresados en porcentaje.

En la Figura 4 se muestra el espesor promedio de 7 de las principales especies arbóreas del Chaco, que varían entre 2mm (*Bulnesia sarmientoi*) a 5 mm (*P. ruscifolia*). A nivel mundial de acuerdo a la base de datos de Inside Wood (Wheeler *et al.*, 2007) que contaba hasta 2006 con 5.633 especies distribuidas en diferentes regiones del mundo, la incidencia de las especies con límites de anillos de crecimiento distinguibles es baja (34%).

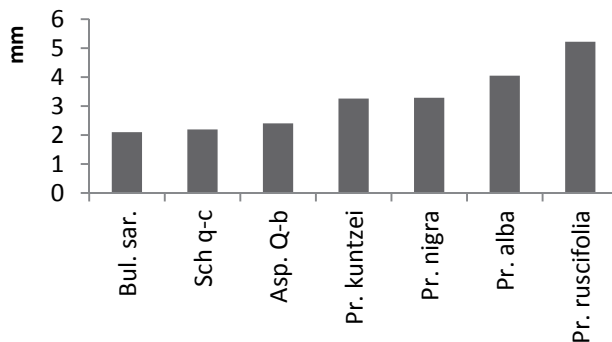


Figura 4. Esesor promedio de anillo de especies del Chaco

En la Región Chaqueña la efectiva delimitación de los anillos, además de la certeza de su anualidad, permitió desarrollar curvas de crecimiento de volumen de fuste para árboles individuales. Se siguió una metodología desarrollada por el LAM (Laboratorio de Anatomía de Madera de la FCF UNSE, Argentina) para las principales especies de la Región: *Schinopsis lorentzii*, *Aspidosperma quebracho-blanco*, *Prosopis alba*, *P. nigra*, *P. ruscifolia*, *P. kuntzei*, *Zizyphus mistol*, *Geoffroea decorticans* (Giménez et al., 1994, 1997) y en plantaciones de *E. camaldulensis* (Moglia et al., 2010). Juárez de Galíndez et al. (2006) abordaron el tema del crecimiento de *P. alba*, *A. quebracho blanco* y *P. ruscifolia* desde un punto de vista estadístico, aplicando distintas estrategias metodológicas para la modelación del crecimiento biológico.

Nuevas perspectivas en los estudios de anillos

En la actualidad comenzó a desarrollarse una nueva línea que explora la información que brinda la anatomía dentro del anillo y su variabilidad o sensibilidad a responder al cambio climático global (Fonti et al., 2009) a los diferentes estímulos externos, además de los endógenos. Esta variabilidad anatómica intra-anillos ha sido menos estudiado por los anatomistas de la madera, pudiendo dilucidar cómo los árboles individuales y especies responden a

los cambios en las condiciones ambientales (Schweingruber, 1996, 2006 citado por Fonti *et al.* 2009). De acuerdo a este autor, la capacidad de un genotipo para ajustar el fenotipo durante la vida de un árbol, es el resultado de corto plazo para las respuestas fisiológicas a la variabilidad del medio ambiente a largo plazo. Esto puede usarse para vincular los cambios ambientales con la estructura del xilema.

Estos estudios se llevan a cabo en el hemisferio Norte, donde las variaciones en la anatomía de la madera están relacionadas con la estacionalidad (Wheeler *et al.*, 2007).

En nuestra región Chaqueña, Moglia y Giménez (1998) encontraron la presencia de anillos delgados con elementos pequeños y poca gradación en la distribución del tamaño de los vasos, contribuyendo a que los mismos sean poco medianamente visibles. En plantaciones de *Eucalyptus camaldulensis* (Moglia *et al.*, 2010) determinaron que la visualización de los límites es diferente de acuerdo a la variabilidad de la morfología cuantitativa anatómica del anillo, conservando siempre el mismo patrón. La visibilidad aumenta cuando hay mayor concentración de fibras y frecuencia de vasos.

