

MORFO-ANATOMÍA VEGETATIVA DE CUATRO ESPECIES NATIVAS DE *JATROPHA* (EUPHORBIACEAE), CON REFERENCIA A ASPECTOS ECOLÓGICOS Y TAXONÓMICOS

Alejandra Malbrán Barros , Valeria del Mar Mansilla , Ana Marisa Matesevach Becerra 
& Verónica A. Cabrera* 

Laboratorio de Morfología Vegetal. Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Universidad Nacional de Córdoba. Av. Vélez Sarsfield 299, 5000 Córdoba, Argentina; *veronica.cabrera@unc.edu.ar (autora correspondiente).

Abstract. Malbrán Barros, A.; V. Mansilla, A. M. Matesevach Becerra & V. A. Cabrera. 2025. Vegetative morphology of four native species of *Jatropha* (Euphorbiaceae), with reference to ecological and taxonomic aspects. *Darwiniana*, nueva serie 13(1): 113-134.

In Argentina, there are 11 native *Jatropha* taxa; however, there is controversy among authors regarding the delimitation of some taxa, and certain names could be included in synonymy. There are no phylogenetic studies to date, and many aspects of their morpho-anatomy remain unknown. Therefore, it is essential to elucidate aspects that provide useful information for new taxonomic treatments. Stem and leaves of four native taxa, *J. excisa* var. *excisa*, *J. macrocarpa*, *J. hieronymi* and *J. pedersenii* that inhabit two distinct phytogeographic regions were analyzed comparatively, in order to identify vegetative characters with ecological value related to their environment, as well as others with taxonomic importance, which contribute to the infrageneric delimitation of *Jatropha* and the distinction of taxa. Stems and leaves of individuals from different populations were fixed in FAA, and temporary and permanent slides were made. The leaf presented greater exomorphological and anatomical differences between the taxa in relation to the stem. The analyses carried out indicated that *J. excisa* var. *excisa*, *J. macrocarpa* and *J. hieronymi*, which grow in the Chaco Phytogeographic Province, exhibit characteristics typical of plants adapted to xeric environments, which were not exhibited by *J. pedersenii*, which lives in the Paranaense Province. We confirmed the taxonomic importance of the following characters: number of lobes, leaf blade shape and petiole length, number and distribution of vascular bundles in the petiole, leaf blade indumentum, presence and types of glandular emergences, and types of stomata and laticifers. It would be advisable to include representatives of other species to corroborate the robustness of these characters in taxonomic keys.

Keywords. Indumentum; *Jatropha*; leaf; morphoanatomy; secretory structures; stem.

Resumen. Malbrán Barros, A.; V. Mansilla, A. M. Matesevach Becerra & V. A. Cabrera. 2025. Morfo-anatomía vegetativa de cuatro especies nativas de *Jatropha* (Euphorbiaceae), con referencia a aspectos ecológicos y taxonómicos. *Darwiniana*, nueva serie 13(1): 113-134.

En Argentina habitan 11 taxones nativos de *Jatropha*, sin embargo, se manifiesta controversia entre los autores en cuanto a la delimitación de algunos taxones y determinados nombres podrían ser incluidos en la sinonimia. No existen hasta el momento estudios filogenéticos y muchos aspectos de su morfo-anatomía aún se desconocen, por lo que resulta fundamental dilucidar aspectos que brinden información útil para nuevos tratamientos taxonómicos. Se analizó comparativamente el tallo y hoja de cuatro taxones nativos, *J. excisa* var. *excisa*, *J. macrocarpa*, *J. hieronymi* y *J. pedersenii* que habitan en dos regiones fitogeográficas distintas, con el fin de identificar caracteres vegetativos con valor ecológico relacionados al ambiente en que viven, así como otros con importancia taxonómica, que contribuyan a la delimitación infragenérica de *Jatropha* y a la distinción de taxones. Se fijaron en FAA tallos y hojas de individuos de distintas poblaciones y se realizaron preparados temporarios y permanentes. La hoja presentó mayores diferencias exomorfológicas y anatómicas entre los taxones

