

# Maderas empleadas en construcciones históricas jesuíticas de Córdoba, Argentina

Wood used in the first historical jesuitic building of Cordoba, Argentina

**Ana María Giménez y Juana Graciela Moglia**

Instituto de Silvicultura y Manejo de Bosques (INSIMA), Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Santiago del Estero (UNSE)

**José Gómez**

Facultad de Arquitectura. Universidad Nacional de Córdoba (UNC), Argentina

**Resumen:** El objetivo del trabajo es identificar piezas de madera empleadas en las construcciones jesuíticas pertenecientes a la Capilla Doméstica de la Compañía de Jesús y al Museo Jesuítico, provincia de Córdoba, Argentina. A partir de 1606 comienzan las obras de edificación. Se estudiaron 10 muestras de madera correspondientes a la estructura del techo. Se realizó la caracterización macro y microscópica del leño, siguiéndose la terminología del Comité de Nomenclatura de IAWA. La clave Tortorelli se usó en la determinación anatómica. A pesar de los 368 años de antigüedad, las construcciones jesuíticas siguen brindando enseñanzas sobre el buen construir y la elección adecuada del material leñoso empleado.

**Palabras claves:** identificación, madera, histórica, jesuitas, Córdoba, Argentina

**Abstract:** The objective of this work is to identify pieces of wood used in buildings belonging to the Jesuit Domestic Chapel of the Company of Jesus and the Jesuit Museum, Cordoba, Argentina. Construction began in 1606. Ten samples of wood corresponding to the structure of the roof were studied. A macro and microscopic characterisation was made of the wood, following the terminology of the Nomenclature Committee of IAWA. Tortorelli's key was used in determining its anatomy. Despite being 368 years old, these Jesuit buildings continue to provide lessons of proper construction and appropriate choice of wood used for them.

**Keywords:** identification, wood, historical, Jesuits, Cordoba, Argentina.

## I. Introducción

La madera es un material orgánico, de origen vegetal, presente en la vida del hombre desde sus orígenes, siendo uno de los elementos de construcción más antiguos. La madera es un tejido omnipresente en la naturaleza y ha sido el recurso de mayor empleo como material, desde la prehistoria hasta principios de la era industrial. Si bien la anatomía del leño propor-

cional información esencial sobre el funcionamiento de los sistemas biológicos, es también muy relevante para documentar los estudios culturales (Haneca *et al.*, 2005: 273-298).

La madera y el carbón vegetal constituyen uno de los eslabones esenciales de la cadena de producción de la mayoría de actividades artesanales y de técnicas que han ocupado al hombre. Se estudia bajo diferentes aspectos, debiendo considerarse las relaciones existentes entre sus diferentes facetas y numerosos usos. Por sus características de durabilidad, anisotropía, trabajabilidad heterogeneidad, esta materia prima ha atravesado diferentes estadios de desarrollo en cuanto a sus usos. Técnicas como la antracología, la dendrocronología y la datación por carbono 14, han permitido obtener en las últimas décadas datos fiables en cuanto a las especies utilizadas y a la edad de los fragmentos de madera descubiertos en diferentes sitios, construcciones antiguas y excavaciones arqueológicas. Estos datos han sido revelados fundamentalmente por la interpretación de vestigios (Schweingruber, 1996: 609).

Entre las tradiciones ancestrales, la utilización de la madera como material se ha basado en el conocimiento de sus comportamientos para alcanzar excelentes resultados, y a veces han podido sobrevivir en buenas condiciones durante miles de años a pesar de su fragilidad. La práctica ha permitido a los hombres saber que para el mejor partido de la madera, hay que ser cuidadoso en su corte, en sus condiciones de almacenamiento y secado, y también con los diferentes tratamientos a los que se la puede someter para mejorarla (Johnson, 1989: 276).

En las épocas modernas y contemporáneas, la madera sigue siendo la materia prima esencial en los campos de la producción, de la construcción de edificios, del mobiliario y de las decoraciones. Además, las actividades relacionadas con la supervivencia de las antiguas tradiciones en el campo de la ebanistería y de la carpintería siguen siendo muy apreciadas, sin olvidar las posibilidades que ofrecen los nuevos tratamientos y las nuevas tecnologías.

Parte de la historia de los pueblos latinoamericanos puede ser interpretada a través de los usos de la madera. Los estudios de identificación de maderas de objeto y obras patrimoniales han aportado datos muy importantes para estudios arqueológicos, históricos y etnobotánicos (Carreras y Deschamps, 1995: 120; Bauch y Eckstein, 1981: 19-26; Keller, 2008: 65-81). La recuperación del patrimonio histórico colonial ha sido ampliamente tratada, siendo Cuba, Colombia y México los casos más destacados. Sin la tecnología actual, las maderas fueron empleadas con maestría por nuestros antepasados. Cada una de sus propiedades fue ensayada a partir del uso directo de las diferentes maderas en cada una de las regiones del mundo (Cuza Perez *et al.*, 2005: 359-375).

En la época de la colonia (siglos XVI al XVIII), las misiones jesuíticas fueron estructuras sociorreligiosas que propiciaban la reunión de comunidades indígenas en un pueblo, para ser evangelizadas. Se trató de instituciones creadas y administradas casi en su totalidad por jesuitas o franciscanos. Durante más de siglo y medio, en América del Sur los indígenas y los jesuitas coincidieron en un escenario poblado por signos de cristianismo, las heterodoxas liturgias, el trabajo ritualizado y el colectivo. Los jesuitas supieron aprovechar las habilidades artísticas de los indígenas. Los artesanos indígenas pronto aprendieron el uso y las técnicas para el trabajo de la madera incorporando los modelos que habían llegado de Europa a sus propias expresiones locales. Los conjuntos religiosos son producto de la simbiosis creada entre la técnica constructiva nativa y el estilo barroco de procedencia europea (Page, 1999).

La construcción más emblemática de la misión fue la iglesia. En los templos, se destaca un sistema constructivo original basado en la estructura portante de pórticos de madera, que trabajan independientemente de los cerramientos y sostienen la cubierta monolítica a dos vertientes (Rodríguez Trujillo, 2010). La misma estaba constituida con un techo de madera, soste-

nida por columnas de madera dura labrada, y horcones en las naves laterales formando un sistema estructural de madera casi independiente de los muros. En las construcciones se empleó siempre la madera local. Estas construcciones son un referente muy interesante de la edificación durante el período virreinal.

En 1599 los jesuitas se radican en Córdoba, en el solar cedido por el Cabildo de la ciudad, donde existía desde hacía una década una pequeña ermita. A partir de 1606 comienzan las obras de edificación que darían forma a la actual Manzana Jesuítica. Ésta comprende un bloque integrado por la iglesia, la capilla doméstica, la residencia de la orden y el rectorado de la Universidad Nacional de Córdoba –antiguo Colegio Máximo de la Compañía de Jesús (1610)–, con sus dependencias administrativas, claustro, salón de grados, biblioteca mayor y Colegio Nacional de Monserrat (Venturini, 2003: 1).

La iglesia y la capilla doméstica se levantaron entre 1644 y 1671. La ermita, una de las construcciones eclesiásticas más antiguas que se conserva en el país, constituye la sacristía de la capilla doméstica. Es el templo más antiguo de la Argentina, el primer patrimonio arquitectónico jesuita registrado en el país. Los detalles de su fachada emerge como una fortaleza pétreo. La carencia en la región de maderos con dimensiones suficientes impuso una original manera constructiva para su bóveda: la nave posee forma de casco o quilla de barco invertido (Page, 1999).

Gómez y Ruata (2002) analizan desde un modelo conceptual el comportamiento estructural de la Iglesia de la Compañía de Jesús en Córdoba. Las cubiertas de maderas empleadas en el siglo XVII se basaban en las posibilidades tecnológicas, conformadas por elementos lineales: vigas y puntales. El sistema copia los que usa la naturaleza. La viga como si fuese una rama principal que a su vez recibiera las cargas de una mayor cantidad de ramas más pequeñas que soportan representadas por las hojas.