La revisión de Dane *et al.* (2011), propone desarrollar futuras líneas de investigación en anillos en regiones tropicales: a) La evaluación de las causas y consecuencias de la variación de crecimiento dentro y entre los árboles y su relación con la variación ambiental. Estas mediciones directas contribuyen a mejorar la comprensión de la ecología tropical del árbol. b) la medición simultánea de espesores y fracciones de isótopos estables en los anillos de árboles, que ofrece la posibilidad de estudiar las respuestas de los árboles al cambio climático. Debido al papel fundamental de los bosques tropicales en el ciclo global del carbono, el conocer estas respuestas es de suma prioridad.

Análisis comparativo de ciertos rasgos anatómicos característicos de las especies de la Región Chaqueña

La arquitectura hidráulica del xilema de una especie puede entenderse como una de las estrategias de adaptación al ambiente donde se desarrolla y ser interpretada desde una perspectiva ecológica. Aspectos estructurales del tejido xilemático, como el diámetro, longitud, frecuencia y agrupamiento de sus células

conductoras, permiten estimar el grado de seguridad o de eficiencia conductiva que presentan las especies en determinado sitio o etapa de su desarrollo (Medina *et al.*, 2013). La disposición de los poros en el tejido leñoso es consecuencia de dos fuerzas de selección contrapuestas: la eficiencia conductora del agua y la seguridad en la conducción de la misma (Moglia y López, 2001 a). Escasos poros de diámetros grandes contribuyen en mayor medida a la conductividad total que muchos de pequeño diámetro, ya que la capacidad conductiva del xilema se incrementa con la cuarta potencia del diámetro del poro. Por otro lado, poros pequeños, numerosos y agrupados tienden a garantizar la continuidad de la columna de agua en condiciones ambientales que predispongan a la cavitación como situaciones de estrés hídrico o térmico (Carlquist, 1988; Lindorf, 1994; Moglia y López, 2001 a). El resultado de la cavitación en el xilema es la aparición de embolismos u obstrucciones por gas en los vasos, lo cual reduce el transporte hidráulico del leño y puede resultar en un descenso de la conductancia estomática, una reducción fotosintética y el daño o muerte de ramas de la planta (Jacobsen *et al.*, 2005).

Carlquist (1988) propuso índices anatómicos, netamente eco-fisiológicos, entre ellos el de vulnerabilidad (IV), para analizar la estrategia conductiva que presenta el leño de una determinada especie. El IV relaciona el diámetro con el número de poros por unidad de superficie. Valores más bajos indican una estrategia de seguridad conductiva del leño, con menor vulnerabilidad a la cavitación mientras que valores mayores señalan una estrategia de eficiencia en la conducción (Medina *et al.*, 2013). Moglia y Giménez (1998) realizaron un análisis comparativo de los caracteres anatómicos del leño que componen el sistema hidráulico del xilema de 46 especies arbóreas de la Región Chaqueña Argentina, y determinaron las especies que presentan características xeromórficas destacadas de acuerdo a los caracteres escogidos: porosidad, tipo y diámetro de poros, frecuencia de vasos/mm², Índice de vulnerabilidad, longitud de los miembros de vasos, placa de perforación, presencia de traqueidas y espesamientos espiralados.

En la Figura 5 se muestra la distribución porcentual del IV clasificados por rangos (Moglia y Giménez, 1998). La mayor parte de las especies tiene un IV (bajo a medio), esto sugeriría una estrategia conductiva del xilema a asegurar la conducción. Concuerda con otras características del leño encontradas en las especies estudiadas como: porosidad difusa, diámetros tangenciales pequeños, vasos numerosos, con predominio de poros con diferentes combinaciones de

múltiples cortos, elementos vasculares cortos, y placas de perforación simple. El índice funcionó bien en las especies del Chaco sobre todo con los valores extremos, pero con los valores medios no se observó una gradación lógica evidente, debido a que especies representantes del Parque Chaqueño Húmedo como *Phyllostylon rhamnoides*, *Tabebuia ipé* o *Patagonula americana*, presentaron índices más bajos que otras especies de lugares más áridos

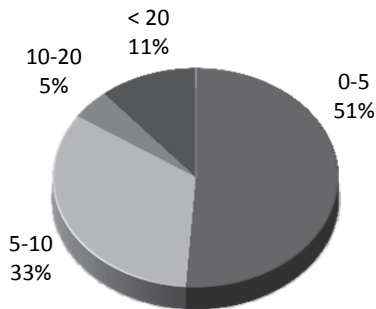


Figura 5. Índice de Vulnerabilidad clasificado por rangos

Las especies estudiadas siguen, en el hidrosistema del xilema, las tendencias generales observadas en regiones de características climáticas similares. Existe predominancia de especies con caracteres que contribuyen a la seguridad en la conducción de agua.

