

ANATOMÍA DE LEÑO Y CORTEZA DE *Monttea aphylla* (MIERS) BENTH ET HOOK, SCROPHULARIACEAE

Wood and bark anatomy of Monttea aphylla (Miers) Benth et Hook, Scrophulariaceae

Ana María Giménez¹, Graciela Moglia de Lugones¹, Jorge H. Femenía²

Recibido en abril de 1997; aceptado en febrero de 1998

RESUMEN

En el trabajo se describe el leño y la corteza de *Monttea aphylla* (Miers) Benth et Hook, Scrophulariaceae, para contribuir al conocimiento de esta especie. El trabajo forma parte de un proyecto en el cual se estudia la comunidad vegetal del Parque Provincial Talampaya, La Rioja.

Las muestras se obtuvieron en el Parque Provincial Talampaya, La Rioja, de acuerdo con las normas COPANT N° 30 (1-19) para anatomía de madera. La descripción de leño se realizó según la terminología de IAWA y la de corteza según Roth.

La corteza se caracteriza por presentar el tejido mecánico compuesto por fibras floemáticas dispuestas en placas alternantes rectangulares, estratificadas. El sistema secretor es muy notorio, con canales secretores axiales rodeados por parénquima envainador que forma bandas concéntricas. El ritidoma es escamoso con acumulación de cuatro a más capas peridérmicas.

El leño presenta porosidad difusa no uniforme con tendencia a semicircular. Los poros en su mayoría son racemiformes y múltiples radiales, muy pequeños. Los miembros de los vasos son cortos con espesamientos espiralados muy conspicuos. Se observan abundantes traqueidas vasculares al final del anillo de crecimiento también con espesamientos espiralados. Los vasos son muy numerosos. Todas las características observadas en *Monttea aphylla*, concuerdan con los rasgos típicos de especies que habitan en ambientes xerofíticos.

Palabras clave: Anatomía de leño y corteza, *Monttea*, Scrophulariaceae.

ABSTRACT

The present study was undertaken to contribute to the knowledge of wood and bark anatomy of *Monttea aphylla* (Miers) Benth et Hook, Scrophulariaceae. This paper is part of a general project, studying the plant communities of the Talampaya Park in La Rioja, Argentina.

The samples were collected at Talampaya Park, La Rioja. For microscopic observations, both bark and wood, cross sections were taken according to COPANT N° 30 (1-19), for wood anatomy. For bark anatomy, Roth's terminology was used.

The hard bast of the bark is formed exclusively by fibres, arranged in rectangular, alternating plates. The secretory system is distinctive with axial secretory canals concentric sheath of surrounded by a concentric sheath of parenchyma. Rhytidome is scaly with four or more layers of peridermic layers.

Wood vessels are arranged in diffuse porous pattern (not uniform), with a tendency to semi-ring porous. The small vessels are radial multiples and clusters. The vessels members are short, with helical thickenings in the secondary wall. Vascular tracheids with helical thickenings are present at the end of the ring.

The main characteristics observed in *Monttea aphylla* are in accordance with the typical features of xerofitic regions.

Key words: Wood and bark anatomy, *Monttea*, Scrophulariaceae.

¹ 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: info-fcf@unse.edu.ar

² Facultad de Ciencias Agrarias Sede Chilecito, Universidad Nacional de La Rioja. 9 de julio 26, 5361 Chilecito, La Rioja, Argentina.

1. INTRODUCCIÓN

El estudio de la flora de zonas áridas ha suscitado un interés especial en los investigadores. La Universidad de la Rioja encara un estudio integral del Parque Provincial Talampaya debido al alto valor ecológico y turístico de la zona (Femenía, 1989). Se inicia así un estudio fitosociológico de la comunidad vegetal. Fitogeográficamente la zona pertenece a la provincia del Monte (Cabrera, 1976). La región presenta un suelo arenoso y profundo, muy permeable. El clima es seco y cálido. La precipitación varía de 80 a 200 mm anuales. Los tipos de vegetación predominantes son las estepas arbustivas xerófilas, samnófilas ó halófilas. Hay también bosques marginales de Mimosaceae.