La restauración de obras patrimoniales contempla inmuebles con estructuras y elementos de maderas como techos, entresijos, carpintería, balustradas, etc. En la mayoría de los casos la madera se encuentra deteriorada por el paso del tiempo, la falta de mantenimiento y la exposición a agentes climáticos y biológicos. Por ello con frecuencia es indispensable la sustitución de algún elemento o la preservación con tratamientos químicos, para la conservación del material (Alonso *et al.*, 2001: 57-79). Previamente se requiere la determinación de la madera, ya sea para seleccionar especies con propiedades similares, como para conocer la durabilidad natural de éstas (Cuza Pérez *et al.*, 2005: 359-375). Villegas Jaramillo (2006: 30-47) analiza la protección del patrimonio cultural de las Misiones Jesuíticas de los Guaraní, con la idea de valorizar los remanentes misioneros por medio del rescate de su documentación histórica, sus estructuras arquitectónicas y arqueológicas, recuperando la distribución espacial de los antiguos poblados.

Actualmente, en el campo de la conservación de material arqueológico a nivel mundial existe una seria preocupación en relación a los diferentes métodos implementados para el tratamiento de objetos de naturaleza orgánica, ya que en el curso de este siglo se han utilizado una serie larga de ellos que han tenido una variada gama de resultados. Hoy, mucha de esa información se ha sistematizado y se conocen cuantiosos fenómenos que se producen en la madera que ha permanecido sepultada en el contexto arqueológico y que por determinadas circunstancias ha llegado al mundo moderno a través de las excavaciones arqueológicas. Las observaciones y los análisis practicados a los múltiples objetos han marcado una línea de estudio que ha enfatizado en la determinación de los procesos de deterioro para desembocar en un tratamiento mucho más preciso que atenúe esas condiciones de alteración y transformación acentuadas (Alonso *et al.*, 2001). La principal dificultad en el trabajo con maderas pertenecientes a construcciones históricas es que el material es reducido, irregular y muy difícilmente se

acerca a las normas para la preparación de material microscópico. Por ende, la identificación de maderas de objetos de significancia histórica debe ser lo suficientemente grande como para poder realizar los cortes a los distintos planos y lo suficientemente pequeña como para no dañar el objeto de trabajo. No obstante los numerosos antecedentes existentes sobre las construcciones jesuíticas y el empleo de las maderas en ellas, en muy pocas se hace hincapié en cuáles son las especies empleadas en cada tipo de usos. En el caso de Argentina, las maderas del Gran Chaco participan significativamente en restos arqueológicos y construcciones históricas, así como en usos prehispánicos (González y Frere, 2009: 249-265).

El objetivo del presente trabajo es identificar algunas piezas de madera empleada en la construcción de dos obras jesuíticas pertenecientes a la Sacristía de la Capilla Doméstica de la Compañía de Jesús, hoy Patrimonio Cultural de la Humanidad, y del Museo Jesuítico de Jesús María, Córdoba.

## II. Material y método

Desde 2005, el LAM (Laboratorio de Anatomía de Maderas) del INSIMA, Facultad de Ciencias Forestales, UNSE, trabaja en conjunto con la Facultad de Arquitectura UNC. La determinación de las maderas es el primer paso del trabajo que se realiza para la conservación del acervo cultural.

Se trabajó con 10 muestras de madera pertenecientes a construcciones de los padres jesuitas de la provincia de Córdoba, Argentina. Todas provienen de elementos estructurales.

A continuación se enumeran éstas:

- a) De la estructura del techo de la capilla doméstica (figs. 1, 2, 3 y 4).
  - Muestras: 1) arco; 2) viga recta; 3) tablones; 4) cordón superior; 5) liernes; 6) cordón inferior (cabriada); 7) nudillo (cabriada).
- b) Estructura de las galerías del Museo Jesuítico de Jesús María, Córdoba (figs. 5 y 6).
  - Muestras: 8) techo de la galería de planta baja; 9) cabios del techo de galería planta alta; 10) vigas reticuladas del techo de habitaciones planta alta.

El trabajo de determinación de maderas puestas en obra en edificios históricos requiere de una extracción cuidadosa de la muestra. En ocasiones las mismas no son totalmente adecuadas para la preparación de las probetas para la observación microscópica. Las muestras de madera son pequeñas y en diferente estado de conservación (figs. 7 a 10). Cada material fue analizado macro y microscópicamente para su identificación. Para la caracterización macroscópica se empleó lupa estereoscópica  $\times 100$ , 160 aumentos; para la microscópica, microscopio óptico Zeiss con videocámara. Fueron cortadas con micrótopo de carro móvil Leitz con un espesor de 12-20  $\mu$ , en plano transversal y longitudinal tangencial y radial. En algunos casos las muestras fueron teñidas con coloración crisoidina-acridina roja (Freund, 1970). Posteriormente fueron deshidratadas en serie alcohólica ascendente, colocadas en xilol y montadas con Entellán. En otras situaciones se realizaron preparados temporarios. En las descripciones se siguió la terminología del Comité de Nomenclatura de IAWA (Baas *et al.*, 1989). Para la determinación anatómica se usó la clave de Tortorelli (2009). El proceso implica: identificación de la especie de la madera, la determinación de albura, duramen, anillos de crecimiento, defectos naturales presentes en la pieza, y se indicará la influencia de estos elementos en la conservación y/o deterioro de la pieza. Los resultados de los análisis se interpretaron especificando los daños más significativos anatómicamente.





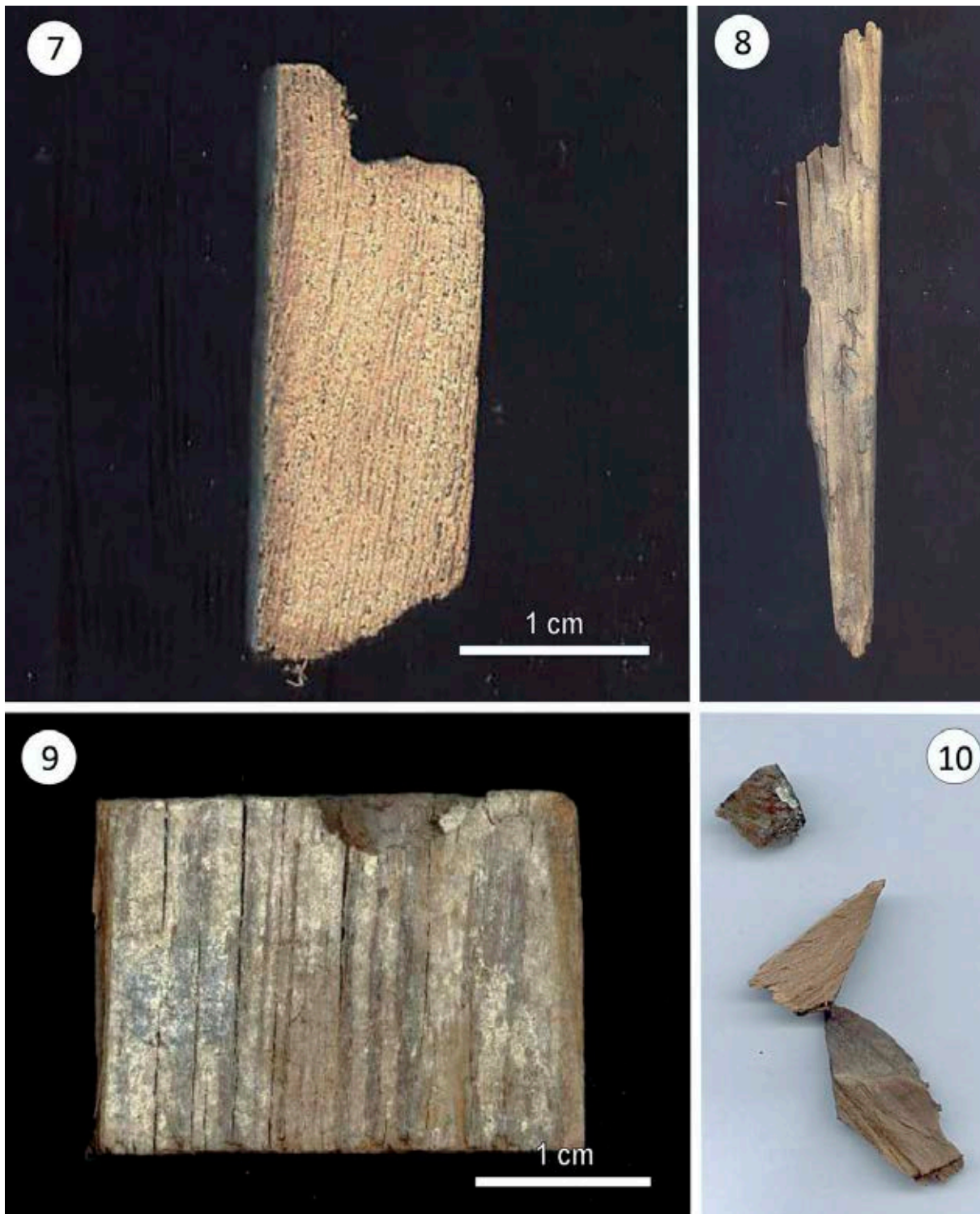
**Figura 1.** Capilla doméstica de la residencia jesuítica (1668). Vista exterior.