con relación al tallo. De los análisis realizados se desprende que *J. excisa* var. *excisa*, *J. macrocarpa* y *J. hieronymi*, que crecen en la Provincia Fitogeográfica Chaqueña, exhiben caracteres propios de plantas adaptadas a ambientes xéricos, que no presentó *J. pedersenii* que habita en la Provincia Paranaense. Confirmamos la importancia taxonómica de los siguientes caracteres: cantidad de lóbulos, forma de la lámina foliar y largo del peciolo, cantidad y distribución de los hacesillos vasculares en el peciolo, indumento de la lámina foliar, presencia y tipos de emergencias glandulares, tipos de estomas y de laticíferos. Sería conveniente incluir representantes de otras especies para corroborar la robustez de estos caracteres en claves taxonómicas.

Palabras clave. Estructuras secretoras; hoja; indumento; *Jatropha*; morfo-anatomía; tallo.

INTRODUCCIÓN

Jatropha L. es un género nativo de América que abarca unas 175 especies distribuidas en áreas tropicales y subtropicales del mundo, con representantes en América, África y Asia (Dehgan, 2012; Cavalcante et al., 2020). Ese número puede variar puesto que tanto la diversidad genética como las relaciones filogenéticas son poco conocidas (Sudheer Pamidimarri et al., 2009; Guo et al., 2016). Muchos taxones poseen reconocida actividad anticancerígena, hepatoprotectora, antibacterial, antimicótica, nematocida, insecticida y son utilizadas en la medicina folclórica tradicional por sus funciones purgantes, analgésicas y antiespasmódicas, entre otras. También tienen importancia en la elaboración de velas, jabones y en la industria cosmética, como plantas ornamentales y por ser fuente de combustible para producir biodiesel (Kolawole et al., 2016; Cavalcante et al., 2020; Riayatsyah et al., 2022). Se destaca *Jatropha curcas* L. por sus semillas ricas en aceite, las cuales son usadas para fabricar biodiesel (Ruatpuia et al., 2023). Esta es la especie más estudiada en sus aspectos químicos, industriales, morfológicos y fisiológicos (Khattab et al., 2015; Kumar et al., 2016; Babahmad et al., 2018; Neupane et al., 2021) y ha sido postulada como la más primitiva del género, con base en criterios morfológicos y anatómicos (Dehgan & Webster, 1979).

La última revisión taxonómica de las especies neotropicales fue realizada por Dehgan (2012), quien se basó en los estudios morfológicos, anatómicos, fenéticos y filogenéticos realizados hasta ese momento. Según esta clasificación, el género se divide en dos subgéneros: subgén. *Jatropha* y subgén. *Curcas* (Adans.) Pax, cada uno de ellos con cuatro secciones, dentro de las cuales las especies se agrupan en subsecciones. Los análisis moleculares y filogenéticos realizados por Sudheer Pamidimarri et al. (2009) y Guo et al. (2016) en especies de Asia, fueron altamente consistentes con la delimitación previa de *Jatropha* en dos subgéneros (*Curcas* y *Jatropha*) y con las clasificaciones morfológicas.

En la Argentina habitan taxones del subgén. *Jatropha* distribuidos en regiones geográficas diversas y ambientes con particulares temperaturas y regímenes de agua; sin embargo, no existe aún una revisión taxonómica actualizada del género. Entre los autores que analizan este grupo se manifiesta controversia en cuanto a la delimitación y distribución de algunos taxones y posiblemente algunos nombres tienen que ser incluidos en la sinonimia. Dehgan (2012) cita 11 taxa que se agrupan en dos secciones: sect. *Jatropha* y sect. *Peltatae* (Pax) ex Dehgan & Webster. A su vez, en la primera hay representantes de dos grupos: subsect. *Adenophorae* (Pax) ex Dehgan & Webster que incluye a *Jatropha excisa* Griseb. con tres variedades, *J. excisa* var. *excisa* Griseb., *J. excisa* var. *pubescens* Lourteig & O'Donnell y *J. excisa* var. *viridiflora* Lourteig & O'Donnell; *Jatropha gossypifolia* L. var. *gossypifolia* y *Jatropha hippocastanifolia* Croizat; y subsect. *Isabellae* Dehgan representada por *Jatropha isabellei* Müll. Arg. var. *antisiphilitica* (Speg.) Pax, *Jatropha pedersenii* Lourteig y *Jatropha peiranoi* Lourteig & O'Donnell. Por otro lado, la sect. *Peltatae* solo cuenta con especies de la subsección del mismo nombre: *Jatropha grossidentata* Pax & K. Hoffm., *Jatropha hieronymi* Kuntze y *Jatropha macrocarpa* Griseb. Sin embargo, en la página oficial de Flora Argentina, se citan otras dos especies que crecen en el país, un par de taxones dudosos y no se reconocen las variedades de *J. excisa* ni de *J. isabellei* (Zuloaga et al., 2024).