Las especies más importantes de esta asociación son: *Prosopis chilensis* (Mol) Stuntz. (Mimosaceae), *Bulnesia retama* (Gill ex Hook) Griseb. (Zygophyllaceae), *Maytenus visciifolia* Griseb. (Celastraceae), *Monttea aphylla* (Biers) Benth et Hook (Scrophulariaceae), *Ximenia americana* L.(Olacaceae), *Prosopis torcuata* D.C. (Mimosaceae) y *Larrea divaricata* Cav. (Zygophyllaceae).

Algunas de las especies que habitan en la región no fueron descritas anatómicamente razón por la cual se encara un proyecto sobre la estructura anatómica de las principales leñosas de la zona. Entre las especies de interés se destaca la especie *Monttea aphylla*.

El objetivo del presente trabajo es:

- Contribuir al conocimiento anatómico del leño y la corteza de *Monttea aphylla* (Miers) Benth et Hook, Scrophulariaceae.
- Indicar algunos signos de adaptación y especialización estructural.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Monttea aphylla (Miers) Benth et Hook, Scrophulariaceae, es un arbusto de 3 m de altura, que habita en la Región del Monte, especialmente en La Rioja. El área de trabajo fue el Parque Provincial Talampaya, La Rioja, Argentina. El territorio es una zona con clima árido del tipo E, con un índice de humedad de 60 (Thornwaite, 1948). Los valores promedios de precipitación oscilan alrededor de 100 mm/año.

El material de trabajo fue colectado por el autor. La toma de muestras se realizó de acuerdo con las normas COPANT N° 30 (1-19) para anatomía de madera. La terminología usada en las descripciones del leño corresponden a IAWA (1989). Para anatomía de corteza se sigue la terminología de Ingrid Roth (1981).

Se utilizó el método de triple coloración acridina-crisoidina y azul de astra (Dujardin, 1964) para el teñido de los preparados microscópicos. Para macerados se usó el método de Jeffrey.

Las observaciones microscópicas se realizaron con microscopio óptico y electrónico de barrido (SEM).

3. RESULTADOS

La caracterización anatómica se realizó en leño y corteza, considerándose elementos de observación a nivel macro y microscópico.

3.1. Anatomía de corteza

Para su estudio se analiza la corteza forestal en sus partes constitutivas siguiendo el criterio de distribución de patrones de tejidos (Roth, 1981).

Corteza interna: formada exclusivamente por tejido blando constituido por 3 a 6 estratos de células. Como elemento más conspicuo se observa la presencia de estructuras de secreción en canales secretores axiales, que se diferencian tempranamente.

Corteza media: con estratificación de tejidos mecánico y parenquimático. El parénquima axial está dispuesto en bandas tangenciales. Se diferencia un parénquima especializado que rodea las estructuras de secreción.

El tejido mecánico está formado por fibras dispuestas en placas alternantes rectangulares, sólo interrumpidas por los radios floemáticos, con apariencia de banda concéntrica. Las fibras son de paredes gruesas, con un diámetro externo de 2 μ , diámetro interno de 0,5 μ y espesor de pared de 0,7 μ . Los radios se desvían en una dirección.

Corteza externa: hay dilatación irregular de radios debido al agrandamiento tangencial de las células radiales. El floema mantiene su estructura ordenada.

El floema presenta cristales rómbicos de oxalato de calcio situados en series de parénquima septado acompañando a las fibras en todo su trayecto (figura 1). Son muy abundantes. Es notoria la presencia de cristales en forma de drusas en el parénquima axial normal. Los radios del floema son uni, bi y triseriados. Se desvían en una misma dirección con dilatación irregular de las células radiales y división en menor grado. No hay formación secundaria de células pétreas. El sistema secretor del tejido floemático es un elemento de diagnóstico muy notorio. Presenta canales secretores axiales rodeados de parénquima especializado en vaina que forma bandas concéntricas.

Los canales son de forma elíptica y desarrollados en dirección tangencial (figura 2). Las dimensiones son: diámetro tangencial 50 μ (30 a 70 μ), diámetro radial 30 μ (25 a 60 μ). El número de canales por mm^2 es de 6 a 10. La distancia entre canales es de 0,1 mm y entre bandas tangenciales de canales, de 0,8 mm. Los canales secretores producen una gomoresina transparente y soluble en agua.