**Figura 2.** Vista interior.

**Figura 3.** Apertura de la cubierta del techo.

**Figura 4.** Detalle del encuentro entre el arco y faldón de cubierta.

**Figuras 5 y 6.** Galerías del Museo Jesuítico de Jesús María, Córdoba (fotografías C. Gómez).



Figuras 7 a 10. Muestras de estudio.

### III. Resultados

A continuación se indica la identidad de las muestras analizadas. Las muestras, M1-arco; M2-viga recta; M3-tablones; M5-liernes, y M10-vigas reticuladas, corresponden a la misma especie.



**Especie 1**

*Prosopis alba* (Mimosaceae), madera de algarrobo

Madera en buen estado por la gran cantidad de sustancias gomosas en los vasos del duramen. Las muestras corresponden a madera de duramen, con anillos de crecimiento demarcados.

Las características anatómicas relevantes son: la porosidad semicircular a difusa (Roth y Giménez, 1997). Los poros son solitarios (44 %), múltiples de 2-3 (33 %) y racemiformes geminados. Los vasos son medianos, con diámetro tangencial medio de (80-154-240  $\mu$ ).

Los poros son poco numerosos, con una frecuencia/mm<sup>2</sup> de (5-9-14). Los miembros de vasos son cortos (220  $\mu$ ). Las placas de perforación de los miembros de vasos son simples, las puntuaciones intervasculares alternas y de forma elíptica a redondeada. El parénquima axial es paratraqueal vasicéntrico confluyente en bandas tangenciales. Los radios son homogéneos, multiseriados (5-7-8), con células de contacto, escasos uniseriados. Radios bajos, de alto promedio: 550  $\mu$ . Se observa la presencia de cristales rómbicos de oxalato de calcio en capas de células septadas. Los vasos del duramen están ocluidos por gomas (figs. 11 a 18).

**Especie 2**

Muestra 4. La muestra M4 corresponde a la Sp. *Juglans australis* (Juglandáceas), nogal criollo

Empleada en el cordón superior exhibiblioteca. Residencia Jesuítica.

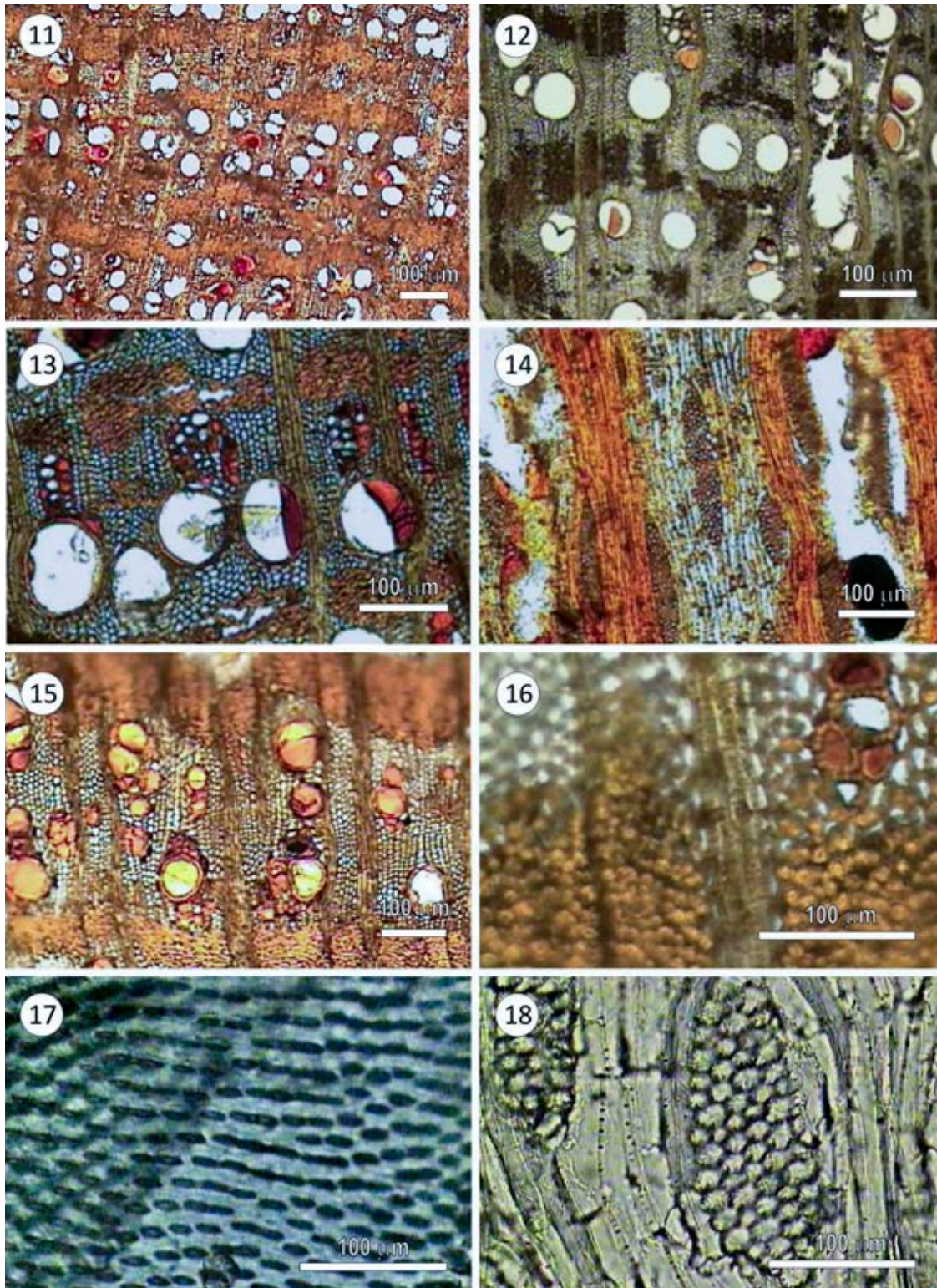
Madera de color castaño violáceo, veteadado suave, textura media y heterogénea. Leño de porosidad semicircular a difusa. Vasos en disposición radial, presencia de poros solitarios, múltiples cortos de 2-3 y múltiples largos de 4-5. El contorno de los vasos solitarios es redondeado; la placa de perforación: simple, con puntuaciones intervasculares alternas, de forma circular a poligonal (11,25  $\mu$ , grandes). Los vasos son medianos (160  $\mu$ ), poco numerosos (7.17), ocluidos por tilosis. Las fibras libriformes y fibrotraquiedas presentan puntuaciones semiareoladas pequeñas, fibras de pared medias. El parénquima axial es paratraqueal escaso y apotraqueal difuso o reticulado en banda de una célula. Las células del parénquima radial poseen contenidos pardos muy notorios (figs. 19 a 24).