Caracteres morfo-anatómicos vegetativos tales como la arquitectura de la hoja, desprendimiento de la corteza, presencia de emergencias glandulares, tipo y distribución de la pubescencia, y número y disposición de los haces vasculares del peciolo, son caracteres constantes que han sido utilizados para delimitar las secciones, subsecciones, especies y variedades en el grupo (Dehgan, 1982; Dehgan & Schutzman, 1994; Dehgan & Webster, 1979; Dehgan, 2012; Rai & Tiwari, 2012; Elumalai et al., 2013). En cambio, otros caracteres anatómicos vegetativos como el espesor de los tejidos corticales caulinares, la actividad cambial temprana, el espesor del tejido

esponjoso y en empalizada de la lámina foliar y la presencia de estructuras secretoras brindan información sobre los ambientes en que habitan las plantas, sin presentar valor taxonómico (Fahn & Cutler, 1992; Pérez Cuadra & Cambi, 2014; Mansilla et al. 2021).

Se conocen estudios sobre la anatomía vegetativa en representantes de América, Asia y África (Dehgan, 1980, 1982; Idu et al., 2009; Oladipo & Illoh, 2012; Kolawole et al., 2016), siendo escasos en las especies argentinas (Hadid et al., 2013; Malbrán Barros et al., 2016, 2017, 2019; Tavecchio et al., 2016; Mansilla et al., 2021; Gorosito et al., 2023). Si bien la subfamilia se caracteriza por la presencia de distintas células y estructuras secretoras, como las emergencias y tricomas glandulares, idioblastos y laticíferos, son pocos los trabajos relacionados con estas estructuras y la composición química de sus secreciones (Assis et al., 2013; Diniz et al., 2013; Hadid et al., 2013; Malbrán Barros et al., 2016, 2019). Aunque han sido documentados y descritos laticíferos articulados y no articulados en varios representantes del género (Dehgan & Craig, 1978; Rudall, 1994), muy poco se conoce al respecto en las especies nativas de la Argentina (Malbrán Barros et al., 2019; Mansilla et al., 2021).

Algunas especies, tales como *J. excisa*, *J. hieronymi* y *J. macrocarpa* (denominadas comúnmente como “higuerilla”, “higuera del zorro” o “sacha higuera”) son arbustos de 1,5-4 m de altura que habitan climas áridos o semiáridos y están adaptados a crecer en suelos pobres y con muy bajo contenido de humedad (Prucca et al., 2023). Estas especies son de interés en programas agroindustriales por su potencial uso para la producción de biodiesel (Falasca & Ulberich, 2008; Aranda Rickert et al., 2011; Andersen et al., 2012; Wassner et al., 2012). También se destacan por sus cualidades medicinales y ornamentales (Martínez Crovetto, 1981; Ratera & Ratera, 2007; Kaladhar et al., 2009; Clérici et al., 2013). Mansilla et al. (2021) analizaron la morfo-anatomía del tallo con crecimiento secundario de *J. excisa*, *J. hieronymi* y *J. macrocarpa*, considerando algunos aspectos relacionados con el ambiente árido en el que habitan (anatomía ecológica), pero no hicieron aportes taxonómicos. Este trabajo pretende complementar los conocimientos morfo-anatómicos de esos taxones, representantes de dos subsecciones, y compararlos con una especie que habita en otra región fitogeográfica y pertenece a otra subsección, *J. pedersenii* (sect. *Jatropha*, subsect. *Isabellae*). Esta última especie se trata de un subarbolito de hasta 50 cm de altura, con tallos herbáceos, que crece en el litoral argentino. Se analiza el tallo y hoja de esos cuatro taxones nativos, con el fin de comparar caracteres con valor ecológico relacionados a las distintas