Peridermis: el tejido suberoso está formado por células rectangulares alargadas tangencialmente, de paredes igualmente engrosadas o en forma de U invertida. Hay suberificación de paredes.

La felodermis es medianamente visible. Se diferencian varias series de células de paredes delgadas.

El ritidoma es escamoso de 1 mm de espesor, con acumulación de 4 a más capas peridérmicas. Se observa la formación secundaria de células pétreas. La corteza total tiene un espesor de 1 a 3 mm (categoría 1, corteza muy delgada). La corteza viva tiene un espesor de 1 a 1,5 mm (categoría gruesa). La corteza muerta tiene un espesor de 1 a 2 mm (categoría 2, media).

3.2. Anatomía de leño

3.2.1. Macroscopía

La observación macroscópica del leño indica la presencia de anillos de crecimiento demarcados por 2 a 5 capas de fibras aplastadas tangencialmente, tipo 3 de Coster (1927) (figura 3). Inmediatamente a la banda de fibras que demarca el anillo se diferencian los vasos del leño temprano. En el anillo hay diferencia de diámetro de poros entre el leño temprano y el tardío. El ancho de los anillos oscila entre 0,3 a 0,8 mm, correspondiendo al tipo muy angosto. La porosidad es difusa no uniforme con tendencia a semicircular (figura 4). Los poros están dispuestos en series radiales. En los anillos más anchos los poros se distribuyen oblicuamente.

Los poros son predominantemente racemiformes y múltiples radiales cortos, pequeños, de forma oval. En algunos poros se observa obstrucción por tilosis. El parénquima y los radios no son visible x 10 aumentos. Se observan máculas medulares de orientación tangencial.

3.2.2. Microscopía

Elementos vasculares: los poros son del tipo racemiformes, múltiples cortos de 3 a 4, solitarios y geminados (figura 4). El histograma de tipos de poros indica: 49 % de racemiformes, 37 % múltiples, 10 % de solitarios, 4 % geminados. El número de vasos por mm² de 242 (200 a 300), corresponde al tipo muy numerosos.

Los miembros de vasos tienen un diámetro tangencial de 26,25 μ (10,8 a 29,6 μ), son muy pequeños, con placa de perforación simple. Las puntuaciones intervasculares areoladas son alternas, de reborde de tipo hexagonal y apertura de la puntuación inclusa. Los miembros de vasos presentan un longitud de 340 μ (260 a 400 μ), son cortos, de paredes laterales rectas a oblicuas.

Los vasos presentan espesamientos espiralados muy conspicuos en sus paredes laterales, siendo un carácter diagnóstico de relevancia (figura 5). Se observan abundantes traqueidas vasculares al final del anillo de crecimiento con espesamientos espiralados en sus paredes laterales. Las puntuaciones laterales son alternas.

El parénquima axial es del tipo paratraqueal vasicéntrico escaso, formado por uno a dos estratos de células. Son rectangulares, sin estratificación.

Los radios leñosos corresponden al tipo heterogéneo II de Kribs (Kribs, 1935). Predominan los radios bi, tri y uniseriados en los siguientes porcentajes: 65, 23 y 12 %.

Por su altura los radios se clasifican en muy bajos: 281,75 μ (112,5 a 700 μ), el número de células medio es de 20 (9 a 27). El ancho medio de los radios es 21,6 μ (12,5 a 32,5 μ), correspondiendo a la clase muy angosto. Se observan radios fusionados longitudinalmente, sin células envolventes. Las células procumbentes son cortas. Las células verticales de los radios se disponen en los extremos y en número de uno.

El tejido mecánico está formado por fibras libriformes (figura 6), fibrotraqueidas y fibras septadas. Las dimensiones de las fibras son las siguientes: diámetro externo 10,76 μ (7,4

a 16,1 μ), diámetro interno 6,2 μ (5,1 a 10,2 μ), siendo el espesor de la pared celular de 2,5 μ . Las fibras son fusiformes, de disposición no estratificada. Las puntuaciones son simples y, en las fibrotraqueidas, levemente semiareoladas. Hay traqueidas vasculares presentes en el leño tardío. La histometría de tejidos da los siguientes resultados, expresados en valores porcentuales: poros 38 %, fibras 37 %, parénquima axial 25%.

