

ANATOMÍA DE LA MADERA Y EL CARBÓN DE *ANADENANTHERA COLUBRINA* VAR. *COLUBRINA* (LEGUMINOSAE, CAESALPINIOIDEAE)

Luciano Protti Cosenza^{1*} , Eliana Moya^{1,2} , M. Jimena Franco^{1,3} ,
Mariana Brea^{1,3,4}  & Darién Prado⁵ 

¹ Facultad de Ciencia y Tecnología, Universidad Autónoma de Entre Ríos (UADER), Sede Diamante, Tratado del Pilar 314, E3105AUD, Diamante, Entre Ríos, Argentina; * lprotticosenza@gmail.com (autor corresponsal).

² Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET).

³ Laboratorio de Paleobotánica, Centro de Investigación Científica y de Transferencia Tecnológica a la Producción, CICYTP (CONICET-Prov. ER-UADER), España 149, E3105BWA, Diamante, Entre Ríos, Argentina.

⁴ Cátedra de Paleobotánica, Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de La Plata (UNLP), Calle 122 y 60 s/n, 1900, La Plata, Argentina.

⁵ IICAR-CONICET (Instituto de Investigaciones en Ciencias Agrarias de Rosario - Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas), Cátedra de Botánica, Facultad de Ciencias Agrarias, UNR, Campo Experimental Villarino, C.C. N° 14, S2125ZAA Zavalla, Santa Fe, Argentina.

Abstract. Protti Cosenza, L.; E. Moya, M. J. Franco, M. Brea & D. Prado. 2022. Anatomy of the wood and charcoal of *Anadenanthera colubrina* var. *colubrina* (Leguminosae, Caesalpinioideae). *Darwiniana*, nueva serie 10(1): 103-115.

The aim of this paper was to carry out an anatomical description of the secondary xylem and charcoal of *Anadenanthera colubrina* var. *colubrina* (Leguminosae: Caesalpinioideae). This taxon mainly inhabits seasonally dry forests and it is a tree that has been part of the economic, medicinal, and spiritual development in South America. The samples were collected in Parque Urquiza, Paraná, Entre Ríos, Argentina. The wood was sectioned using a manual rotary microtome and the charcoals were obtained using a muffle at 400 °C for 40 minutes. A detailed description of the wood and charcoal of *Anadenanthera colubrina* var. *colubrina*, based on light microscopic and scanning electron microscopic observation, is presented. The results indicate the following diagnostic features: growth rings slightly distinct, diffuse-porous wood; mostly solitary vessels, rare in radial multiples of 2-4 elements and in clusters, simple perforation plates, intervessel pits alternate and vested; axial parenchyma paratracheal, vasicentric and confluent, prismatic crystals in chambered axial parenchyma cells, rays 1-4 seriate, homocellular composed exclusively of procumbent cells. These detailed descriptions will facilitate the identification of *Anadenanthera colubrina* in archaeological and paleontological contexts.

Keywords. *Anadenanthera*; carbonized wood; northeastern Argentina; secondary xylem; species identification.

Resumen. Protti Cosenza, L.; E. Moya, M. J. Franco, M. Brea & D. Prado. 2022. Anatomía de la madera y el carbón de *Anadenanthera colubrina* var. *colubrina* (Leguminosae, Caesalpinioideae). *Darwiniana*, nueva serie 10(1): 103-115.

El objetivo de este trabajo fue realizar una descripción anatómica del xilema secundario y del carbón de *Anadenanthera colubrina* var. *colubrina* (Leguminosae: Caesalpinioideae). Este taxón habita principalmente bosques secos estacionales y es un árbol que ha sido parte del desarrollo económico, medicinal y espiritual en América del Sur. Los ejemplares fueron recolectados en el Parque Urquiza de la ciudad de Paraná, Entre Ríos, Argentina. Los cortes del xilema secundario se realizaron utilizando un micrótopo rotatorio manual y los carbones se obtuvieron utilizando una mufla a 400 °C durante 40 minutos. Se realizó una descripción detallada de la madera y el carbón de *Anadenanthera colubrina* var. *colubrina* utilizando microscopio óptico de luz clara y luz polarizada, y microscopio

electrónico de barrido. Los resultados indican las siguientes características diagnósticas: anillos de crecimiento levemente distinguibles, porosidad difusa; vasos mayormente solitarios, múltiples radiales de 2-4 elementos y agrupados, placas de perforación simples, punteaduras intervasculares alternas y ornadas; parénquima axial paratraqueal, vasicéntrico y confluyente, cristales prismáticos en cámaras del parénquima axial, radios seriados de 1-4 células de ancho, homocelulares formados exclusivamente por células procumbentes. Estas descripciones detalladas facilitarán la identificación de *Anadenanthera colubrina* en contextos arqueológicos y paleontológicos.

Palabras clave. *Anadenanthera*; identificación de especies; leño carbonizado; noreste argentino; xilema secundario.

INTRODUCCIÓN

La familia Leguminosae o Fabaceae, con cerca de 770 géneros y más de 19.500 especies, es la tercera familia de Angiospermas con mayor riqueza de especies (Lewis et al., 2005; LPWG, 2013, 2017). El género *Anadenanthera* Speg. (subfamilia Caesalpinioideae, ex Mimosoideae, LPWG, 2017), comprende solo dos especies, *A. colubrina* (Vell.) Brenan y *A. peregrina* (L.) Speg., caracterizadas morfológicamente por sus flores diplostémonas agrupadas en glomérulos, hojas con nectarios sobre el peciolo y el raquis, y los frutos folículos con semillas comprimidas (Alstchul, 1964; Cacharani et al., 2020). Su distribución es Neotropical, extendiéndose desde las Antillas hasta el Norte de Argentina, y se encuentra en bosques estacionales, sabanas, bosques en galería y regiones montañosas hasta los 2100 m s.m. (Martínez et al., 2013). Teniendo en cuenta su distribución actual, *Anadenanthera colubrina* es considerada una especie paradigmática de los Bosques Secos Estacionales Neotropicales (BSEN; Prado, 1995, 2000). Estos bosques son un bioma con una distribución amplia y fragmentada desde México a Argentina, incluyendo el Caribe (DRYFLOR, 2016). En particular, *Anadenanthera colubrina* presenta tres áreas de concentración en Sud América: (1) es común e incluso dominante en la Caatinga del noreste de Brasil, (2) se distribuye por la Selva Paranaense (sistema de ríos Paraná-Paraguay), que incluye el este de Paraguay, sudeste de Brasil y noreste de Argentina, y (3) se encuentra en la Selva Pedemontana, ubicada en el suroeste de Bolivia y noroeste de Argentina, que abarca desde Santa Cruz de la Sierra hasta el sur de Tucumán y las sierras del este de Catamarca (Prado & Gibbs, 1993; Prado, 2000).

Así, esta especie presenta una distribución disyunta en forma de arco en el continente desde la Caatinga del NE de Brasil hasta Santa Catarina en el sur brasilero; abarca el este de Paraguay extendiéndose luego por la Chiquitania boliviana, el Bosque Pedemontano Subandino del suroeste boliviano y los valles secos interandinos de Bolivia y Perú, alcanzando el extremo sur de Ecuador (Prado & Gibbs, 1993; Martínez et al., 2013; Barrandeguy et al., 2016). Esto concuerda en gran parte con la distribución en América del Sur de los BSEN propuesta por Pennington et al. (2000).