Según Carlquist (2012) la reciente bibliografía sobre fisiología del leño hace hincapié en la línea que considera la especiación de las angiospermas en función del desarrollo de los vasos (propensos al riesgo de embolia y los mecanismos para contrarrestarlos). Actualmente no solo se considera que la estrategia de los árboles es evitar el embolismo o la cavitación sino además se ha observado la reparación del vaso embolizado (Carlquist, 2011; Johnson *et al.*, 2011). Se explica que el rellenado de los vasos requiere del vertido de azúcares por parte de células parenquimáticas adyacentes. Esto confirma lo expresado por Carlquist, en el sentido que hay más de un tipo de células que interviene en la conducción de agua.

Wheeler *et al.* (2007) describen las características anatómicas del leño dicotiledóneas y su distribución a nivel mundial de acuerdo al tipo de clima (Figura 6).

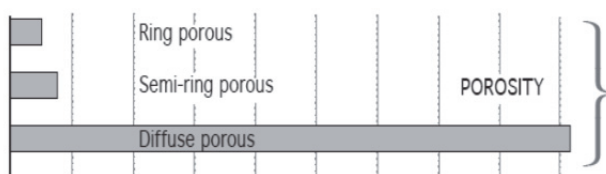


Figura 6. Distribución mundial del tipo de porosidad
Fuente: Wheeler *et al.*, 2007

El patrón predeterminado es: porosidad difusa (92%) con vasos dispuestos sin un patrón particular (83%) y se presentan como una mezcla de vasos solitarios y múltiples cortos (66%). La lista de maderas de International Anatomist Wood Anatomy (IAWA) muestra que la porosidad en anillos es relativamente común en las zonas templadas del Norte, y casi ausentes en los trópicos y el hemisferio sur, incluso en las zonas templadas América del Sur y Nueva Zelanda.

En la Región Chaqueña (Roth y Giménez, 1998; Moglia y Giménez, 1998) encontraron un prevalencia de especies con porosidad difusa (52%) (Figura 7). En concordancia con Wheeler *et al.* (2007) no se reportan especies con porosidad anular.

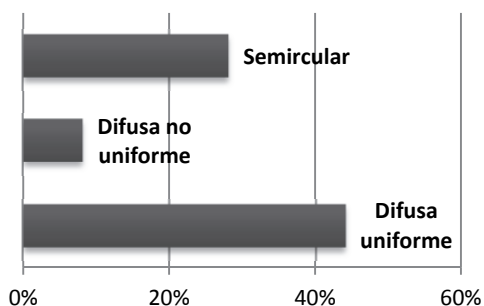


Figura 7. Tipo de porosidad presente en maderas de la región Chaqueña

Los rasgos anatómicos que prevalecen en las maderas del mundo son: porosidad difusa con vasos en disposición radial o diagonal, la mayoría con vasos solitarios, placa de perforación simple, vasos numerosos, de diámetro y longitud media.

En el estudio mencionado Moglia y Giménez (1998) (Figura 8) encontraron que el 62% de las especies presentaba vasos múltiples (cortos y largos) sólo cuatro con vasos solitarios: *A. quebracho-blanco*, *Maytenus vitis-idaea*, *Ziziphus mistol* y *Erythrina crista-galli*. Los resultados de Wheeler *et al.* en cambio señalan una predominancia a nivel mundial de especies con vasos solitarios.

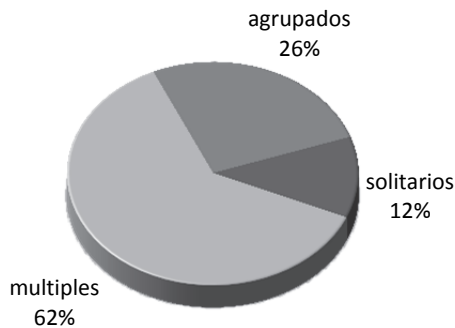


Figura 8. Distribución de tipo de poros expresados en porcentaje

Hacia una mejor comprensión del xilema

El entendimiento del xilema como sistema conductor, materia prima o instrumento para entender líneas evolutivas de los árboles, está cambiando a un ritmo que acrecienta su aceleración con las tecnologías de avanzada, (microscopía electrónica de barrido y otros). Así nuevos conocimientos son incorporados a los tradicionales, proporcionando la base para una nueva visión de cómo la evoluciona madera.