**Especie 3**

Muestra 6. *Tabebuia avellanedae* (Lapacho), Bignoniaceae, madera de lapacho

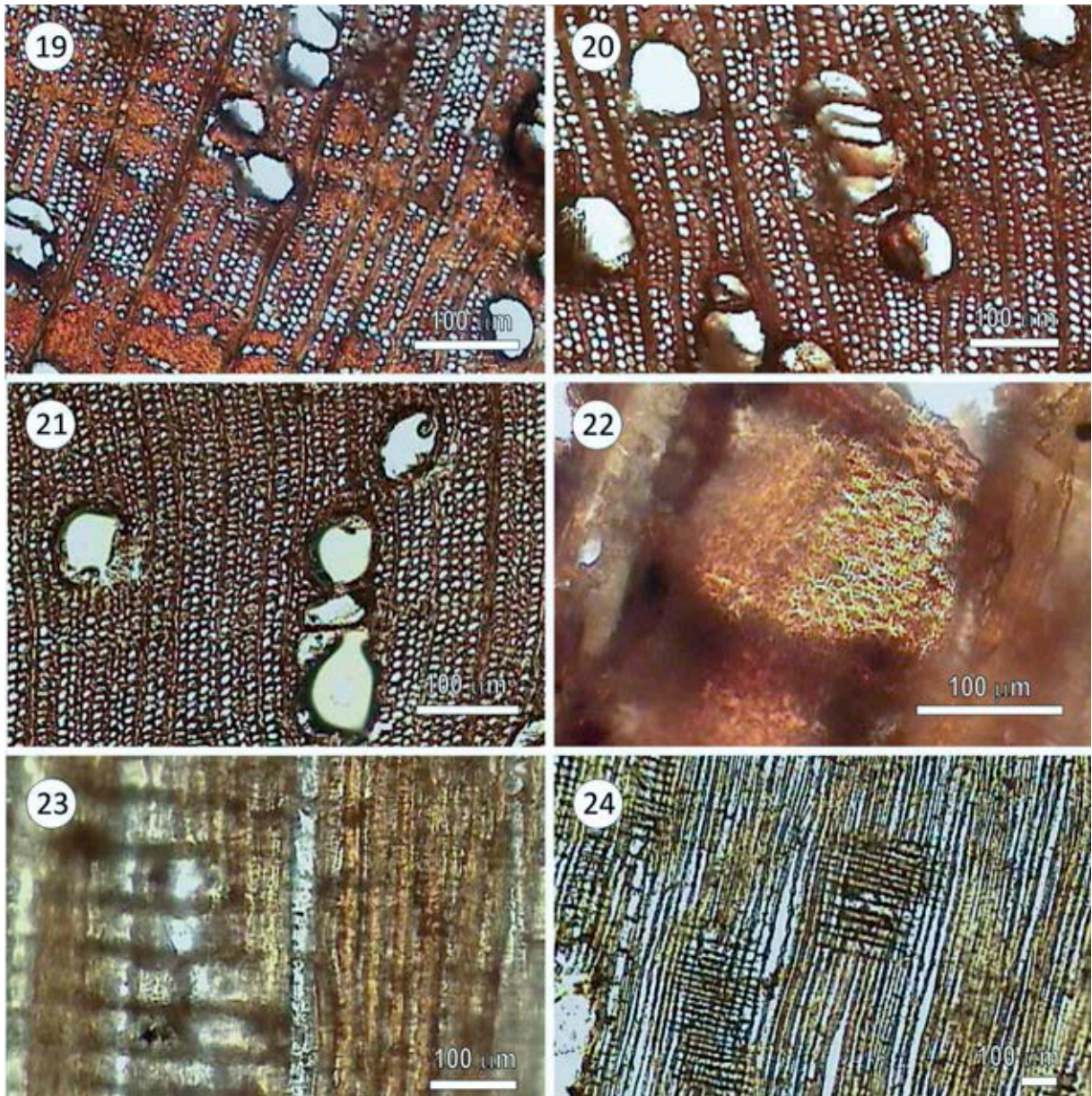
Empleada en cordón inferior-cabriada exhibiblioteca.

Madera parda verdosa, muy dura y pesada, de textura fina y heterogénea y grano entrelazado. Leño con porosidad difusa, poros solitarios (60 %), múltiples cortos, escasos múltiples largos. Miembro de vasos cortos, con placa de perforación simple, con puntuaciones intervasculares hexagonales muy notorias. Parénquima paratraqueal vasicéntrico unilateral, y confluyente, escaso. Fibras de paredes muy gruesas. Leño estratificado, con radios homogéneos, numerosos, en estratificación completa, (3-4-2-1) seriado, cortos. Las fibras son de paredes muy gruesas (figs. 25 a 30).



- Figura 11.** M1. Sección transversal del leño, anillos demarcados.  
**Figura 12.** Vasos ocluidos con gomas.  
**Figura 13.** M3. Inicio del anillo, leño temprano.  
**Figura 14.** Sección tangencial, radios multiseriados.  
**Figura 15.** M5. Sección transversal del leño, anillos demarcados y vasos ocluidos.  
**Figura 16.** M5. Fibras de paredes gruesas.  
**Figura 17.** M7. Puntuaciones intervasculares alternas.  
**Figura 18.** Sección tangencial, radios multiseriados.





**Figuras 19, 20 y 21.** Sección transversal, poros solitarios, múltiples cortos de 2-3 y múltiples largos de 4-5.

**Figura 22.** Puntuaciones intervasculares alternas, de forma circular a poligonal.

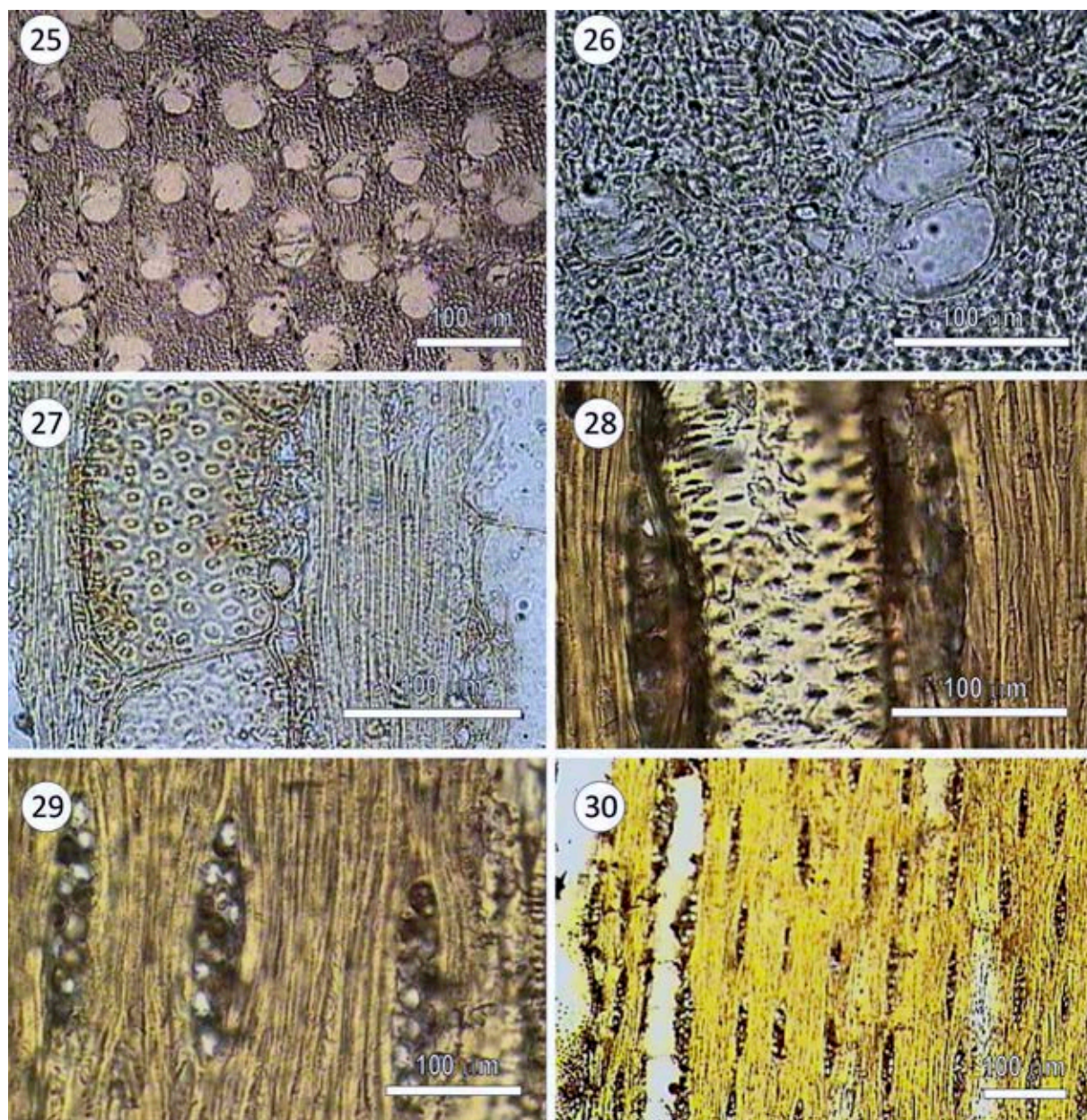
**Figuras 23 y 24.** Radios homogéneos.