Históricamente, el género *Anadenanthera* ha sido parte del desarrollo económico, medicinal y espiritual en América del Sur, teniendo un papel importante en la sociedad y cultura de los pueblos originarios en esta región (Arenas, 1992, 2012). Entre sus usos económicos, se destaca el de la madera aserrada, la producción de pulpa de papel y el curtido y teñido de cuero (Tortorelli, 1956). También, es un excelente combustible, con alto poder calorífico (ver Ortiz et al., 2017). Medicinalmente, el tanino de especies de *Anadenanthera* se ha utilizado para producir una preparación antipalúdica; además, se ha utilizado la goma derivada de estos árboles para el tratamiento de enfermedades respiratorias. Las semillas se emplean en medicina popular como abortivo, y han sido empleadas para la preparación de rapés narcóticos y alucinógenos de uso ritual (Tortorelli, 1956; Altschul, 1964; Arenas, 1992; Ulibarri et al., 2002; Torres & Repke, 2006; Ortiz et al., 2017).

En Argentina, *Anadenanthera colubrina* presenta tres variedades: *A. colubrina* var. *cebil* (Griseb.) Altschul, *A. colubrina* var. *colubrina* y *A. colubrina* var. *glabra* Martínez & Prado (Altschul, 1964; Martínez et al., 2013; Cacharani et al., 2020).

La arquitectura de la venación de los folíolos es un carácter de importancia para la distinción entre las variedades *cebil* y *colubrina*, en el primer caso las vénulas secundarias son simples mientras que en el segundo son ramificadas formando un retículo complejo (Altschul, 1964; Martínez et al., 2013). La variedad *glabra* se caracteriza por la presencia de un tallo sin mamelones y hojas con raquis glabro en ambas superficies o únicamente glabro en la abaxial (Cacharani et al., 2020).

En cuanto a su distribución, las variedades *cebil* y *colubrina* cohabitan en el noroeste y nordeste del país en las áreas correspondientes a las selvas Pedemontanas y Paranaense de los BSEN (Martínez et al., 2013; Cacharani et al., 2020). Mientras tanto, la variedad *glabra* se distribuye únicamente en el nordeste de la Argentina en las provincias de Formosa, Misiones y Corrientes (Cacharani et al., 2020).

El conocimiento sobre la anatomía del leño del género *Anadenanthera* es aún muy escaso. Las primeras descripciones fueron realizadas por Cozzo (1951) y Tortorelli (1956) quienes describieron la anatomía de *Piptadenia macrocarpa* Benth. (actualmente sinonimizada a *Anadenanthera colubrina*). Más recientemente, Armijos Montaña (2019) describió el leño de *Anadenanthera colubrina*. A su vez, Scheel-Ybert & Gonçalves (2017), Marcelo-Peña (2017) y Souza-Pinto & Scheel-Ybert (2021) han aportado a la descripción de la madera de *A. colubrina* var. *cebil*. Descripciones del xilema secundario de las raíces de *Anadenanthera colubrina* var. *cebil* y sus modificaciones anatómicas cuando son parasitadas por *Lophophytum mirabile* subsp. *bolivianum* (Balanophoraceae) fueron estudiadas por González & Sato (2016).

Las descripciones anatómicas del leño realizadas sobre fragmentos de carbones hallados en contextos arqueológicos son aún más escasas, llegando solamente a nivel del género *Anadenanthera* (Marconetto, 2005; Ortiz et al., 2017; Ramos et al., 2019). El presente estudio tiene como objetivo contribuir al conocimiento de la anatomía del xilema secundario de *A. colubrina* var. *colubrina* antes y después del proceso de carbonización, con la finalidad de facilitar su identificación en el registro arqueológico y paleontológico.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los ejemplares de *Anadenanthera colubrina* var. *colubrina* fueron seleccionados del Parque Urquiza de la ciudad de Paraná (31° 44' S; 60° 31' O), Entre Ríos, Argentina (Fig. 1), donde se pueden observar varios individuos de origen incierto creciendo en la barranca. Las muestras de ramas cortadas se limpiaron con cepillo y posteriormente fueron colocadas en estufa a una temperatura de 60 °C durante un tiempo de 72 hs de acuerdo al protocolo sugerido por Vázquez-Correa (2017), con la finalidad de secarlas y eliminar los microorganismos que puedan alterar la preservación del leño.

Para su carbonización, las muestras fueron fragmentadas en cubos de 2 x 2 cm aproximadamente, y luego los cubos fueron envueltos en papel de aluminio. Posteriormente, los fragmentos fueron dispuestos en crisoles de porcelana y colocados en una mufla a 400 °C durante 40 minutos, obteniéndose de esta manera el material carbonizado. Los carbones fueron fragmentados manualmente en busca de los tres planos anatómicos de observación: transversal (CT), longitudinal radial (CLR) y longitudinal tangencial (CLT), y observados bajo Microscopio Invertido Trinocular Olympus Serie 2101334. Las microfotografías fueron obtenidas con el programa computacional *TSView 7*.

Las muestras también fueron preparadas para ser observadas bajo microscopio electrónico de barrido (MEB). Para ello, se cortaron pequeños fragmentos (menores a 2 cm) y se los seleccionó de acuerdo a sus tres planos de corte. Posteriormente, fueron colocados en estufa a 105 °C por 24 hs. Luego, fueron montados en un soporte porta muestras sin recubrimiento de oro-paladio y se colocaron en una campana con silicagel hasta el momento de observación, para preservarlos del polvo y la humedad. El material fue observado bajo vacío en un microscopio Phenom Pro SEM de escritorio en el Laboratorio de Microscopía Electrónica (EMLAB) Dr. Domingo S. Liotta, CICYTTP (CONICET-Prov. ER-UADER), Diamante, Argentina.

Para obtener muestras anatómicas de la madera, se procedió al ablandamiento de cubos de 2 cm³ con agua y detergente utilizando una olla a presión.