El leño presenta máculas xilemáticas de disposición tangencial compuestas por células parenquimáticas.

4. DISCUSIÓN

Escasos trabajos sobre el género *Monttea* han sido realizados con relación a la estructura de la corteza y floema. Como rasgo fundamental destacamos la presencia de canales secretores de gomoresinas dispuestos en forma de anillos concéntricos en el floema. Este tipo de estructura de secreción se observa en un grupo escaso de familias como: Guttiferae, Burseraceae, Araliaceae, Anacardiaceae, Flacourtiaceae, entre otras (Roth, 1981; Hillis, 1987). Este sistema interconectado de estructuras secretoras le confiere un patrón característico a la corteza. El tamaño de los canales secretores es similar al rango citado por Roth (1981) para *Calophyllum brasiliense* en Guttiferae. La distribución de los canales en bandas tangenciales es similar a lo observado en especies del género *Schinopsis*, Anacardiaceae (Giménez, 1988), Araliaceae (Roth, 1981). La frecuencia de canales secretores por mm² es alta si se la compara con las citas de Roth para Guttiferae.

Roth (1981) cita estructuras secretoras laticíferas en *Kickxia elastica* (Scrophulariaceae). La presencia de parénquima envainador que rodea los canales secretores es citada en Anacardiaceae (Giménez y Moglia, 1995), Guttiferae, Burseraceae (Roth, 1981).

El tejido mecánico está representado por fibras en placas alternantes. Este carácter es típico de cortezas de zonas áridas (Roth, 1981; Giménez y Moglia, 1987; Giménez, 1985; Giménez, 1989 a y b). Roth cita esclereidas en algunos géneros de la familia. Es muy abundante en la especie el tejido mecánico floemático de formación primaria, dándole a la estructura resistencia y protección contra la deshidratación.

Tanto el tejido floemático como el ritidoma es poco desarrollado. Este rasgo es típico de especies de ambientes xerofíticos donde se observa una limitación en la producción celular. No obstante, este tejido es eficiente ante la excesiva desecación por la acumulación de varias capas peridérmicas. La corteza total pertenece a la categoría de muy delgada. La corteza viva es gruesa, lo que indica el alto grado de efectividad en la conducción floemática. La corteza muerta es del tipo medio; no obstante, cumple ampliamente la función de protección contra la desecación por efecto de la acumulación de varias capas peridérmicas. Estas características concuerdan con lo expresado por Giménez y Moglia (1987). La estructura anatómica de la corteza responde a las características ambientales mediante la presencia de una estructura de tejidos muy densos, con fibras de paredes muy gruesas, y la diferenciación posterior de células pétreas. Es muy abundante la presencia de cristales en forma de drusas y rómbicos en el parénquima floemático. Hay acumulación de varias capas peridérmicas.

Monttea aphylla presenta los caracteres generales citados por Giménez y Moglia (1987) para la estructura cortical de especies de zonas semiáridas. Ellos son: ritidoma con acumulación de varias capas peridérmicas, presencia de estructuras de secreción, células

suberosas llenas de aire y suberificadas, abundante tejido mecánico de formación primaria en forma de fibras, abundancia de cristales de oxalato.

Monttea aphylla presenta los caracteres xilemáticos generales señalados para la familia por Metcalfe y Chalk (1983) y Christiani (1948). En referencia al número y tamaño de poros, son muy numerosos y pequeños con distribución radial y algo oblicua en el leño tardío. Otros autores citan para la familia la presencia de vasos y traqueidas vasculares con espesamientos espiralados en las paredes secundarias.

Carlquist (1984) cita la presencia de vasos agregados en especies de zonas áridas en un alto número de familias. Este rasgo concuerda con *Monttea aphylla*. Así lo manifiesta el histograma de tipos de poros con valores medios de 57 % de poros racemiformes. Ellos tienen una significación especial en referencia a la seguridad de la conducción. Ante el peligro de embolia de un vaso, el vecino actúa permitiendo así la inninterrupción del ascenso de agua. Este carácter es citado en *Jodina rhombifolia*, *Castela coccinea*, *Schinus molle*, *Parkinsonia aculeata*, *Cercidium australe*, *Capparis tweediana* (Giménez, 1993).