*Muestra 8. Aspidosperma quebracho-blanco (Apocinaceae)*

Madera de quebracho blanco. Estructura de las galerías del Museo Jesuítico de Jesús María, Córdoba. Forjado de entrevigado son viguetas de madera de un entrepiso aproximadamente cada 60 cm, donde pisan las bóvedas de ladrillo.

Madera blanca amarillenta a ocre, dura y pesada. Leño con porosidad difusa no uniforme, poros pequeños, poco numerosos. Poros exclusivamente solitarios, elípticos de mayor sección en sentido radial, 95-115  $\mu$  de diámetro tangencial (pequeños). Miembro de vasos con puntuaciones alternas. Parénquima apotraqueal difuso con tendencia a reticulado. Fibras de paredes muy gruesas, también fibrotraqueidas. Leño no estratificado, con radios 3-6 seriados, cortos (350  $\mu$ ), numerosos. La muestra tiene aspecto de haber sufrido efecto de fuego (figs. 31 a 34).





**Figura 25.** Sección transversal del leño, poros vacíos.

**Figura 26.** Fibras de paredes muy gruesas.

**Figuras 27 y 28.** Puntuaciones intervasculares alternas, de bordes hexagonales.

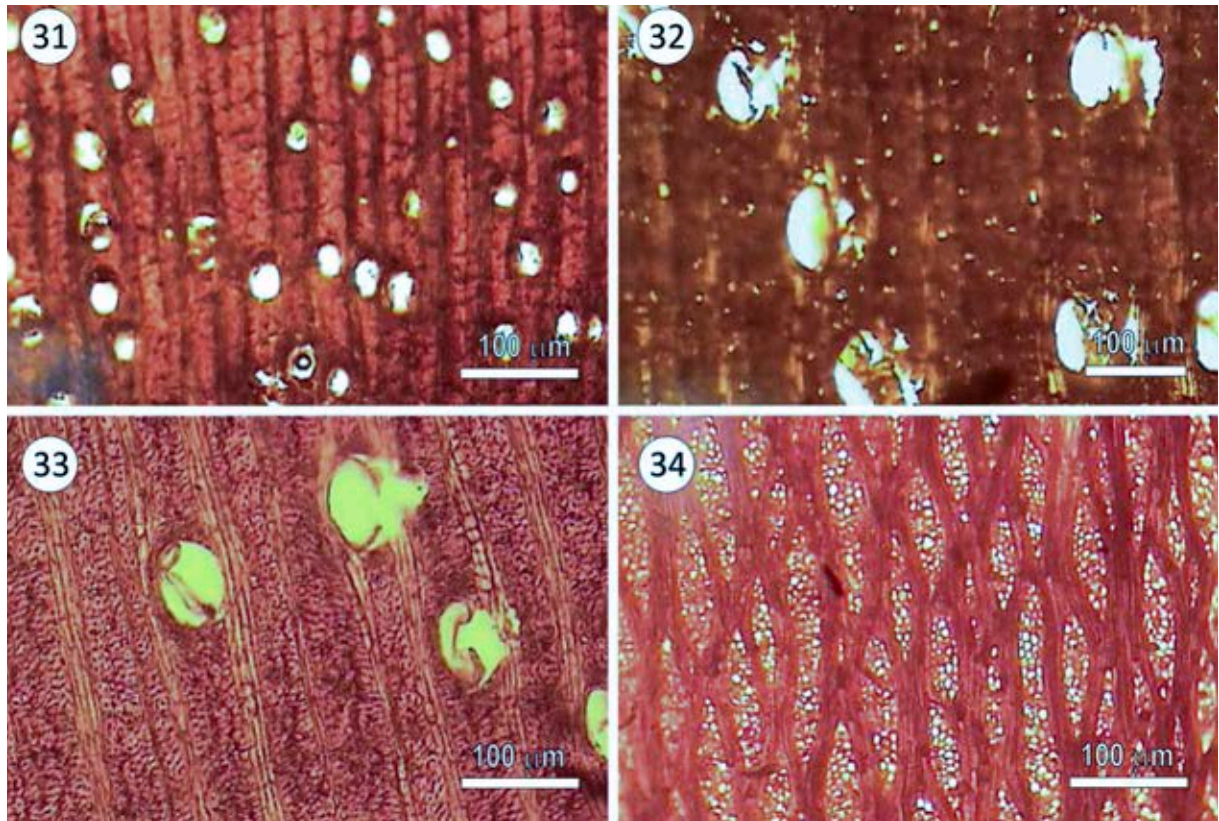
**Figuras 29 y 30.** Sección tangencial, radios estratificados bi y triseriados.

Se analiza la diversificación de maderas y su uso selectivo en función del valor resistente de cada especie. De las diez muestras, 6 corresponden a la sp. *Prosopis alba*; 1 a *Juglans australis*; 1 a *Tabebuia avellanadae* y 1 a *Aspidosperma quebracho-blanco*.

Las muestras 9 y 10 de *Prosopis alba* presentan signos de agentes patógenos (figs. 35 a 40). La M9 presenta galerías de insectos de diámetros 0,5-1 cm, huevos de insectos y además ataque de hongos, con descomposición de la madera.

En la M10 se detectó ataque biológico, presentando estado de deterioro, se observan esporas e hifas de hongos xilófagos.