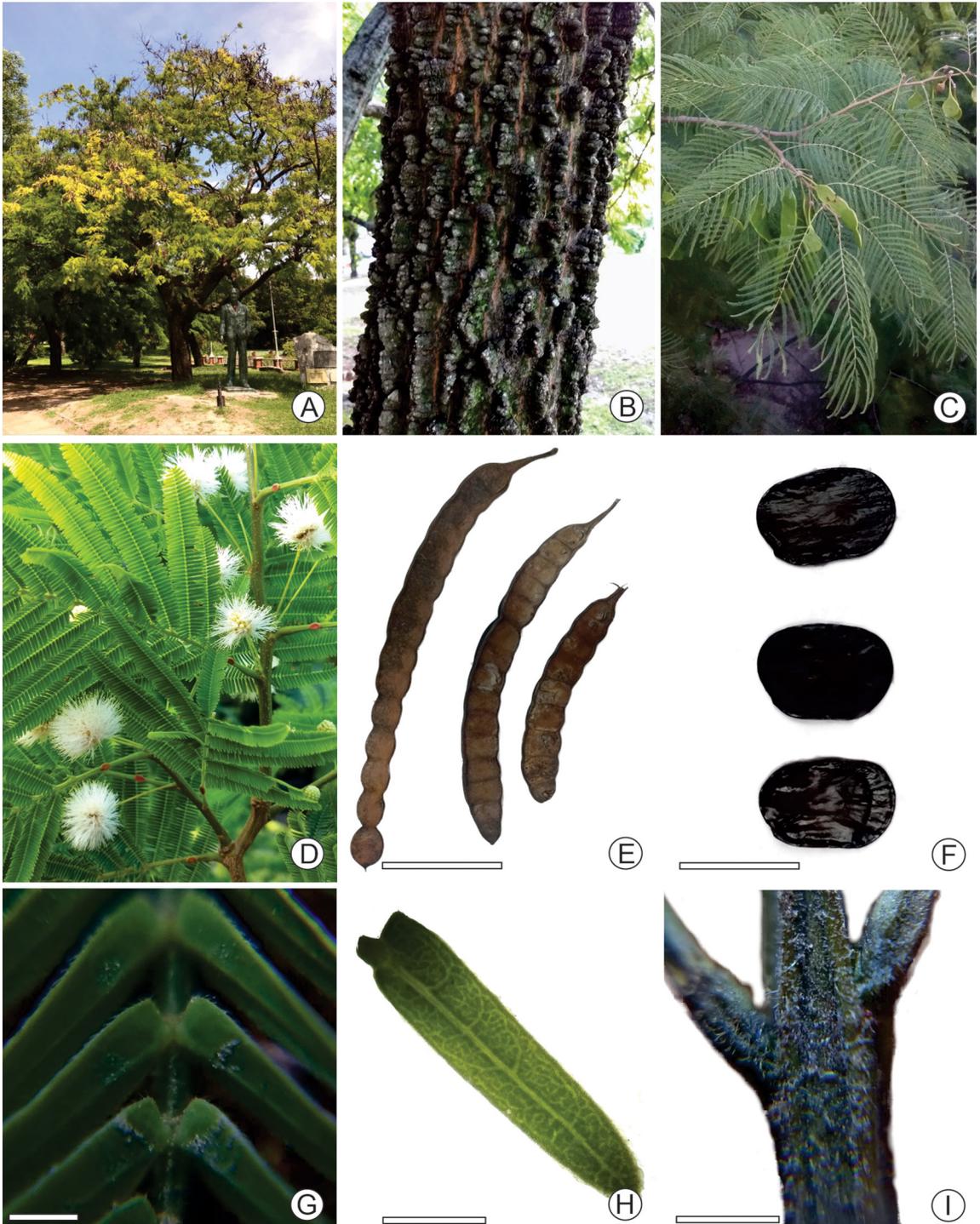


Fig. 1. *Anadenanthera colubrina* var. *colubrina*. **A**, ejemplar del Parque Urquiza, Paraná, Entre Ríos. **B**, tronco con mamelones. **C**, rama con hojas y frutos. **D**, detalle de hojas y flores. **E**, frutos. **F**, semillas. **G**, inserción de los folíolos en la raquilla. **H**, folíolo con venación reticulada cerrada. **I**, detalle del raquis y raquilla pilosos. Escalas: E = 45 mm; F, G = 10 mm; H, I = 1 mm. Figura en color en la versión en línea <http://www.ojs.darwin.edu.ar/index.php/darwiniana/article/view/999/1248>

Una vez blandos y secos se obtuvieron mediante un micrótopo los cortes (secciones de 10 a 20 μm), usados para la descripción anatómica de la madera en sus tres cortes característicos (CT, CLR y CLT). Estos fueron vaciados (los contenidos celulares) con hipoclorito de sodio al 50% y luego lavados con agua destilada. Se deshidrataron mediante una serie de alcohol (30%, 50%, 70%, 80% y 96%). Se tiñeron con safranina y “Fast Green”, se continuaron deshidratando con alcohol al 100% y luego se pasaron a xilol puro. Posteriormente, los cortes se montaron en bálsamo de Canadá y se dejaron secar en estufa. El material fue estudiado utilizando un microscopio Nikon Eclipse E200 y Nikon Eclipse E200POL, y las microfotografías fueron tomadas con cámara digital Nikon Coolpix S4 y Nikon Coolpix DS-3M. Los valores cuantitativos proporcionados en las descripciones anatómicas corresponden a 25 medidas de cada carácter considerado. El promedio se cita en primer lugar, seguido de los valores mínimo y máximo que se indican entre paréntesis. Para medir los elementos a través de microfotografías se utilizó el programa *ImageJ* 2 (Rueden et al., 2017).

La descripción anatómica del carbón y de la madera se realizó siguiendo las recomendaciones del *IAWA List of Microscopic Features for Hardwood Identification* (IAWA Committee, 1989). Los materiales se encuentran depositados en las Colecciones del Laboratorio de Paleobotánica del CICYTTP (CONICET Prov. ER, UADER): Colección de Muestras Vegetales (CIDPALBO-MV 551), Colección de Material Carbonizado (CIDPALBO-CAR 21) y Colección de Preparados Microscópicos (CIDPALBO-MIC 2362).

RESULTADOS

Descripción del xilema secundario:

Anillos de crecimiento poco distinguibles. Porosidad difusa. Vasos sin patrón de disposición definido (Fig. 2A). Vasos mayormente solitarios (78%), múltiples radiales de 2-4 elementos (10%, 4% y 2% respectivamente) y agrupados (3%) (Figs. 2A, B). Placas de perforación

exclusivamente simples, tabiques oblicuos y raramente rectos (Figs. 2C, G y 3A). Punteaduras intervasculares areoladas, alternas y ornadas, ovales a hexagonales con un diámetro medio de 7 (6-9) μm (Figs. 2G, H y 3A-C). Punteaduras radio-vasculares y parénquimo-vasculares similares a las intervasculares (Figs. 2F y 3D). Vasos de forma circular-oval, espesor de paredes de 20 (14-27) μm (Fig. 2B). Diámetro tangencial medio de 158 (54-236) μm y diámetro radial medio de 138 (50-271) μm . Densidad media de vasos de 10 (8-12) por mm^2 . Fibras de contorno redondeado a hexagonal, son abundantes y están dispuestas en general de forma desordenada, principalmente no septadas y algunas septadas; con punteaduras simples (Fig. 2I). Parénquima axial paratraqueal vasicéntrico, confluyente (Figs. 2A, B) y septado. Radios 1-3 (4) seriados, principalmente bi, tri y multiseriados, pocos uniseriados; altura media de 365 (95-877) μm y 14 (4-26) células de alto; ancho medio de 21 (19-28) μm ; radios por mm lineal 6 (4-8) mm (Figs. 2E y 3F); radios homocelulares compuestos exclusivamente de células procumbentes (Figs. 2C, D, F). Cristales prismáticos presentes en cámaras del parénquima cristalífero, uno por cámara formando largas cadenas (más de 16 células) (Figs. 2D y 3E).

Descripción de la madera carbonizada:

Anillos de crecimientos levemente distinguibles (Fig. 4A). Porosidad difusa (Figs. 4A, B) con tendencia a semicircular (en ramas más jóvenes). Vasos sin patrón de disposición aparente. Vasos mayormente solitarios, en series múltiples radiales cortas de 2-4 elementos y agrupados (Figs. 4A, B). Placas de perforación simples (Fig. 4E). Vasos con tabiques oblicuos. Punteaduras intervasculares alternas (Figs. 4D, F, G). Las fibras en sección transversal presentan tendencia a un ordenamiento en hileras radiales (Fig. 4C). Parénquima axial paratraqueal escaso, vasicéntrico y confluyente (Figs. 4A, B). Parénquima septado con cristales romboidales o prismáticos (Fig. 4I). Radios homocelulares formados exclusivamente por células procumbentes (Figs. 4D, E), de 1 a 4 células de ancho (Figs. 4H, J), formados por 7-24 células de alto (Figs. 4E, H, J).