La madera es un tejido complejo y cada uno de los componentes histológicos muestra polimorfismo en sus tendencias como mecanismo evolutivo. Los tipos de tejidos deben evaluarse de manera conjunta, así por ejemplo la eficiencia

conductora debe incluir no solo los elementos conductores como vasos, sino además parénquima, traqueidas, etc. (Carlquist, 2012).

La importancia funcional de estas variaciones ha sido probada experimentalmente, con especial énfasis en el equilibrio entre la seguridad y la eficiencia de transporte de agua, y más recientemente, el papel de las puntuaciones y la estructura de la membrana de las puntuaciones. Sano *et al.* (2011) comprobaron que la estructura y la densidad de las puntuaciones entre elementos traqueales imperforados (ITE) representan los principales caracteres anatómicos que determinan el transporte de agua. La estructura de la membrana/ boca de la puntuación del ITE ofrece un sistema confiable, pero difícil en la práctica de determinar como criterio de su estado conductor (Sano *et al.*, 2011).

Estudios realizados en Calidad de la Madera

El término Calidad de la madera describe el efecto acumulativo de las propiedades del leño como el conjunto de características anatómicas, físicas y químicas de una madera, en productos específicos.

El grado de adaptación de una madera a un determinado uso es lo que técnicamente se entiende como calidad de la madera. Las aptitudes de uso de una madera varían en relación a su calidad; la cual se evalúa en función de un conjunto de propiedades físicas y químicas que posee un árbol o parte de él y que se reconoce como deseables (Dorado *et al.*, 1995). Estudiar la calidad de la madera teniendo como base estas propiedades, permite identificar el uso más apropiado de cada especie.

Los parámetros físicos más importantes de evaluar para obtener madera sólida son la densidad básica y los cambios dimensionales (Tsoumis, 1991 citado por Silva, 2002 y Rosso, 2010).

La mayor parte de los métodos para la evaluación de estas propiedades se realizan utilizando métodos manuales y destructivos que insumen tiempo, costos y pérdida de material. Por ello la incorporación de técnicas no destructivas que permiten la determinación de estas propiedades en los árboles en pie, es un avance importante

La tecnología de evaluación no destructiva se la puede definir como la ciencia de identificación de las propiedades físicas y mecánicas de un material sin alterar sus capacidades de uso final (Ross, 1994). La tendencia mundial está orientada hacia la evaluación no destructiva y en la actualidad existen diversos equipos y metodologías para la estimación de las propiedades físico mecánica de la madera en árboles en pie, en trozas y en rollizos. Por ello, determinar los parámetros de calidad que caractericen su madera, es fundamental para conocer su potencial productivo (Moglia *et al.*, 2011).

En Santiago del Estero se estableció un ensayo genético de progenie de *E. camaldulensis* constituido por 13 orígenes australianos, uno africano y 2 testigos de semillas comerciales, totalizando 104 familias de polinización abierta. Demostró tener muy buenos valores de crecimiento y forma para las condiciones ecológicas locales y potencialmente adecuados para el cultivo de bosques con fines industriales en el Noroeste argentino (López, 2005).

Desde el año 2010, se lleva a cabo el proyecto “Evaluación de la calidad de madera de *E. camaldulensis* con métodos no destructivos”. Se seleccionaron 32 individuos de 16 años de edad de acuerdo a un ranking elaborado por Dap y resistencia a la penetración de la madera con Pilodyn. En estos individuos se procedió a la determinación de las tensiones de crecimiento y la densidad básica.

La densidad básica se estimó indirectamente mediante Pilodyn y resistógrafo. El Pilodyn (Figura 9) es una pistola con un mecanismo de resorte que impacta en la madera una aguja de acero a una velocidad constante. La profundidad de penetración se asocia negativamente con la densidad. De este modo es posible realizar una estimación rápida de la densidad de la madera de numerosos árboles en pie (Raymond, 2005).