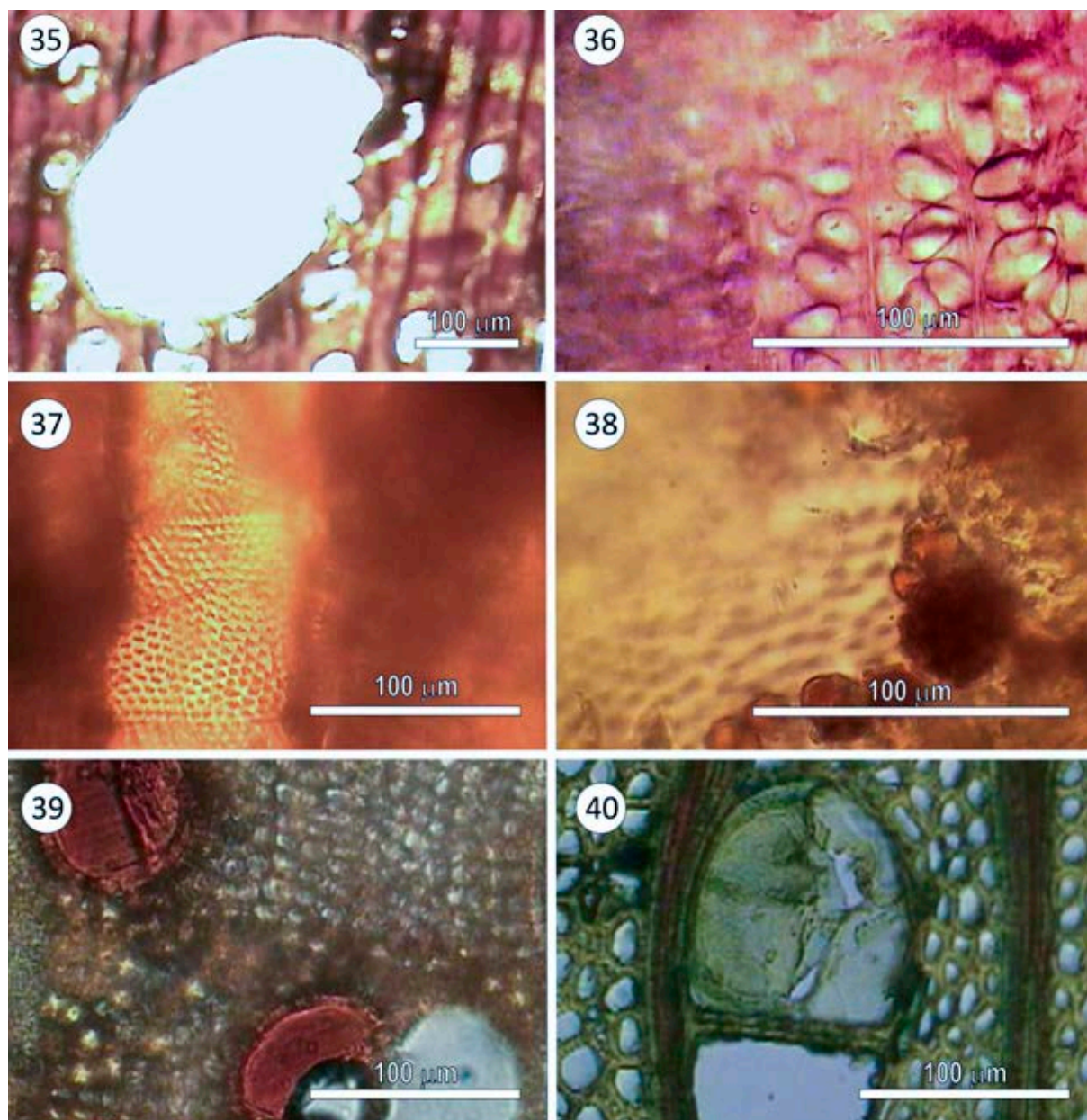
**Figura 31.** Sección transversal del leño, leño con porosidad difusa no uniforme.  
**Figuras 32 y 33.** Poros exclusivamente solitarios, vacíos.  
**Figura 34.** Sección tangencial, radios 3-6 seriado, corto.

Todas las muestras estudiadas corresponden a leño de duramen. En tabla 1 se resumen las principales propiedades tecnológicas de la madera.

**Tabla 1**  
**Características de las maderas determinadas**

Sp	Pe g/cm <sup>3</sup>	Usos actuales
<i>Prosopis alba</i>	0,81	Madera nativa del Chaco argentino. La madera dura y estable del algarrobo tiene múltiples utilidades, como la fabricación de parquet, mueblería, carpintería de obra. Resistente a la intemperie y se usa para postes, combustible, carpintería rural, estructuras, etc.
<i>Aspidosperma quebracho-blanco</i>	0,82	Madera del Chaco y del monte. Es pesada, dura, responde bien al curvado. Mal secada, tiende a colapsar, produciendo deformaciones y roturas, por lo que ese proceso debe ser lento; la madera debe tratarse con fungicidas. Es fácil de trabajar; tiene muchos usos en carpintería (ruedas, carros, pisos, zapatos, herramientas de mano, muebles); buena para piezas de ajedrez, etc. Preservada con creosota puede usarse en exteriores. En algunas partes es muy usada como carbón, no produce chispas o grandes cantidades de ceniza, y quema fuerte y despacio.
<i>Tabebuia avellanedae</i> .	0,92	Madera de las yungas. Dura y pesada, muy durable, apta para construcción, carpintería, marcos, pisos, etc.
<i>Juglans australis</i>	0,64	Madera de las yungas, muy valiosa para la fabricación de muebles, pisos, enchapados, molduras, etc.





**Figura 35.** M9. Galerías de insectos de diámetros.

**Figura 36.** Huevos de insectos.

**Figuras 37 y 38.** M10. Esporas e hifas de hongos xilófagos.

**Figura 39.** *Prosopis alba*, oclusión de los vasos con gomas.

**Figura 40.** Oclusión de vasos por tílido en *Juglans australis*.

#### IV. Discusión

La anatomía de madera da una primera evidencia de cuán lejos se transportaba la madera para la construcción (Eckstein y Wrobel, 2006). En referencia a los recursos maderables utilizados en la región para las construcciones jesuíticas cordobesas, todas las maderas identificadas son nativas, el 80 % del Chaco argentino y el resto de las yungas, lo que demuestra que se transportaban maderas de otras regiones forestales. Posiblemente el uso del nogal criollo y lapacho rosado se debe a la disponibilidad de rollos de mayor longitud y que justifica el transporte (Tortorelli, 2009).

La madera de algarrobo (*Prosopis alba*) es la de mayor presencia. Su distribución es típica del Chaco argentino; se puede decir que los pobladores del área la reconocen como una madera aprovechable para distintos usos, especialmente construcción, muebles y carpintería de obra. La distribución del algarrobo es en la región homogénea y relativamente abundante, aunque en la actualidad han sufrido una reducción importante por la deforestación y la degradación de los bosques (Giménez y Moglia, 2003). El quebracho-blanco posee madera dura y pesada (usada en el techo de la galería), de gran durabilidad (Tortorelli, 2009).

El lapacho rosado se caracteriza por su peso, aroma y color pardo verdoso. Fue empleada en el cordón inferior de la cabriada, y responde a esfuerzos de tracción (módulo de rotura compresión axial: 920 kg/cm<sup>2</sup>). El nogal usado en el cordón superior de la cabriada está sometido a esfuerzos de compresión (módulo de rotura compresión axial: 364 kg/cm<sup>2</sup>, Tortorelli, 2009).

Si bien en la época en que se emplearon las maderas no había instrumental ni métodos para el estudio de las propiedades físico-mecánicas, se seleccionaron las especies de mejor aptitud para el uso conferido. Esta situación evidencia la suma de conocimientos de dos culturas: la sabiduría de los habitantes originales que emplearon sus materiales ancestrales (madera) y el diseño y arte de las construcciones coloniales de los españoles (Page, 1999).

Las maderas están en obra desde la última década del siglo XVII, por lo que la durabilidad requiere un párrafo aparte que hay que destacar.

La durabilidad natural es una propiedad física de la madera que hace referencia a la resistencia natural a los ataques por agentes destructores de origen biótico (Coronel, 1994). Comprende aquellas características de resistencia que posee la madera sin tratamiento frente al ataque de hongos, insectos, perforadores marinos y otras influencias. Normalmente se mide como el tiempo en años que una madera es capaz de mantener sus propiedades mecánicas estando puesta en servicio empotrada en contacto con el suelo o el agua. La mayoría de las maderas tiene una durabilidad diferente frente a los diversos organismos que la pueden degradar. Hay una gran cantidad de especies muy durables a la acción de hongos, mientras que son menos las especies que lo son frente al ataque de termitas. Dentro de los hongos, hay maderas más durables a un tipo que a otro (basidiomicetes o deuteromicetes). Dentro de estos aspectos, la durabilidad de la madera frente al ataque de agentes destructores es relevante para algunos tipos de usos, especialmente aquellos en que la madera permanece expuesta a condiciones de temperatura y humedad favorables para el desarrollo de estos agentes (Juacida y Liese, 1980).

Hay cuestiones anatómicas y químicas que influyen acrecentando la durabilidad de la madera. La oclusión de los vasos del duramen es causa del incremento de la durabilidad.