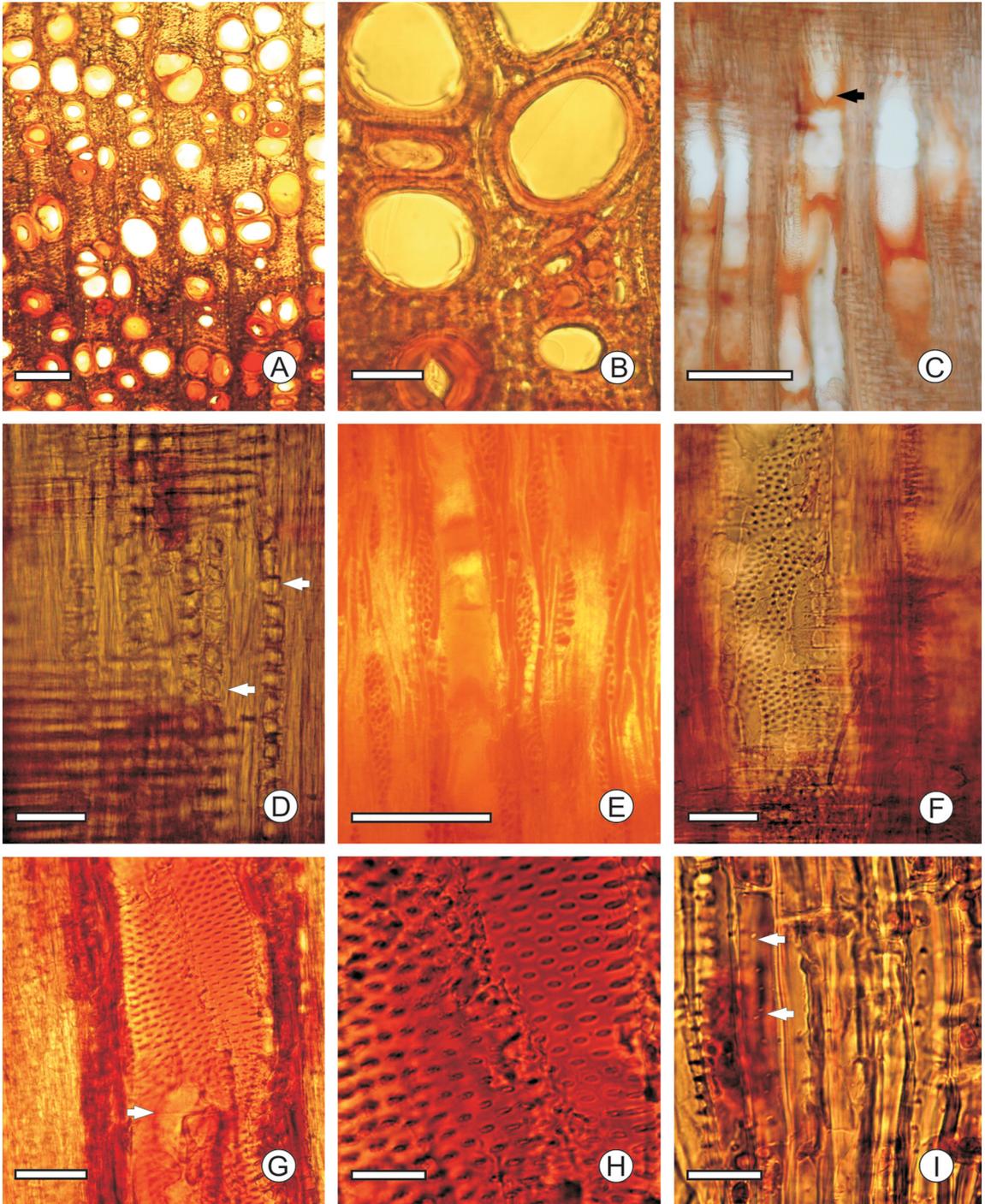


Fig. 2. *Anadenanthera colubrina* var. *colubrina*, características anatómicas de la madera con MO. **A, B**, porosidad y distribución de vasos (CT). **C, D**, radios homocelulares, placa de perforación simple (flecha en C) y cristales en parénquima axial (flechas en D) (CLR). **E**, radios de 1-3(4) seriados (CLT). **F**, punteaduras radiovasculares (CLR). **G**, vaso con tabique oblicuo con tendencia a recto (flecha) (CLT). **H**, punteaduras intervasculares ornadas (CLT). **I**, punteaduras simples en fibras (flechas) (CLT). Escala: A = 400 μ m; B, D, F, G, H = 50 μ m; C, E = 200 μ m; I = 20 μ m. Figura en color en la versión en línea <http://www.ojs.darwin.edu.ar/index.php/darwiniana/article/view/999/1248>

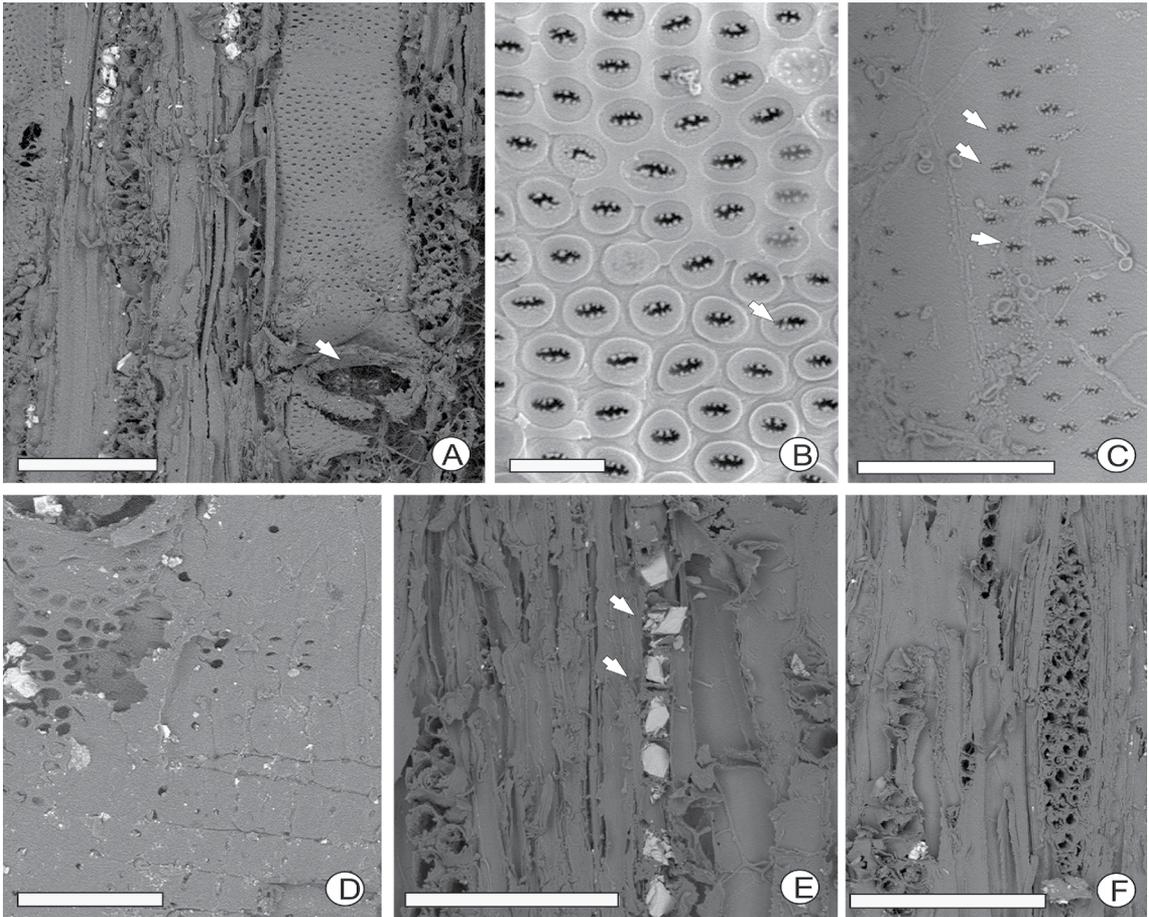


Fig. 3. *Anadenanthera colubrina* var. *colubrina*, características anatómicas de la madera con MEB. **A**, radios, vasos y punteaduras intervasculares, la flecha indica una placa de perforación simple (CLT). **B**, detalle de las punteaduras intervasculares alternas ornadas en la pared externa del vaso (CLT). **C**, detalle de las punteaduras intervasculares alternas ornadas en la pared interna del vaso (CLT). **D**, punteaduras radio-vasculares y parénquimo-vasculares (CLR). **E**, detalle de parénquima cristalífero (flechas) (CLT). **F**, radios uni y multiseriados CLR). Escala: A = 100 μ m; B = 10 μ m; C, D = 30 μ m; E = 50 μ m; F = 80 μ m.