regiones en que viven, así como identificar otros de importancia para la delimitación de taxones. Se plantea como hipótesis de trabajo, que los taxones pertenecientes a las subsect. *Adenophorae* y *Peltatae* compartirán aspectos morfo-anatómicos propios del ambiente árido en que crecen, diferenciándose de *J. pedersenii* que habita en una región más húmeda; a sí mismo se hipotetiza que el análisis de otros caracteres foliares constantes permitirá confirmar las categorías infragenéricas establecidas previamente por Dehgan (2012). No existen hasta el momento estudios filogenéticos de los taxones seleccionados para este estudio y muchas características de su morfo-anatomía aún se desconocen, por lo que resulta fundamental dilucidar aspectos que brinden información útil para nuevos tratamientos taxonómicos de las especies de Argentina.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se trabajó con cuatro taxones nativos: *J. excisa* var. *excisa*, *J. macrocarpa*, *J. hieronymi* y *J. pedersenii*. Se colectaron muestras de individuos de diferentes poblaciones y se depositaron ejemplares de referencia en el Herbario del Museo Botánico de Córdoba (CORD) y en el Herbario del Instituto de Botánica del Nordeste (CTES). Se fijaron hojas enteras y segmentos de ramas aéreas de segundo y tercer orden, de aproximadamente 5 cm de longitud y 1-3 cm de diámetro, en una mezcla de FAA (10% formaldehído, 50% alcohol etílico 96°, 5% ácido acético y 35% agua), en recipientes debidamente rotulados (Zarlavsky, 2014).

Área de estudio

Los taxones *J. excisa* var. *excisa*, *J. macrocarpa* y *J. hieronymi* fueron colectados en las provincias de Catamarca, Santiago del Estero y Córdoba (Argentina), en localidades pertenecientes al Distrito Chaqueño Occidental de la Provincia Fitogeográfica Chaqueña, donde la precipitación media anual es de 500-800 mm, con temperaturas máximas que superan los 45 °C y mínimas por debajo de 0 °C; la vegetación está formada por bosques xerófitos, algunos palmares, estepas halófilas y sabanas edáficas o inducidas por incendios y desmontes (Cabrera, 1994; Giménez & Moglia, 2003). *Jatropha pedersenii* proviene del norte de la provincia de Corrientes (Argentina), habitando en localidades pertenecientes al Distrito de los Campos, de la Provincia Fitogeográfica Paranaense. Allí el clima es cálido y húmedo, con precipitaciones durante todo el año; la temperatura media anual varía entre los 20 y 21 °C. Caracterizan a este distrito las sabanas de gramíneas, alternando a veces con matorrales o bosquecillos (Cabrera, 1994).

Material examinado

Jatropha excisa Griseb. var. *excisa*

ARGENTINA. **Córdoba.** Depto. Cruz del Eje, Cruz del Eje, camino al Club de pesca Yaco, *M. T. Cosa* 422 (CORD); Depto. Tulumba, RN 60, km 891, pasando Lucio V. Mansilla, yendo hacia Deán Funes 64°39'06,30" W y 29°52'99,50 S, 233 m s. m., 23-XI-2016, *M. T. Cosa, M. Matesevach & V. Cabrera* 448 (CORD).

Jatropha hieronymi Kuntze

ARGENTINA. **Santiago del Estero.** Depto. Choya, RP 24 entrando 5 km a la Quebrada de Maquijata entre La Merced y Villa La Punta, 64°47'71,72" W y 28°15'0236" S, 456 m s.m., 22-XI-2016, *M. T. Cosa, M. Matesevach & V. Cabrera* N° 444 (CORD); Depto. Choya, RP 24, Villa La Punta cerca del Dique, 64°48'04,10" W y 28°22'3080" S, 433 m s.m., 22-XI-2016, *M. T. Cosa, M. Matesevach & V. Cabrera* N° 446 (CORD).