*Prosopis alba* presenta gran cantidad de gomas solubles en agua, que ocluyen los vasos (Giménez *et al.*, 1998), mientras que *Juglans australis* presenta oclusión por tilosis (Tortorelli, 2009). La existencia de sustancias, especialmente los extraíbles secundarios, explican en alguna medida la menor o mayor durabilidad natural de la madera (Poblete *et al.*, 1991). El biodeterioro de la madera causada por agentes destructores se ve influido por la presencia de componentes accesorios (Juacida y Liese, 1980). Dentro de los componentes extraíbles, aquellos que se disuelven en agua como consecuencia de procesos preparatorios de la madera pueden generar diferencias en la durabilidad natural de la madera de albura y de duramen (Poblete *et al.*, 1991). Estos solubles en agua caliente corresponden a sales orgánicas, azúcares, gomas, pectinas, porciones de taninos y algunos polisacáridos hidrolizados (Rodríguez, 1978).

Es destacable la presencia de 10/12 % taninos en la madera de *Prosopis alba* (Tortorelli, 2009); % extractivos ol-tol-ol, 19 % extractivos (Besold *et al.*, 1988).

La variable más evidente que determina la duración total es la especie de madera. Una característica muy importante que influye en la durabilidad es la presencia de albura. Las maderas del presente estudio están, después de 365 años en buen estado salvo las muestras 2,9 y 10 (*Prosopis*). El resto no manifiestan signos de deterioro, lo cual indica la excelente durabilidad de las maderas nativas en cuestión.

Según la clasificación de durabilidad (INTI) el algarrobo y el lapacho son de clase 2: (durable: vida útil entre 10 y 30 años) y el nogal y el quebracho blanco, de clase 3: (poco durable).

Las muestras 9 y 10 presentan ataques de insectos y hongos. Los insectos que se alimentan de la madera, tras haber dañado el interior de la estructura, dejan orificios de salida. Muchos de estos insectos atacan una vez que los hongos provocan un primer debilitamiento de la madera manchándola (Cronyn, 2002: 249). Fiorentino y Diodato (1991: 181-190) citan a la familia Cerambycidae como de relevancia tanto en árboles vivos como en madera rolliza en *Prosopis alba*, *P. nigra* y *Aspidosperma quebracho-blanco*, entre otras.

La muestra de quebracho blanco de la estructura de las galerías del Museo Jesuítico de Jesús María, Córdoba, presenta daños de fuego en obra. Hay rastros de carbonización en la madera por efecto de un incendio. Las marcas son sólo superficiales, por lo que se puede inferir que el fuego fue sofocado tempranamente.

Rodríguez Trujillo (2010) indica que las estructuras de pórticos de madera utilizadas como elemento principal en las iglesias fue una técnica constructiva conocida por los indígenas prehispánicos para edificar sus grandes viviendas comunales. Los misioneros utilizaron la técnica por la familiaridad que tenían los nativos con la madera y la fueron perfeccionando. Introdujeron al sistema constructivo nativo técnicas de ensamblajes europeos en los entramados pesados, uso de tejas de cerámica y el uso de adobe para los muros perimetrales donde quedaban embebidos los pilares de madera. Sin embargo, los pilares de madera en las misiones americanas continuaron clavados en el suelo, técnica que había sido superada en las construcciones de madera de Europa desde el siglo XI.

Villegas Jaramillo (2006) destaca los aspectos fundamentales de las construcciones jesuíticas. El territorio de las misiones tenía un importante recurso forestal que proporcionaba gran variedad de maderas, adaptando la tecnología empleada con las especies encontradas en la región. Es uno de los pocos trabajos que al tratar la madera indica las especies utilizadas y algunas metodologías para la fabricación de las piezas. Destacan desde los imponentes palos de urunday, hasta la hermosa madera de lapacho para pilares y horcones; el noble cedro misionero y laurel, usado en tijeras y tablas, muchos trabajos de muebles, retablos, rosarios, etc.

Keller (2008) refiere en las construcciones guaraníes de misiones el uso de troncos de árboles con fuste recto y madera resistente al paso del tiempo, citando las siguientes especies: *Erythroxylum deciduum* (Erythroxylaceae), *Eugenia uniflora* (Myrtaceae) y *Cordia trichotoma* (Boraginaceae). En la construcción de templos se emplearon las columnas y vigas de *Cedrela fissilis* (Meliaceae). *Apuleia leiocarpa*, *Myrocarpus frondosus*, *Parapiptadenia rigida* y *Peltoporum dubium* entre otras son citadas para horcones de viviendas.

Esto concuerda con el presente trabajo en el uso de la madera local sabiamente empleada según sus características tecnológicas.



Gómez y Ruata (2002) analizaron el comportamiento de la estructura de la Iglesia de la Compañía de Jesús de la Ciudad de Córdoba (siglo xvii), a partir de ensayos físicos y mecánicos de pequeñas muestras extraídas a fin de poder conocer la capacidad resistente del material. También se pudo analizar macro y microscópicamente las muestras para la identificación de las maderas usadas: cedro (*Cedrela sp.*) y peteribí (*Cordia trichotoma*). Del estudio del comportamiento estructural de esta obra de más de 330 años de antigüedad se extraen importantes conclusiones orientadas hacia la conservación y mantenimiento de este importante patrimonio cultural. Se ha utilizado el material en su justa medida, sin ahorros ni despilfarros, dando muestras de un cabal conocimiento del sistema estructural adoptado, así como también de una minuciosa dedicación al diseño y ejecución de los detalles constructivos.

Según los estudios de Page (2008) en el diseño de la iglesia de la Compañía de Jesús, Lemaire no siguió las recomendaciones de Delorme que establecía las medidas de cada parte de la estructura de acuerdo a la luz a cubrir, sino que sobredimensionó la estructura, utilizando excesivo material. Apropiadamente adoptó este criterio al trabajar con cedro (madera blanda) y no con roble o alerce (maderas duras) que proponía el libro. Se arriesgaba con ello a que el cedro es muy sensible a la humedad, tanto en la capilaridad del suelo como en condensaciones en malas ventilaciones. Pero el sistema constructivo le permite una muy buena aireación que mantiene la madera seca.

Alonso *et al.* (2001: 57-79) se refieren a los grandes avances, en las últimas tres décadas, en el conocimiento de las características de la madera deteriorada que proviene de contextos arqueológicos. Muchos investigadores del mundo se han preocupado por revisar los métodos de conservación que se han utilizado a lo largo del tiempo y que no siempre han sido satisfactorios para el material cultural. Cada material arqueológico requiere de tratamientos especiales que se van desarrollando paulatinamente.

Según lo analizado sobre la elección de las maderas para las construcciones jesuíticas de Córdoba, se puede concluir:

- Las técnicas anatómicas son una buena herramienta para la reconstrucción histórica.
- Las maderas del Chaco argentino fueron empleadas en construcciones jesuíticas como madera estructural.
- A pesar de los 368 años de antigüedad de esta obra, sigue brindando enseñanzas sobre el buen construir, y la elección del material leñoso empleado fue el adecuado.

Agradecimiento a la técnica Sra. Mirta Sposetti, LAM, Laboratorio de Anatomía de la Madera, FCF, UNSE, y al Sr. Fabián Zubrinic por su tarea de edición.

## V. Bibliografía

- ALONSO, A.; TZOMPANTZI, M. T., y MENDOZA, D. (2001): «Conservación de maderas arqueológicas húmedas», *66 Conserva*, 5, 57-79.
- ARIAS, G. *Patrimonio arquitectónico de los Jesuitas*. <http://www.monografias.com/trabajos76/patrimonio-arquitectonico-jesuitas/patrimonio-arquitectonico-jesuitas2.shtml> grego333[at]live.com.ar
- BAUCH, J., y ECKSTEIN, D. (1981): «Woodbiological investigations on panels of Rembrandt paintings», *Wood Science and Technology*, 15, 251-263.