DISCUSIÓN

Características anatómicas de la madera de *Anadenanthera colubrina*

Cozzo (1951) describió la madera de *Piptadenia macrocarpa* Benth., hoy sinonimizada con *Anadenanthera colubrina*, mencionando los siguientes caracteres diagnósticos: anillos de crecimiento levemente demarcados hasta indefinidos, porosidad difusa, vasos solitarios, múltiples radiales cortos (2-3), escasos múltiples radiales largos (4-6) y agrupados, punteaduras intervasculares alternas (las punteaduras ornadas de difícil identificación),

radios (2)3-4(5) seriados, parénquima poco desarrollado, vasicéntrico con tendencia al aliforme y cristalífero, fibras dispuestas irregularmente o alineadas en filas radiales, con punteaduras simples. Coincidentemente, en las muestras estudiadas aquí se observaron caracteres como anillos de crecimiento levemente demarcados, vasos solitarios, múltiples radiales cortos-largos y agrupados, parénquima vasicéntrico y cristalífero, y fibras ordenadas radialmente con punteaduras simples. Sin embargo, no se observó parénquima aliforme ni radios 5-seriados; no obstante, se pudieron observar claramente las punteaduras intervasculares ornadas.

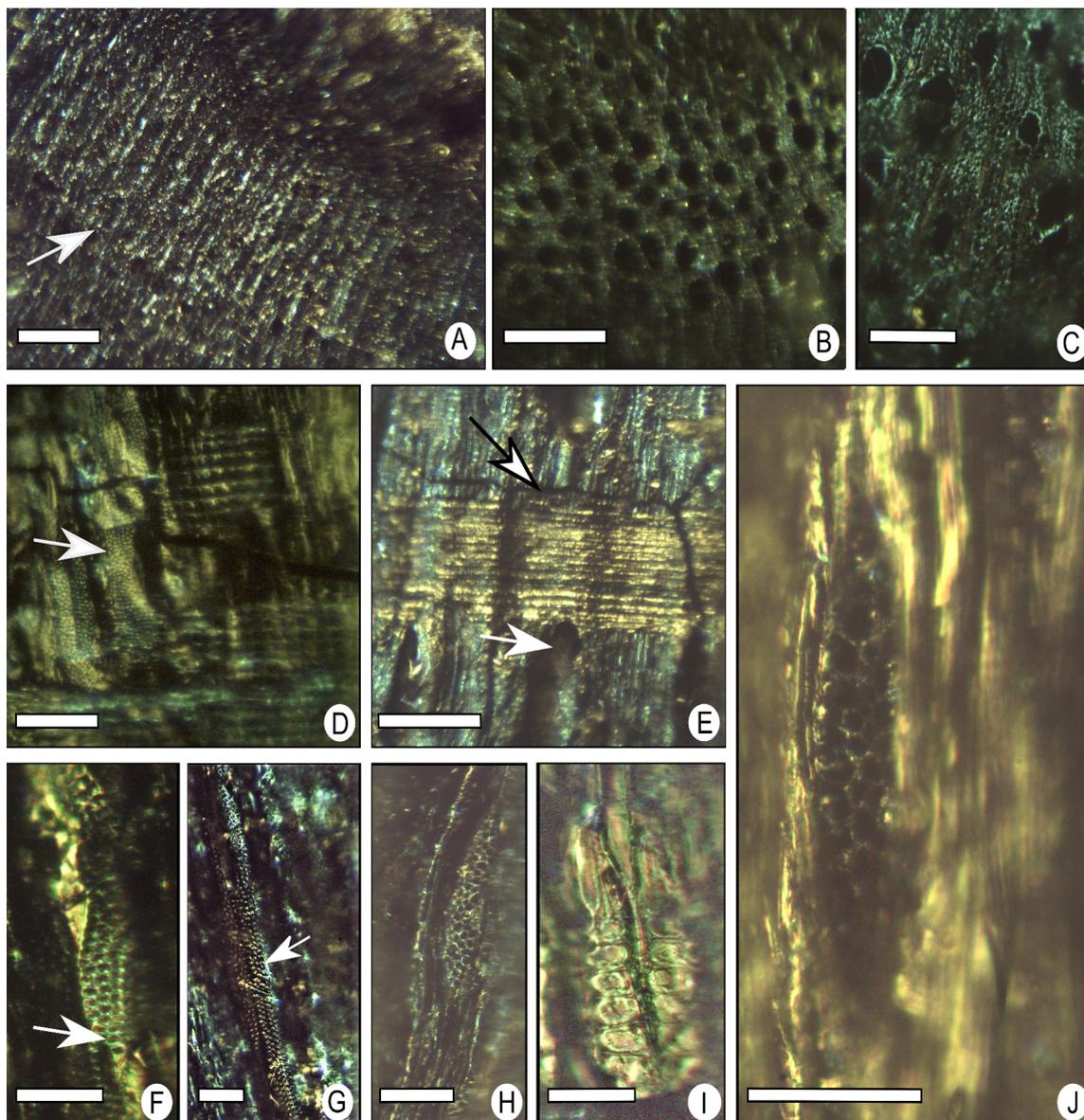


Fig. 4. *Anadenanthera colubrina* var. *colubrina*, características anatómicas en madera carbonizada vista con MO. **A**, anillo de crecimiento levemente demarcado (CT). **B**, vasos solitarios en series radiales cortas y solitarios (CT). **C**, fibras con tendencia al orden radial (CT). **D**, punteaduras intervasculares alternas (flecha) y vista general de radios homocelulares (CLR). **E**, placa de perforación simple (flecha blanca) y radios homocelulares de 24 células de alto (flecha negra) (CLR). **F**, **G**, punteaduras intervasculares alternas (CLT). **H**, radio 4-seriado (CLT). **I**, parénquima axial septado con cristales en su interior (CLT). **J**, radio 3-seriado de 14 células de alto (CLT). Escalas: B, E = 25 μ m; A, C, D, F, G, H, I, J = 50 μ m. Figura en color en la versión en línea <http://www.ojs.darwin.edu.ar/index.php/darwiniana/article/view/999/1248>

Posteriormente, Tortorelli (1956) describe dos maderas probablemente referidas a *Anadenanthera colubrina*: una como *Piptadenia macrocarpa* “cebil colorado” y la otra como *Piptadenia* aff.

macrocarpa “cebil moro”. La primera, el cebil colorado, se caracteriza por anillos de crecimiento poco demarcados, porosidad difusa, vasos solitarios, múltiples radiales cortos y largos, de forma redonda

y oval, punteaduras alternas, tabiques generalmente oblicuos; fibras de pared muy gruesa, ordenadas radialmente y adpresas; radios tri-multiseriados, muy poco frecuentes los bi y uniseriados, todos homogéneos formados exclusivamente por células procumbentes; parénquima del tipo paratraqueal vasicéntrico con tendencia a aliforme y en parte vasicéntrico confluyente; además se observa parénquima cristalífero. La otra madera descrita, el cebil moro, se caracteriza por presentar vasos distribuidos irregularmente, preferentemente solitarios, múltiples radiales de 2-3 y ocasionalmente de 5 elementos y agrupados; tabiques oblicuos, punteaduras intervasculares simples y alternas, placas de perforación simples; fibras de paredes más delgadas que la especie anterior y con tendencia a la disposición radial; radios bi, tri y multiseriados y homocelulares formados por células procumbentes; parénquima vasicéntrico, vasicéntrico confluyente y cristalífero (Tortorelli, 1956). La madera de *Anadenanthera colubrina* var. *colubrina* descrita en este trabajo presenta mayor similitud anatómica con la del cebil moro descrita por Tortorelli (1956), pero se diferencia por la presencia de punteaduras intervasculares ornadas, radios uniseriados y por la ausencia de vasos múltiples radiales formados por 5 elementos.