El resistógrafo utilizado es el modelo IML F500L-S®(Figura 10). Las estimaciones de las tensiones de crecimiento se realizaron mediante un extensómetro (modelo I CIRAD-Forêt, Francia) que permite la medición de las deformaciones residuales longitudinales (DRL).

Las determinaciones se realizaron a nivel del diámetro a 1.30 (DAP) desde la corteza hasta la medula, con cuatro penetraciones radiales (en sentido Este-Oeste y Norte-Sur). Las tensiones de crecimiento son responsables de las grietas, rajaduras y alabeos que se producen en los rollizos y en las tablas. Este defecto

afecta principalmente el rendimiento de madera aserrada. Los resultados obtenidos sugieren que el extensómetro podría ser utilizado para seleccionar grupos de individuos con menores tensiones de crecimiento y que la medición de una sola posición sería suficiente para esta selección (González *et al.*, 2013).

Estudios de variabilidad de especies nativas del la Región Chaqueña

En regiones semiáridas, sobre la Región Chaqueña la información se refiere a descripciones de la madera de leño y corteza de algarrobo blanco, algarrobo negro, vinal e itín, (Giménez y Moglia 2000, 2001, 2005) Dendrología (Roth y Giménez de Bolzón, 1997, 2006); Giménez y Moglia (2003). En relación con la variabilidad del leño y corteza (Moglia y López 2001 a y b) estudiaron la variabilidad en sentido radial de *Aspidosperma quebracho-blanco* y encontraron que la principal causa de variación es el incremento radial y que tiene madera juvenil hasta los 20 cm de diámetro. Moglia *et al.* (2009) sugiere que el comportamiento inadecuado de quebracho blanco se debe a la estructura anatómica. Giménez *et al.* (2005) estudiaron la variabilidad radial en *P. ruscifolia*. En los estudios realizados el gradiente radial es altamente significativo para algunas de las variables anatómicas estudiadas

Referencias bibliográficas

- Adal Beltrán Gutiérrez L.; Valencia Ramos G. M. 2013. "Anatomía de anillos de crecimiento de 80 especies arbóreas potenciales para estudios dendrocronológicos en la Selva Central, Perú". Rev. Biol. Trop. (Int. J. Trop. Biol. ISSN-0034-7744) Vol. 61 (3): 1025-1037.
- Carlquist S. 2012. "How wood evolves: a new synthesis." Botany 90: 901–940. Published by N R C Research Press.
- Danae M. A., Rozendaal, P.; Zuidema A. 2011. "Dendroecology in the tropics: A review". Trees 25: 3–16. DOI 10.1007/s00468-010-0480-3.
- Johnson D.M., Mc Culloh K.A., Woodruff D. R, Meinzer FC.2012 "Hydraulic safety margins and embolism reversal in stems and leaves: why are conifers and angiosperms so different?". Plant Science. 195:48-53. DOI: 0.1016/j.plantsci.2012.06.010. E pub Jun 26 E.A.