- BESOLD, G.; CARRANZA, M., y GIANUZZI, G. (1988): «Análisis químico de la madera y biomasa de las especies del NOA argentino y su posible aprovechamiento», *Actas del VI Congreso Forestal*. pp. 89.
- BOBADILLA, E. (2005): «Durabilidad natural de la madera de 5 especies aptas para la industria de la construcción. Maderas», *Ciencia tecnología*, Concepción, v. 7, n. 2.
- CARRERAS, R. (1998): «Estudio de la madera para la conservación y restauración del patrimonio arquitectónico y edificación», *Libro de Actas CICOP*, España. 555-556.
- Carreras, R., y DESCHAMPS, R. (1995): «Anatomía de maderas de 157 especies forestales que crecen en Cuba y sus aspectos tecnológicos, históricos y culturales», *Teruven*, vol. 1-2. 120 pp. Citado en *Anales del Museo de América*, 13 (2005), p. 369.
- CORONEL, O. (1994): *Fundamentos de las propiedades físicas y mecánicas de las maderas*. 1.ª parte. Facultad de Ciencias Forestales.
- CRONYN, J. M. (2002): *The elements of Archaeological Conservation*, 249, London: Routledge.
- CUZA PÉREZ, A.; CARRERAS RIVERY, R., y SARALEGUI BOZA, H. (2005): «Maderas que fueron usadas en la construcción de edificaciones coloniales del centro histórico de La Habana Vieja, Cuba», *Anales del Museo de América*, 13, 359-375.
- ECKSTEIN, D., y WROBEL, S. (2006): «Dendrochronological proof of origin of historic timber – retrospect and perspectives», HANECA, K.; VERHEYDEN, A.; BEEKMANN, H.; GÄRTNER, H.; HELLE, G., y SCHLESER, G. (eds.) (2007), *TRACE - Tree Rings in: Archaeology, Climatology and Ecology, Vol. 5: Proceedings of the DENDROSYMPOSIUM 2006*, April 20th – 22nd 2006, Tervuren, Belgium. Schriften des Forschungszentrums Jülich, Reihe Umwelt Vol. 74, p. 8-20.
- ECKSTEIN, D. (2005): «Wood science and art history – interdisciplinary research illustrated from a dendrochronological point of view», VAN DE VELDE, C.; BEECKMAN, H.; VAN ACKER, J., y VERHAEGHE, F. (eds.). *Constructing wooden images. Proc. Symposium on the Organization of Labour and Working Practices of Late Gothic Carved Altarpieces in the Low Countries*, Brussels, 25-26 oct. 2002. Brussels: VUB Press, S. 19-26.
- FIORENTINO, D., y DIODATO DE MEDINA, L. (1991): «Breve panorama de las plagas entomológicas forestales argentinas». *Forest Systems*, vol 0, núm. 1: 181-190.
- GIMÉNEZ, A. M., y MOGLIA, J. G. (2003): *Árboles del Chaco argentino. Guía para el reconocimiento dendrológico*. ISBN: 987 95852-9-1. Ed. Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable del Ministerio de Desarrollo Social junto a la Facultad de Ciencias Forestales, UNSE. 310 p.
- GIMÉNEZ, A. M.; RÍOS, N.; MOGLIA, J. G., y LÓPEZ, C. (1998): «Leño y corteza de *Prosopis alba* Griseb., algarrobo blanco, Mimosaceae, en relación con algunas magnitudes dendrométricas», *Bosque*, 19 (2), 53-62.
- GÓMEZ, J. L., y RUATA, M. E. (2002): «Comportamiento estructural de la iglesia de la Compañía de Jesús, Modelo de diseño conceptual», *XVII Jornadas Argentinas de Ingeniería Estructural*, 15/17 sep., Rosario, Argentina. Organizado por la Asociación de Ingenieros Estructurales de la República Argentina.- <http://es.scribd.com/doc/15472869/Comportamiento-estructural-de-la-iglesia-de-la-Compania-de-Jesus-01>.
- (2002): «Durabilidad de las construcciones de la Iglesia Jesuítica del siglo XVII», *I Jornadas de Investigación «Encuentro y reflexión»*, octubre, Córdoba, Argentina. Organizado por la Secretaría de Investigación de la FAUD, UNC, pp. 56-72.
- GONZÁLEZ, M. I., y FRERE, M. M. (2009): «Tales y paisaje fluvial bonaerense: arqueología del río Salado», *Intersecciones antropol.* [online], vol. 10, núm. 2, 249-265.

- GUTIÉRREZ, R. (2000): «Propuesta urbanísticas de los sistemas misioneros de los Jesuitas», *Un reino en la frontera: Las misiones jesuíticas en la América colonial*. Ed. Sandra Negro Tua, Manuel Marzal, pp. 174-181.
- HANCA, K.; DE BOODT, R.; HERREMANS, V.; DE PAUW, H.; VAN ACKER, J.; VAN DE VELDE, C., y BEECKMAN, C. (2005): «Late gothic altarpiece as source of information on medieval wood use: a dendrochronological and art historical survey», *IAWA Journal*, 26 (3), 2005, 273-298.
- INTI. Clasificación de las maderas de duramen por su durabilidad natural. [http://www.inti.gob.ar/maderas/pdf/durabilidad.pdf /2012](http://www.inti.gob.ar/maderas/pdf/durabilidad.pdf/2012)
- JOHNSON, H. (1989): *La Madera*. Barcelona, Londres: Editorial Blume, 276 p.
- JUACIDA, P., y LIESE, W. (1980): «Durabilidad natural de maderas frente al ataque de hongos», *Bosque (Valdivia)*, vol. 3, núm. 2, pp. 77-85. ISSN 0717-9200.
- KELLER, H. A. (2008): «Las plantas usadas en la construcción de viviendas y templos guaraníes en Misiones, Argentina», *BONPLANDIA*, 17(1-2), 65-81.
- PAGE, C. A. (1999): *La manzana jesuítica de la ciudad de Córdoba*. Córdoba: Ed. Eudecor.  
— (2008): *Las pinturas de la cubierta de la iglesia de la compañía de Jesús de la ciudad de Córdoba (Argentina)*. CONICET- ICAPI U-FAUD-UNC, *Libro de Actas de XII Jornadas sobre misiones jesuíticas*. Pp: 1-20.  
<http://www.carlospage.com.ar/wp-content/2008/06/pinturas-de-la-iglesia.pdf>
- RODRÍGUEZ TRUJILLO, W. (2010): *Arquitectura de madera en las misiones jesuíticas de chiquitos (Bolivia) del siglo XVIII y sus orígenes prehispánicos y europeos*. Tesis Doctoral. Universitat Politècnica de Catalunya. Departament de Construccions Arquitectòniques. [www.tesisenred.net/handle/10803/6146](http://www.tesisenred.net/handle/10803/6146).
- ROTH, I., y GIMÉNEZ, A. (1997): «Argentine Chaco forests. Dendrology, tree structure, and economic use.1. The semiarid Chaco», *Encyclopedia of Plant Anatomy*, XIV/5. ISBN. 3-443-14025-4; 180 pp. Gerbruder-Borntraeger-Berlin-Stuttgart.
- SCHWEINGRUBER, F. H. (1996): *Tree Rings and Environment Dendroecology*. Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research. 609 p.
- TORTORELLI, L. (2000): *Maderas y bosques argentinos*, 2.<sup>a</sup> ed., tomos I y II. Bs. As.: Orientación Gráfica Editora. Vol. 1, 576 p.
- VENTURINI, E. (2003): «Patrimonio cultural, turismo y desarrollo local: el camino de las estancias jesuíticas de Córdoba», *Aportes y Transferencias*, año 7, vol. 1: 1, pp. 45-61. Mar del Plata: Centro de Investigaciones Turísticas. UNMP. ISSN: 0329-2045.
- VILLEGAS JARAMILLO, M. (2006): «Protección del patrimonio cultural de las Misiones Jesuíticas de los Guaraníes. Intervenciones en los sitios arqueológicos misioneros de São João Batista y São Lourenço Mártir», *Apuntes*, 19 (1), 30-47.