Más recientemente, Scheel-Ybert & Gonçalves (2017) describen la anatomía de *Anadenanthera colubrina* var. *cebil* (= *Piptadenia macrocarpa* Benth.) recolectada en São Paulo, Brasil y distinguen: anillos de crecimiento ausentes o indistintos, vasos con porosidad difusa, vasos mayormente solitarios, múltiples de 2, 3 y pocos de 5 elementos, punteaduras intervasculares alternas y ornadas, punteaduras radio-vasculares similares a las intervasculares, radios de 3-4 seriados con células exclusivamente procumbentes y fibras no septadas con punteaduras simples, cristales prismáticos presentes en células de radio, parénquima axial y en cámaras del parénquima cristalífero formando cadenas. Los resultados obtenidos en el presente trabajo concuerdan más con las características anatómicas descritas por Scheel-Ybert & Gonçalves (2017), con excepción de vasos múltiples radiales de 5 elementos y la seriación de los radios, 1 a 3 (4) para el ejemplar aquí descrito.

Por su parte, Marcelo-Peña (2017) describe la misma variedad, recolectada en Perú, destacando:

anillos de crecimiento ausentes o poco distinguibles a veces con vasos de mayor tamaño en el leño inicial, parénquima confluyente y aliforme, fibras no septadas con punteaduras levemente ornadas, radios heterocelulares y de 1-4 seriados, canales intercelulares radiales presentes y cristales en células marginales de los radios, en parénquima y en fibras. La descripción de Marcelo-Peña (2017) difiere significativamente con lo descrito por otros autores (ver Scheel-Ybert & Gonçalves, 2017; Armijos Montaña, 2019) y con la descripción para la variedad *colubrina* del presente trabajo, principalmente en la presencia de fibras con punteaduras levemente ornadas, radios heterocelulares, canales radiales y cristales en fibras y radios. Estos caracteres anatómicos no han sido descritos para el género *Anadenanthera*.

Asimismo, Armijos Montaña (2019) describió la anatomía de *Anadenanthera colubrina* recolectada en la región sur de Ecuador, y entre los caracteres anatómicos diagnósticos se menciona: anillos de crecimiento poco visibles o ausentes, vasos en patrones radiales o diagonales, parénquima axial marginal o en bandas aparentemente marginales, y cuerpo del radio con células procumbentes con 2-4 filas de células verticales y/o cuadradas marginales. Estas características diagnósticas reconocidas en los ejemplares de Ecuador, no fueron observadas en las muestras estudiadas en este trabajo y específicamente para la variedad *colubrina*.

Finalmente, Souza-Pinto & Scheel-Ybert (2021) aportaron a la descripción anatómica de la madera de *Anadenanthera colubrina* var. *cebil* recolectada en Brasil, mencionando los siguientes caracteres: anillos de crecimiento ausentes o indistinguibles, porosidad difusa, vasos mayormente solitarios, múltiples de 2, 3 y ocasionalmente de 5 elementos, punteaduras intervasculares alternas y ornadas, punteaduras radio-vasculares similares a las intervasculares en tamaño y forma, parénquima axial vasicéntrico, radios 1-5 seriados con células procumbentes, fibras no septadas con punteaduras simples, y cristales en células axiales. En esta descripción más reciente agregan radios uniseriados, dato que no se aportaba en la descripción de Scheel-Ybert & Gonçalves (2017). Características como vasos en múltiples radiales de 5 elementos y radios 5 seriados, no fueron observados en la madera descrita en el presente trabajo.

Tabla 1. Registro de leños fósiles de *Anadenanthera* en Argentina.

Taxón	Afinidad	Material Estudiado	Unidad Estratigráfica	Edad	Ubicación geográfica	Referencias
<i>Anadenantheroxylon villaurquicense</i> Brea, Zucol y Aceñolaza	<i>Anadenanthera colubrina</i>	MRVU 112	Formación Paraná	Mioceno tardío	Puerto Villa Urquiza, Entre Ríos	Brea et al., 2001
<i>Anadenantheroxylon villaurquicense</i> (Brea et al.) emend. Franco y Brea 2013	<i>Anadenanthera</i>	MAS PALEOBOT 324	Formación Ituzaingó	Mioceno tardío?	El Brete, Paraná, Entre Ríos	Franco y Brea, 2013
<i>Anadenantheroxylon villaurquicense</i> (Brea et al.) emend. Franco y Brea 2013	<i>Anadenanthera</i>	CIDPALBO 96	Formación Ituzaingó	Mioceno tardío?	El Espinillo, Entre Ríos	Franco y Brea, 2013
<i>Anadenantheroxylon villaurquicense</i> (Brea et al.) emend. Franco y Brea 2013	<i>Anadenanthera colubrina</i> (Vell.) Brenan var. cebil	CIDPALBO-MEG 137	Formación El Palmar	Pleistoceno tardío	Península Gregorio Soler, Entre Ríos	Ramos, 2015
<i>Anadenantheroxylon villaurquicense</i> (Brea et al.) emend. Franco y Brea 2013	<i>Anadenanthera colubrina</i> (Vell.) Brenan var. cebil	CIDPALBO-MEG 143	Formación El Palmar	Pleistoceno tardío	Colonia, Entre Ríos	Ramos, 2015
<i>Anadenantheroxylon villaurquicense</i> (Brea et al.) emend. Franco y Brea 2013	<i>Anadenanthera colubrina</i> (Vell.) Brenan var. cebil	CIDPALBO-MEG 137	Formación El Palmar	Pleistoceno tardío	Arroyo Yuquerí, Entre Ríos	Ramos, 2015

El registro arqueológico de *Anadenanthera* en Argentina

El cebil evidencia un importante rol en prácticas tradicionales (iconografía lítica, cerámica y parafernalia inhalatoria) propias de las culturas andinas (Fernández Distel, 1980; Arenas, 1992; Pochettino et al., 1999; Suárez & Arenas, 2012; Lema et al., 2015; Martín Silva et al., 2016; Ortiz et al., 2017; Quiroga et al., 2019; Agudelo et al., 2020). Marconetto (2005) identifica restos antracológicos de *Anadenanthera* en el montículo de Piedras Blancas (Catamarca) y lo relaciona con desechos en algún fogón de ramas que podrían acompañar a vainas de las cuales se extraen las semillas. Posteriormente, Ortiz y colaboradores (2017) propusieron que la recogida de frutos para fumar podría haber implicado también el uso de madera, a partir del hallazgo de fragmentos de carbones de *Anadenanthera* en un contexto de ritual fúnebre en el sitio Pozo de la Chola, en la región subandina de la provincia de Jujuy. En la localidad de Ticucho (Tucumán) se analizaron microrrestos asociados a artefactos de molienda (morteros) y se encontraron oxalatos de calcio romboidales, evidenciando una molienda para la obtención de sustancias psicoactivas del cebil (Caria et al., 2020).

También se han encontrado restos de madera carbonizada en el sitio arqueológico Cerro Farall, Diamante, Entre Ríos, un montículo datado en 830 ± 40 años AP (Ramos et al., 2019).

El cebil presenta numerosos usos, entre los que se destaca para la producción del curtido, teñido del cuero y como combustible, ya que cuenta con un alto poder calorífico, los troncos y las ramas exudan una goma resinosa llamada goma del cebil, la corteza posee taninos catéquicos utilizados en curtiembres y por su madera dura (peso específico: $0,980 \text{ kg/dm}^3$) es un excelente combustible (Fabbroni, 2009). En la medicina popular, las semillas, tallos, raíces y hojas presentan numerosas indicaciones terapéuticas actuando contra dolores hepáticos, dolores de cabeza, tos crónica, bronquitis y neumonía, entre otras (Marconetto, 2005; Weber et al., 2011; Martínez et al., 2013; Quiroga et al., 2019).