- Giménez de Bolzón, A. M.; Moglia de Lugones, J. 1993. "Determinación de patrones de crecimiento de especies leñosas Arbóreas de la Región Chaqueña Seca". Yvyrareta Año 4, N:4. Rev. de la Facultad de Ciencias Forestales - Universidad Nacional de Misiones, pág. 46-60.
- Giménez, A.; Ríos, N. y J. G. Moglia. 1994. "Leño y corteza de *Prosopis alba* (Griseb) en Relación a Algunas Magnitudes Dendrométricas". Rev. Bosque 19 (2) 53-62.
- Giménez, A.; Ríos, N. y J. G. Moglia. 1997. "Leño y Corteza del Itín *Prosopis kuntzei* (Harms) en relación a Algunas Magnitudes Dendrométricas" Rev. Investigación Agraria (IA)- Sistemas y Recursos Forestales. Vol. 6 (1y 2) pp: 189-203. ISSN: 1131- 7965, Madrid, España.
- Giménez, A.; Moglia, J. G.; Hernández, P. y Bravo, S. 2000. "Leño y Corteza de *Prosopis nigra* en relación a Algunas Magnitudes dendrométricas". Revista Forestal Venezolana Mérida.- Venezuela. Vol 9 (2).
- Giménez A. M.; P. Hernández; R. Gerez y Spagarino, C. 2007. "Anatomía de leño y anillos de crecimiento de Palo Santo (*Bulnesia sarmientoi*). Rev. Quebracho, N° 14.
- Giménez A. M. 2013. "Actividad cambial en especies del Chaco Propuesta metodológica". En prensa.
- Gonzales, D.; Moglia J.; López A.; Pece M.; López (h.) J.; Moreno, R. 2013. "Relación entre el extensómetro Cirad-Forêt y el índice de rajado para estimar tensiones de crecimiento en individuos selectos de *Eucalyptus camaldulensis* en Santiago del Estero". 4º Congreso Forestal Argentino y Latinoamericano. Misiones. 10 p.
- Kedrov Gorn, B. 2012. Functioning Wood. *Wulfenia* 19: 57–95.
- León, W. 2005. "Anatomía ecológica del xilema secundario del bosque seco tropical de Venezuela". *Acta Bot.Venez.* 28: 257–274.
- López, J. L.; Valdez, J. I.; Terrazas, T. y Valdez, J.R. 2006. "Anillos de crecimiento y su periodicidad en tres especies tropicales del estado de Colima, México". *Agrociencia* 40: 533-544.
- Medina, Andrea; Razquin, M.; Andía, I. R. 2013. "Estrategia conductiva del leño de *Nothofagusalpina* (Nothofagaceae), cuenca Lacar, Neuquén, Argentina". *Bosque [en línea]* 34(1). (11/11/ 2013) p.81-88. Disponible en <http://mingaonline.uach.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-92002013000100010&lng=es&nrm=iso - a1>.

- Moglia, J. G.; Giménez, A. 2003. "Recomendaciones para la determinación, medición y recuento de anillos". Revista de Ciencia y Tecnología- Edición Especial. Jornadas de Ciencia y Técnica Serie de Divulgación. Trabajos Científicos. Nº 6: 289- 293. 2002- ISSN: 0328-5928
- Moglia, J. G. y A. M. Giménez. 1998. "Rasgos Anatómicos Característicos del Hidrosistema de las Principales Especies Arbóreas de la Región Chaqueña Seca y Húmeda". Rev. Investigación Agraria (IA)- Sistemas y Recursos Forestales. Vol 7. Nº1 y 2. 53-71, ISSN: 1131- 7965, Madrid, España.
- Moglia, J. G. y A. M. Giménez. 1998. "Rasgos Anatómicos Característicos del Hidrosistema de las Principales Especies Arbóreas de la Región Chaqueña Seca y Húmeda". Rev. Investigación Agraria (IA)- Sistemas y Recursos Forestales. Vol. 13. ISSN: 1131- 7965, Madrid, España.
- Moglia, J G; Bravo, S., Gimenez, A. M., López, C. 2009. Son los caracteres estructurales de la madera de *Aspidosperma quebracho blanco* Schelk causantes de su inestabilidad?. Revista Quebracho 17: 58-63.
- Moglia, J. G.; Giménez, A. M.; González, D. 2010. "Caracterización de los anillos de crecimiento y relación con la densidad básica de la madera en progenies de *Eucalyptus camaldulensis* cultivados en Santiago del Estero". Rev. Quebracho Nº 18.
- Roth, I.; Giménez, A. 1997. "Argentine Chaco forests. Dendrology, tree structure, and economic use. 1- The semiarid Chaco. Encyclopedia of plant Anatomy.XIV/5. ISBN 3-443-14028-9204.
- Roth, I.; Giménez, A.. 2006. "Argentine Chaco forests. Dendrology, tree structure, and economic use. 2- The humid Chaco". Encyclopedia of plant anatomy.XIV/5 ISBN 3-443-14028-9 bound. 204 pages. Gerbruder-Borntraeger-Berlin-Stuttgart
- Sano Morris, H.; Shimada, H.; Ronse De Craene Jansen, S. 2011. "Anatomical features associated with water transport in imperforate tracheary elements of vessel-bearing angiosperms". Ann Bot. 107(6): 953–964.
- Wheeler, E.; Baas, P. y S. Rodgers. 2007. "Variations in dicot wood anatomy. A global analysis based on the Inside Wood database". IAWA J. 28 (3): 229-258.
- Worbes, M. 2002. "One hundred years of tree-ring research in the tropics: a brief history and an outlook to future challenges". Dendrochronologia 20:217–231.