Jatropha macrocarpa Griseb.

ARGENTINA. **Catamarca.** Depto. Capital, San Fernando del Valle de Catamarca, Predio Ferial, 28-III-2014, *M. T. Cosa* N° 409 (CORD); **Santiago del Estero.** Depto. Choya, RP 24, entre La Merced y La Punta, cerca del Rodeo, 64°46'59,34" W y 28°13'04,76" S, 433 m s.m., 22-XI-2016, *M. T. Cosa, M. Matesevach & V. Cabrera* N° 441 (CORD).

Jatropha pedersenii Lourteig

ARGENTINA. **Corrientes.** Depto. Corrientes, Arroyo Riachuelo y Ruta 12, en lomada arenosa. VIII-2016. *M. Gabriela López & R. Vanni* N° 434 (CTES).

Estudios morfológicos y anatómicos

Para describir la exomorfología se utilizó el material conservado en FAA de distintos individuos de las poblaciones mencionadas y los registros fotográficos realizados *in situ*. En la hoja, se describió el tipo de lámina, forma de ápice, base y margen, tipo de estípulas, longitud del pecíolo y presencia o ausencia de indumento en pecíolo y lámina (Dilcher, 1974). Los valores de longitud y ancho se midieron para cada taxón en 10 hojas de los nudos medios de las ramas de segundo y tercer orden, y se expresaron como un valor promedio.

Para estudiar la anatomía, se confeccionaron preparados temporarios de cortes transversales a mano alzada de tallo y pecíolo. También, se

realizaron preparados permanentes de corte transversal de lámina foliar y corte longitudinal de tallo, de 10 µm de espesor, siguiendo técnicas convencionales (Zarlavsky, 2014). Ambos tipos de preparados se colorearon con azul astralfucsina básica (Krauss et al., 1998). Para la clasificación de los laticíferos se siguió a Dehgan & Craig (1978). Para los análisis epidérmicos en hoja, se efectuó la técnica de "peeling" en ambas caras de la lámina y se tiñó con azul astral; en pecíolo se utilizó la técnica de raspado (Zarlavsky, 2014). Para clasificar los estomas, se siguieron las propuestas de Dilcher (1974) y Prabhakar (2004). Los preparados histológicos fueron observados con un microscopio óptico compuesto marca ZEISS Primo Star y fotografiados con una cámara digital marca Nikon, modelo Coolpix 5200.

Estudios histoquímicos

Para revelar los principales componentes del látex de los laticíferos presentes en hoja y tallo, se realizaron cortes a mano alzada y se llevaron a cabo pruebas histoquímicas con los siguientes reactivos: azul de Coomassie para detectar proteínas, azul brillante de cresilo al 1% para mucílagos, Sudán IV para lípidos, floroglucina clorhídrica para lignina, reactivo de Dragendorff para alcaloides, reactivo de Lugol para almidón y sulfato férrico en formol 10% para taninos, siguiendo los pasos detallados en Zarlavsky (2014).

RESULTADOS

Estudios morfo-anatómicos en tallo

Los tallos analizados de los taxones de la sect. *Jatropha*, *Jatropha excisa* var. *excisa* y *J. pedersenii*, son herbáceos, glabros. En corte transversal, presentan una epidermis uniestratificada, con células isodiamétricas cubiertas por una cutícula lisa y fina; la corteza está formada por estratos de colénquima angular interrumpido por cuñas de clorénquima seguidos por un anillo de clorénquima y parénquima cortical (Fig. 1A, B, G y H). Mientras que, en las otras dos especies pertenecientes a la sect. *Peltatae*, los tallos son leñosos y, en corte transversal, se aprecia una peridermis, seguida de un anillo de colénquima y parénquima cortical (Fig. 1D, E, J y K). En todos los casos hay actividad del cámbium, con desarrollo incipiente de los tejidos vasculares secundarios, y se observan aún grupos de xilema y floema primario correspondientes a los haces colaterales que se disponían a modo de eustela (Fig. 1A, D, G y J). La médula está constituida por parénquima con gránulos de almidón, muy abundantes en *J. macrocarpa* (Fig. 1C, F, I y L). Las fibras perivasculares están presentes en los representantes de ambas secciones; se observa

una pared celular notablemente más gruesa en *J. hieronymi* respecto a las demás especies (Fig. 1J).