El registro fósil de *Anadenanthera* en Argentina

El registro fósil de *Anadenanthera* en Argentina se basa en palinomorfos y leños permineralizados hallados en diferentes formaciones geológicas desde el Mioceno Inferior hasta el Holoceno medio.

Los registros más antiguos de Argentina fueron hallados en el Mioceno temprano de Patagonia mediante estudios de palinomorfos encontrados en la Formación Chenque, en Comodoro Rivadavia (Barreda, 1989; Caccavari & Barreda, 1992).

Los leños fósiles con afinidad a *Anadenanthera* fueron hallados en diversas formaciones de la Provincia de Entre Ríos desde el Mioceno al Pleistoceno tardío (Tabla 1; Brea et al., 2001; Franco & Brea, 2013; Ramos, 2015). A partir de estos registros, se ha propuesto que algunos ejemplares fósiles de *Anadenanthera colubrina* podrían haber formado parte de los bosques ribereños *sensu lato* (selva), que integraron la provincia paleofitogeográfica Neotropical de Argentina, mostrando ciertos vínculos entre la vegetación del Neógeno y la de los actuales BSEN (Anzótegui et al., 2019). Mientras que otras especies fósiles, formaron parte de la vegetación predominante en las zonas bajas del centro-este de la Patagonia (Barreda, 1989).

CONSIDERACIONES FINALES

Se da a conocer la primera descripción de la anatomía de la madera y del carbón de *Anadenanthera colubrina* var. *colubrina*, la cual permitirá la comparación con mayor detalle de los registros fósiles y arqueológicos. Si bien los caracteres anatómicos cualitativos observados en la madera y el carbón son los mismos, las alteraciones de la madera producto de la carbonización modifican los caracteres cuantitativos, por lo que es importante contar con descripciones y registro fotográfico de material carbonizado. La revisión del registro arqueológico de *A. colubrina* deja en evidencia el importante rol que tuvo la especie en prácticas tradicionales en distintos contextos del noroeste y noreste argentino. La revisión del registro paleontológico muestra fósiles afines a *A. colubrina* en el Mioceno temprano de Patagonia, en el noroeste de Argentina desde el Mioceno Medio y en el noreste desde el Mioceno. Se espera que estas descripciones faciliten la identificación de *Anadenanthera colubrina* en leños fósiles y carbones de sitios arqueológicos.

AGRADECIMIENTOS

A José Félix Vilá del Laboratorio de Microscopía Electrónica Dr. Domingo S. Liotta del CICYTTP (CONICET-Prov. ER-UADER). Al Ing. Agr. Carlos Morvidone. DEP agradece a la Universidad Nacional de Rosario (UNR) y al Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Argentina (proyecto PUE 22920160100043CO). Los autores agradecen a dos revisores anónimos y al Editor por las sugerencias y comentarios sobre el manuscrito original. Este trabajo fue parcialmente financiado por la FCyT-UADER, PIDIN CS N° 356-2019 (EM) y la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica, PICT 2014-1758 ANPCyT (MJF).

BIBLIOGRAFÍA

- Agudelo, I. J.; L. M. Anconatami, M. L. Wagner & R. A. Ricco. 2020. Micrografía analítica de semillas de Cebil (*Anadenanthera colubrina* var. *cebil* (Griseb.) Altschul, Fabaceae) y Chamico (*Datura ferox* L. Solanaceae), empleadas como drogas alucinógenas en Argentina. *Acta Toxicológica Argentina* 28(1): 19-22.
- Altschul, S. von R. 1964. A taxonomic study of the genus *Anadenanthera*. Contributions from the Gray Herbarium of Harvard University 193: 1-65.
- Anzótegui, L. M.; S. S. Garralla, L. R. Mautino & D. Prado. 2019. Evolución de Bosques Estacionales Secos Neotropicales, Chaco y Cerrado en el Neógeno del centro-norte de Argentina. *Publicación Electrónica de la Asociación Paleontológica Argentina* 19(1): 7-17. DOI: <https://doi.org/10.5710/PEAPA.12.04.2019.279>
- Arenas, P. 1992. El "cebil" o el "árbol de la ciencia del bien y del mal". *Parodiana* 7 (1-2): 101-114.
- Arenas, P. 2012 (ed.). Etnobotánica en zonas áridas y semiáridas del Cono Sur de Sudamérica. Buenos Aires: CEFYBO-CONICET, 273 pp.
- Armijos Montaña, A. R. 2019. Evaluación anatómica de 50 especies forestales en el sur del Ecuador. Tesis de grado. Universidad Nacional de la Loja, Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables. pp. 159.
- Barreda, V. 1989. Palinología estratigráfica de las sedimentitas Terciarias del "Patagoniano" en los alrededores de la ciudad de Comodoro Rivadavia, provincias de Chubut y Santa Cruz. Tesis doctoral, Universidad Nacional de Buenos Aires. pp. 362.