En *Monttea aphylla* los vasos son muy numerosos (240 por mm²). Este carácter es notable en hábitats secos, estando esta característica ligada al xerofitismo (Christiani 1948; Carlquist y Hoekman, 1985). Carlquist y Hoekman (1985) se refieren a que la longitud de los miembros de vasos disminuye con la aridez. Este rasgo se observa en elementos cortos de longitud inferior a los 400 µ. Carlquist (1988) cita la presencia de traqueidas vasculares como un sistema subsidiario de transporte de agua, elemento muy notorio en *Monttea aphylla*, especialmente en el leño tardío. La presencia de espesamientos espiralados en las paredes secundarias de elementos vasculares es un carácter diagnóstico relevante de la especie. Factores ecológicos están relacionados con los espesamientos helicoidales. Este carácter es abundante en zonas áridas (Webber, 1936; Carlquist, 1988). Se interpreta como una forma de aumentar la resistencia de los vasos al embolismo (Zimmerman, 1983). Es citado para la familia Scrophulariaceae (Michener 1981, 1983), siendo muy abundantes en zonas áridas (Webber, 1936; Carlquist, 1988). Carlquist sugiere que la presencia de tal carácter es un mecanismo para aumentar la superficie de la pared celular y, por ende, la capacidad de conducción. Dicha presencia puede significar un aumento de la resistencia de la pared del vaso (Zimmermann, 1983).

La presencia de traqueidas vasculares al final del anillo de crecimiento se interpreta como el desarrollo de un mecanismo que da máxima resistencia al embolismo al final de la estación de crecimiento. Por las características de aridez de la zona donde habita esta especie, estos elementos resultan sumamente útiles a la estructura para asegurar el transporte de la escasa agua de que dispone la planta, actúan como elemento subsidiario de la conducción (Carlquist, 1984).

Monttea aphylla responde en líneas generales a los caracteres determinados por Carlquist (1988) como indicadores de xerofitismo. Ellos son: numerosos poros por mm², vasos pequeños, miembros de vasos cortos, número de poros elevado por grupo, presencia de traqueidas vasicéntricas, espesamientos espiralados, y anillos de crecimiento angostos y demarcados.

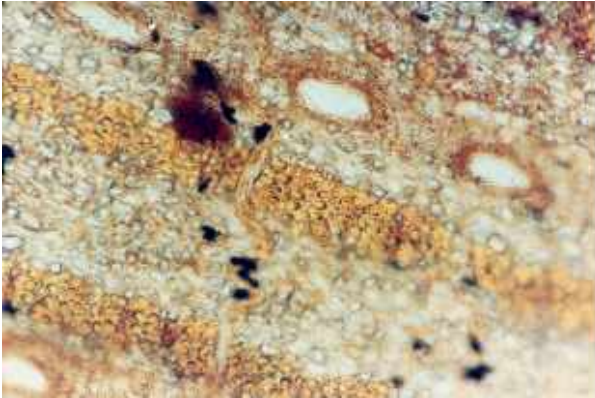


Figura 1. Sección transversal del floema medio, con alternancia de tejido mecánico y tejido parenquimático. Se observa la presencia de cristales (x 200).

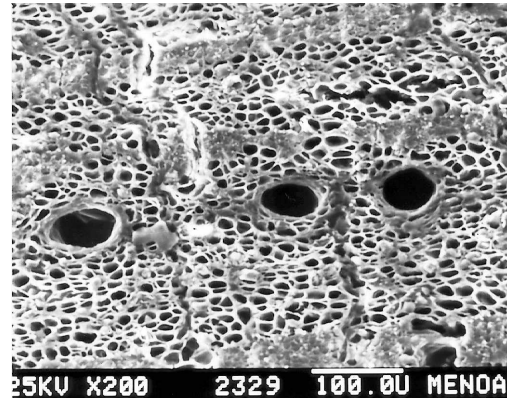


Figura 2. Fotografía tomada con microscopio electrónico de barrido, sección transversal del floema medio, con canales secretores axiales (x 130).