En cuanto a las sustancias de inclusión se evidencian gránulos de almidón, taninos y cristales (Tabla 1). Los cristales son prismáticos y en forma de drusas, de $11,05-44,21 \pm 8,33$

μm , siendo los de *J. excisa* var. *excisa* los más pequeños (Fig. 1A-L). Se observaron también laticíferos, que son más abundantes en las inmediaciones del floema, siendo en *J. macrocarpa* más escasos respecto de las otras especies (Fig. 1A-L). En *J. excisa* var. *excisa*, *J.*

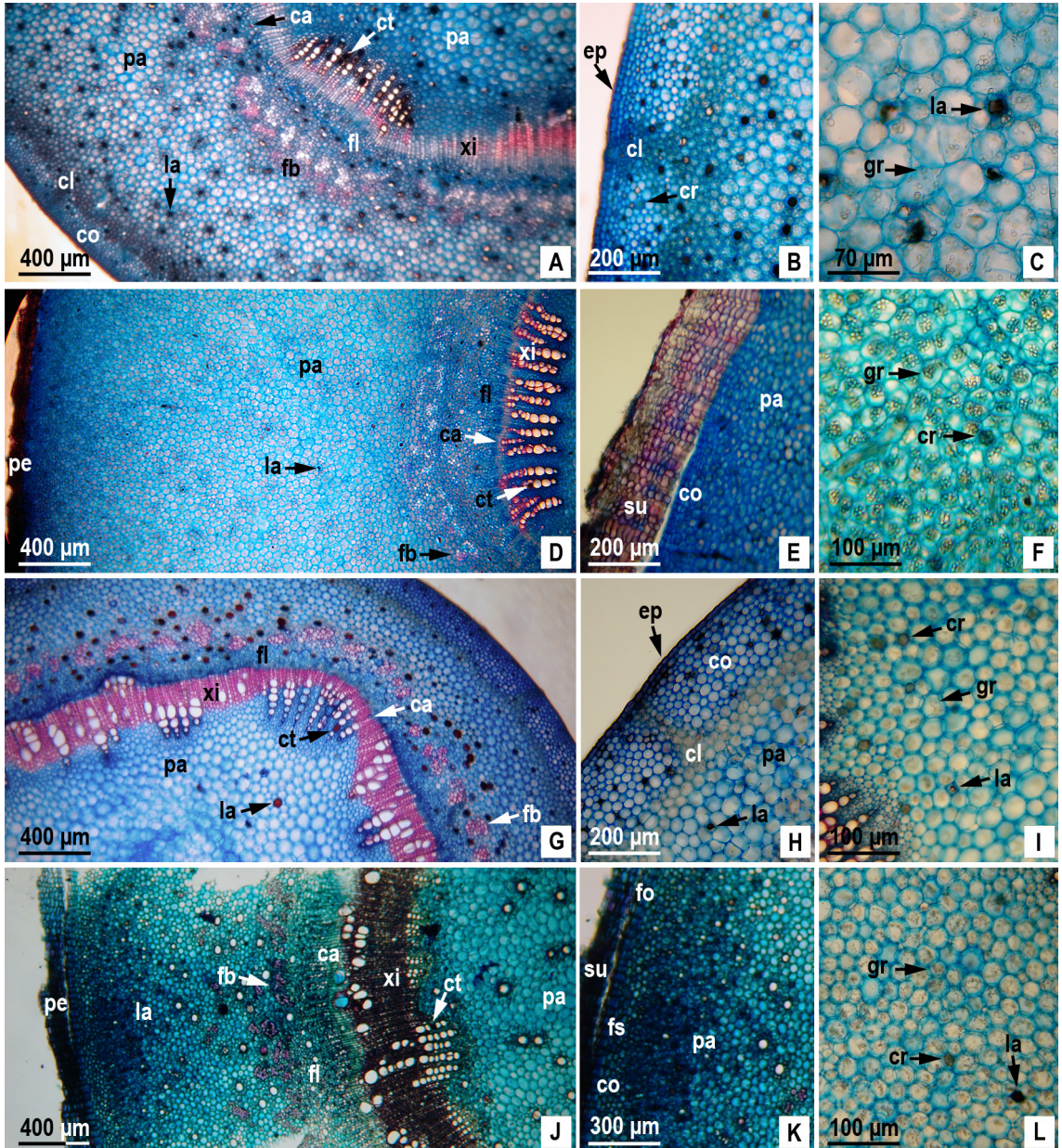


Fig. 1. Anatomía de tallo secundario en taxones nativos de *Jatropha*. A-C, *Jatropha excisa* var. *excisa*. D-F, *Jatropha macrocarpa*. G-I, *Jatropha pedersenii*. J-L, *Jatropha hieronymi*. A, D, G y J, vista general. B, E, H y K, detalle de corteza. C, F, I y L, detalle de médula. Abreviaturas: ca, cámbium; cl, clorénquima; co, colénquima; cr, cristales; ct, célula tanífera; ep, epidermis; fb, fibras; fl, floema; gr, gránulos de almidón; la, laticífero; pa, parénquima; pe, peridermis; su, súber; xi, xilema.

Tabla 1. Anatomía del tallo de taxones nativos de *Jatropha* (Euphorbiaceae). Abreviaturas: **cl**, clorénquima; **co**, colénquima; **fl**, floema; **pc**, parénquima cortical; **pm**, parénquima medular; **xi**, xilema.

	Sect. <i>Peltatae</i>		Sect. <i>Jatropha</i>	
	subsect. <i>Peltatae</i>		subsect. <i>Isabellae</i>	subsect. <i>Adenophorae</i>
	<i>J. macrocarpa</i>	<i>J. hieronymi</i>	<i>J. pedersenii</i>	<i>J. excisa</i> var. <i>excisa</i>