- Barrandeguy, M. E.; D. Prado, A. Goncalves & M. García. 2016. Demografía histórica de *Anadenanthera colubrina* var. *cebil* (Leguminosae) en Argentina. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica* 51(4): 689-703. DOI: <https://doi.org/10.31055/1851.2372.v51.n4.16358>
- Brea, M.; P. Aceñolaza & A. Zucol. 2001. Estudio paleoecológico en la Formación Paraná, Entre Ríos, Argentina. *Asociación Paleontológica Argentina. Publicación Especial* 8(11): 7-17.
- Caccavari, M. & V. Barreda. 1992. Mimosoideae (Leguminosae) occurrences in the Early Miocene of Patagonia (Argentina). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 94(1-4): 243-252. DOI: [https://doi.org/10.1016/0031-0182\(92\)90121-K](https://doi.org/10.1016/0031-0182(92)90121-K)
- Cacharani, D. A.; M. E. Barrandeguy, M. García, M. L. Costas, O. G. Martínez & D. Prado. 2020. Una nueva variedad de *Anadenanthera colubrina* (Leguminosae, Mimosoideae) de Argentina. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica* 55(3): 403-410. DOI: <https://doi.org/10.31055/1851.2372.v55.n3.27348>
- Caria, M. A.; J. Gómez Augier & G. E. Miguez. 2020. La alimentación prehispánica en las tierras bajas de Tucumán (Argentina): una primera aproximación a su análisis. *Revista del Museo de Antropología* 13(3): 105-122. DOI: <https://doi.org/10.31048/1852.4826.v13.n3.28358>
- Cozzo, D. 1951. Anatomía del leño secundario de las Leguminosas Mimosoideas y Cesalpinoideas Argentinas silvestres y cultivadas. *Revista del Instituto Nacional de Investigación de las Ciencias Naturales* anexo al Museo de Ciencias Naturales Bernardino Rivadavia. Tomo II, n° 2: 1-146.
- DRYFLOR (Latin American and Caribbean Seasonally Dry Tropical Forest Floristic Network). 2016. Plant diversity patterns in neotropical dry forests and their conservation implications. *Science* 353: 1383-1387. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.aaf5080>
- Fabroni, M. 2009. Fabaceae, tribu Mimoseae Bronn. *Aportes Botánicos de Salta: Serie Flora* 8(18): 33.
- Fernández Distel, A. 1980. Hallazgo de pipas en complejos precerámicos del borde la Puna jujeña (República Argentina) y el empleo de alucinógenos por parte de las mismas culturas. *Estudios Arqueológicos* 5: 55-59.
- Franco, M. J. & M. Brea. 2013. Leños fósiles de Leguminosae de la Formación Ituzaingó, Entre Ríos, Argentina: Implicancias paleoecológicas y paleobiogeográficas. *Ameghiniana* 50(2): 167-191. DOI: <https://doi.org/10.5710/AMGH.6.01.2013.599>
- González, A. M. & H. A. Sato, 2016. Anatomía vegetativa de *Lophophytum mirabile* subsp. *bolivianum* (Balanophoraceae) y efecto de su parasitismo en la anatomía de *Anadenanthera colubrina* var. *cebil*. *Anales del Jardín Botánico de Madrid* 73(2): 1-10. DOI: <https://doi.org/10.3989/ajbm.2423>
- IAWA Commitee. 1989. IAWA list of microscopic features for hardwood identification: International Association of Wood Anatomists. *IAWA Bulletin* 10: 219-332.
- Lema, V. S.; D. Andreoni, A. Capparelli, G. Ortiz, R. Spano, M. Quesada & F. Zorzi. 2015. Protocolos y avances en el estudio de residuos de pipas arqueológicas de Argentina. Aportes para el entendimiento de metodologías actuales y prácticas pasadas. *Estudios Atacameños* 51: 77-97. DOI: <https://doi.org/10.4067/S0718-10432015000200006>
- Lewis, G. P.; B. D. Schrire, B. A. Mackinder & M. Lock (eds). 2005. Legumes of the world. Royal Botanic Gardens, Kew, London. pp. 592.
- LPWG (The Legume Phylogeny Working Group). 2013. Legume phylogeny and classification in the 21st Century: progress, prospects and lessons for other species-rich clades. *Taxon* 62(2): 217-248. DOI: <https://doi.org/10.12705/622.8>
- LPWG (The Legume Phylogeny Working Group) Azani, N, et al. 2017. A new subfamily classification of the Leguminosae based on a taxonomically comprehensive phylogeny. *Taxon* 66(1): 44-77. DOI: <https://doi.org/10.12705/661.3>
- Marcelo-Peña, J. L. M. 2017. Diversidade florística, dendrologia e dendroecologia de florestas estacionais decíduas do Centro e Norte do Peru. Tesis de Doctorado. USP/ Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba. pp. 544. DOI: <https://doi.org/10.11606/T.11.2017.tde-04082017-143653>
- Marconetto, M. B. 2005. Recursos forestales y el proceso de diferenciación social en tiempos prehispánicos en el Valle de Ambato, Catamarca. Tesis Doctoral. Facultad de Cs. Naturales y Museo. Universidad Nacional de La Plata. DOI: <https://doi.org/10.35537/10915/4473>
- Martin Silva, V. B.; G. E. Miguez & A. Korstanje. 2016. Análisis de microvestigios en pipas procedentes de ocupaciones prehispánicas de las Selvas Meridionales del noroeste Argentina. El caso de Yánimas 1. *Estudios Atacameños* 53: 33-52. DOI: <https://doi.org/10.4067/S0718-10432016005000013>
- Martínez, O. G.; M. E. Barrandeguy, M. V. García, D. Cacharani & D. Prado. 2013. Presencia de *Anadenanthera colubrina* var. *colubrina* (Fabaceae, Mimosoideae) en Argentina. *Darwiniana* 1(2): 279-288. DOI: <https://doi.org/10.14522/darwiniana.2014.12.536>
- Ortiz, G.; R. S. Ramos & A. Alavar. 2017. Fire, rituals and domesticity. Forest resource management in the sub-Andean region of Jujuy, Argentina (2000 BP): first anthracological evidence. *Journal of Anthropological Archaeology* 47: 96-108. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jaa.2017.04.002>

- Pennington, R. T.; D. Prado & C. Pendry. 2000. Neotropical Seasonally Dry Forests and Quaternary vegetation changes. *Journal of Biogeography* 27: 261-273. DOI: <https://doi.org/10.1046/j.1365-2699.2000.00397.x>
- Pochettino, M. L.; A. R. Cortella & M. Ruiz. 1999. Hallucinogenic Snuff from Northwestern Argentina: Microscopical identification of *Anadenanthera colubrina* var. *cebil* (Fabaceae) in powdered archaeological material. *Economic Botany* 53(2): 129-132. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF02866491>
- Prado, D. & P. Gibbs. 1993. Patterns of Species Distributions in the Dry Seasonal Forest of South America. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 80(4): 902-927. DOI: <https://doi.org/10.2307/2399937>
- Prado, D. E. 1995. Selva pedemontana: contexto regional y lista florística de un ecosistema en peligro. En: A. D. Brown & H. R. Grau (eds.), *Investigación, conservación y desarrollo en selvas subtropicales de montaña*, pp. 19-52. Horco Molle: Universidad Nacional de Tucumán, Facultad de Ciencias Naturales e Instituto Miguel Lillo.
- Prado, D. E. 2000. Seasonally dry forest of tropical South America: from forgotten ecosystems to a new phytogeographic unit. *Edinburgh Journal of Botany* 57(3): 437-461. DOI: <https://doi.org/10.1017/S09604286000041X>
- Quiroga, J. C.; D. Ricaldi, A. Argueta, J. Tata, D. Tata & N. N. 2019. Semillas de *Vilca* (*Anadenanthera colubrina*) en Iconografía Tiwanaku. *Revista Ciencia, Tecnológica e Innovación* 17(20): 31-50.
- Ramos, S. 2015. Estudios xilológicos de la Formación El Palmar (Pleistoceno Superior), Provincia de Entre Ríos, Argentina. Tesis doctoral, Facultad de Ciencias Exactas, Física y Naturales, Universidad Nacional de Córdoba. pp. 356.
- Ramos, S.; C. Silva & M. Brea. 2019. Análisis antracológico preliminar del sitio arqueológico Cerro Farall (Diamante, Entre Ríos). *Arqueología* 25(3): 59-85. DOI: <https://doi.org/10.34096/arqueologia.t25.n3.7324>
- Rueden, C. T.; J. Schindelin, M. C. Hiner, B. E. DeZonia, A. E. Walter, E. T. Arena & K. W. Eliceiri. 2017. ImageJ2: ImageJ for the next generation of scientific image data. *BMC bioinformatics* 18(1): 1-26. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12859-017-1934-z>
- Scheel-Ybert, R. & T. Gonçalves. 2017. Primeiro Atlas Antracológico de Espécies Brasileiras. Série Livros Digital 10, Rio de Janeiro: Museu Nacional, Universidade Federal do Rio de Janeiro, pp. 236.
- Souza-Pinto, N. R. & R. Scheel-Ybert. 2021. Charcoal anatomy of Brazilian species. II. 15 natives species occurring in Atlantic or Amazon rainforest. *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 94(4): 1-20. DOI: <https://doi.org/10.1590/0001-3765202120190983>
- Suárez, M. E. & P. Arenas. 2012. Plantas y hongos tintóreos de los wichís del Gran Chaco. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica* 47(1-2): 275-283.
- Torres, C. M. & D. Repke. 2006. *Anadenanthera*. Visionary plant of Ancient South America. The Haworth Herbal Press® An Imprint of The Haworth Press, Inc. New York-London- Oxford. pp. 340.
- Tortorelli, L. A. 1956. Maderas y bosques argentinos. ED. ACME, S.A.C.I Buenos Aires. pp. 910.
- Ulibarri, E. A.; E. Gómez Sosa, A. M. Ciadella, R. H. Fortunato & D. Bazzano. 2002. Biota Rioplatense VII. Leguminosas nativas y exóticas. Editorial LOLA (*Literature of Latin America*). pp. 320.
- Vázquez- Correa, A. M. 2017. Xilotecas, importantes colecciones de referencia. *Colombia Forestal* 20(2): 192-201. DOI: <https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.colomb.for.2017.2.a08>
- Weber, C. R.; C. M. Soares, A. B. Lopes, T. S. Silva, M. S. Nascimento & E. C. Ximenes. 2011. *Anadenanthera colubrina*: un estudo do potencial terapêutico. *Revista Brasileira de Farmacia* 92(4): 235-244.