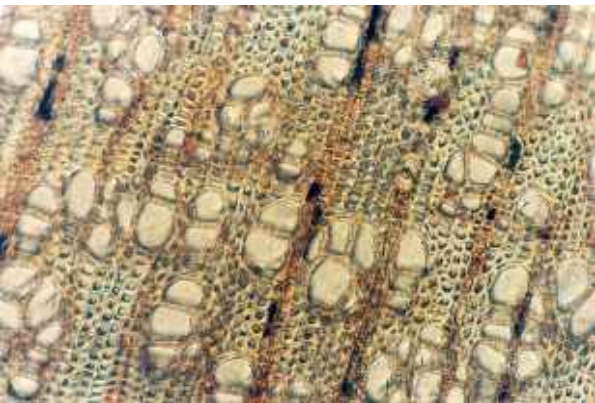


Figura 3. Sección transversal de leño, anillo de crecimiento demarcado por 3 a 5 capas de células de fibras aplastadas tangencialmente (x 125).

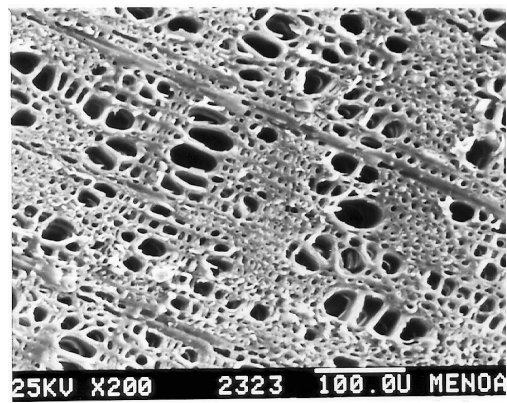


Figura 4. Sección transversal de leño, fotografía tomada con microscopio electrónico de barrido (x 130), porosidad difusa no uniforme.

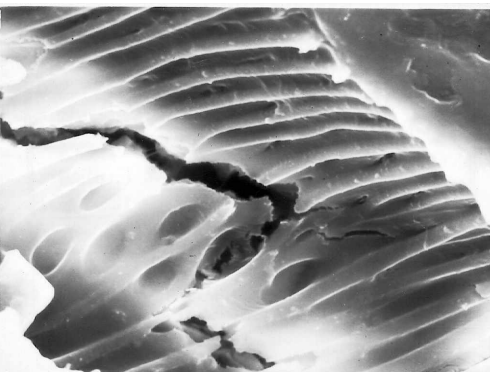


Figura 5. Fotografía tomada con microscopio electrónico de barrido (x 1300) . Detalle de la pared lateral del miembro de vaso con espesamientos espiralados.



Figura 6. Sección radial de leño. Presencia de fibrotraqueidas (x 200).

5. CONCLUSIONES

Monttea aphylla es una especie con evidentes signos xeromorfos. Sus principales rasgos son:

- Anillos de crecimiento muy delgados (0,3 a 0,8 mm).
- Poros agrupados, muy numerosos y pequeños.
- Miembros de vasos y traqueidas vasculares con espesamientos espiralados.
- Floema con estructuras secretoras de canales axiales.
- Floema con estratificación de tejido mecánico y parenquimático.
- Fibras floemáticas dispuestas en placas alternantes.
- Cristales de oxalato de calcio en series de parénquima septado acompañando a las fibras.
- Presencia de drusas y cristales rómbicos en el parénquima floemático.
- Corteza total delgada con acumulación de varias capas peridérmicas.

AGRADECIMIENTOS

Colaboraron en la realización de este trabajo: la Técnica Mirta Sposetti en la preparación de las muestras microscópicas y el Sr. Fabián Zubrinic en la compaginación del mismo.