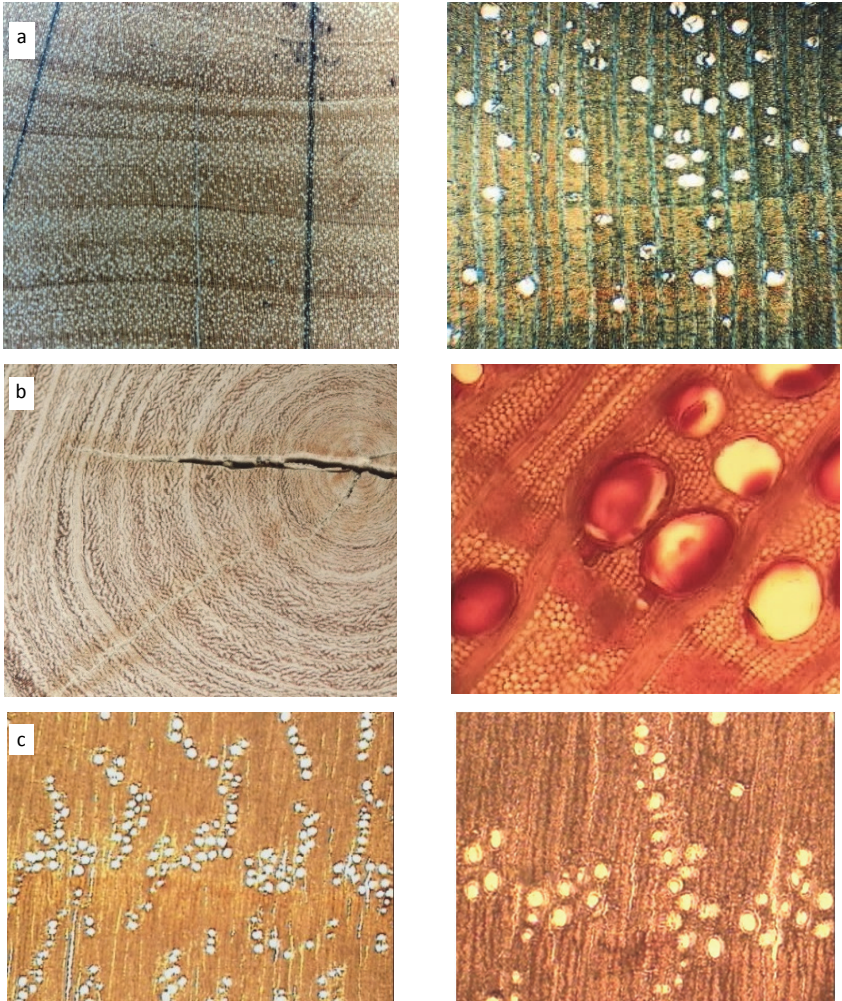


Figura 2. Delimitación macro y microscópicas de los anillos. a- *Aspidosperma quebracho blanco* (tipo III banda de fibras aplastadas tangencialmente) b- *Prosopis alba* con macroscopía los bordes del anillo se demarcan por una línea más claras, que corresponde a banda de parénquima c- *Bulnesia sarmientoi* vasos con distribución en patrón dendrítico.



Figura 9. Determinación indirecta de densidad con Pilodyn

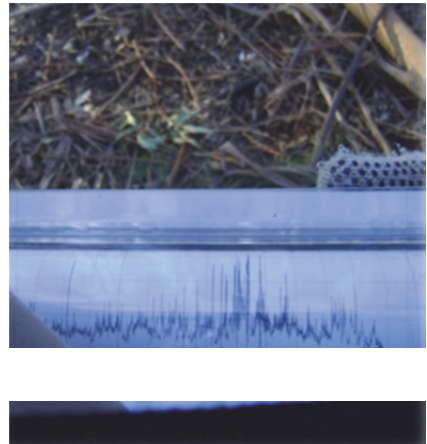


Figura 10. Determinación indirecta de las tensiones de crecimiento con Extensómetro