REFERENCIAS

- Cabrera, L. A. 1976. Regiones fitogeográficas argentinas. Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardinería. ACME, Buenos Aires.
- Carlquist, S. 1966. Wood anatomy of Compositae: a summary with comments on factors controlling wood evolution. *Aliso* 6(2): 25- 44.
- _____. 1984. Vessel grouping in dicotyledon woods: significance and relationship to imperforate tracheary elements. *Aliso*: 10: 505- 525.
- _____. 1988. Comparative wood anatomy. Springer Series in Wood Science. Springer Verlag, Berlín.
- Carlquist, S. y D. A. Hoekman. 1985. Ecological wood anatomy of Woody Southern California Flora. *IAWA Bull.n.s.* 6:319-347.
- Christiani, L. 1948. Anatomía del leño secundario de las especies argentinas del género *Monttea*. *Comunicación Instituto Nac. Inv. Cienc. Nat. Cienc. Bot* 1: 1-6.
- Coster, Ch., 1927. Zur anatomie und physiologie der zuwachszone und jahresringbildung in den tropen. Fortsetzung von Vol XXXVII.
- Dujardin, E.P. 1964 Eine Neue - Holz - Zellelulosenfaerbung. *Mikrokosmos*. 53: 94.
- Fahn, A. 1964. Some anatomical adaptations of desert plants. *Phytomorphology* 14: 93-102.
- Femenía J. 1989. Estudio de la flora del Parque Nacional Talampaya.
- _____. 1990. Comunidades vegetales de Talampaya.
- Giménez, A. 1985. Estructura cortical de especies nativas del NOA. XX Jornadas Argentinas de Botánica. Salta.

- _____. 1988. Presencia de canales secretores de tanino en especies del género *Schinopsis*. Actas de VI Congreso Forestal Argentino. Santiago del Estero.
- _____. 1989a. Estructura cortical de especies nativas pertenecientes al género *Prosopis*. XXII Jornadas Argentinas de Botánica. Córdoba.
- _____. 1989b. Estructura cortical de especies nativas pertenecientes al género *Acacia*. XXII Jornadas Argentinas de Botánica. Córdoba.
- _____. 1993. Rasgos estructurales característicos del xilema secundario de las principales especies arbóreas de la región chaqueña seca. *Quebracho*. 1: 5-14.
- Gimenez de B., A. y G. Moglia de Lugones. 1987a. Estudio anatómico de leño y corteza de *Tabebuia avellaneda* y *T. ipé*. XXI Jornadas Argentinas de Botánica. Santiago del Estero.
- _____. 1987b. Rasgos estructurales característicos de cortezas de especies de zonas áridas y semiáridas. En Actas de I Jornadas Nacionales de Zonas Áridas y Semiáridas, p. 190-199.
- _____. 1995. Estructura cortical de Anacardiaceae argentinas. *Quebracho* 3: 24- 36.
- Hillis, W.E. 1987. Heartwood and tree exudates. Springer Series in Wood Science. Springer Verlag, Berlín.
- IAWA 1989. IAWA List of microscopic features for hardwood identification. E. A. Wheeler, P. Baas & P. E. Gasson eds. IAWA; Bull. n.s. 10:219-332.
- Kribs, D. 1935. Salient lines of structural specialization in the wood rays of dicotyledons. *Bot. Gaz.* 96: 547-557.
- Metcalfe, C.R. y L. Chalk. 1983. Anatomy of the dicotyledons. Clarendon Press, Oxford. (Adesmia 1: 531).
- Michener, D. 1981. Wood and leaf anatomy of *Keichia* (Scrophulariaceae): ecological considerations. *Aliso* 10: 39-57.
- _____. 1983. Systematic ecological wood anatomy of Californian Scrophulariaceae. *Aliso* 10: 471- 487.
- Richter, H.G. 1981. Wood and bark anatomy of Lauraceae. I. *Aniba Aublet* IAWA Bull.n.s. 6: 187 - 199.
- Roth, I. 1981. Structural patterns of tropical barks. *Handbuch der Pflanzenanatomie*. IX / 3 Gerbruder - Bertreger, Berlín, Stuttgart.
- Thornwaite, C. W. 1948. An approach toward a rational classification of climate. Reprinted from the *Geographical Review* XXXVIII 1: 55-94
- Webber, I.E. 1936. The woods of sclerophyllous and desert shrubs and desert plants of California. *American Journal of Botany* 23: 181-188.
- Zahur, M.S. 1959. Comparative study of secundary phloem of 423 species of woody dicotyledons belonging to 85 families. *Cornell Univ. Agr. Expt. Stn. Me.* 358: 1-160.
- Zimmerman, M . 1983. Xylem structure and the ascent of sap. Springer, Berlin Heidelberg , New York. 339 pp.