Tejido de protección	peridermis 19-20 estratos	peridermis 12-13 estratos	epidermis 1 estrato	epidermis 1 estrato
Colénquima angular	2-3 estratos	2-3 estratos	4-5 estratos	10-11 estratos
Clorénquima (estratos interrumpidos por el colénquima + estratos del anillo completo)	ausente	ausente	4-5 + 3-4	10-11 + 6-7
Parénquima	84-86 estratos	46-48 estratos	38-40 estratos	30-32 estratos
Esclerenquima	Fibras perivasculares	Fibras perivasculares	Fibras perivasculares	Fibras perivasculares
Gránulos de almidón	pc, pm	pc, pm	pc, pm	pc, pm
Células taníferas	xi	xi	xi	xi
Cristales	pc, pm, co, fl	pc, pm, co, fl	pc, pm, co, cl, fl	pc, pm, co, cl, fl
Laticíferos (distribución)	pc, pm, co, fl	pc, pm, co, fl	pc, pm, co, cl, fl	pc, pm, co, cl, fl

pedersenii y *J. macrocarpa* se encontraron los mismos tipos de laticíferos: articulados pero no anastomosados, y no articulados (anastomosados y no anastomosados). En *J. hieronymi* en cambio son articulados (anastomosados) y no articulados (no anastomosados) (Fig. 2A-D). En la Tabla 1 se presentan de forma comparativa los resultados obtenidos.

Estudios morfo-anatómicos en hoja

Exomorfología de pecíolo y base foliar: Los pecíolos de los representantes de la sect. *Jatropha*, *J. excisa* var. *excisa* y *J. pedersenii*, poseen el pecíolo con el lado adaxial plano, siendo la hoja de *J. pedersenii* subsésil (Fig. 3A y C). En *J. macrocarpa* y *J. hieronymi* de la otra sección, son cilíndricos y de longitud mayor a la lámina foliar (Fig. 3B y D). En el sitio de unión con el tallo, *J. excisa* var. *excisa*, *J. pedersenii* y *J. hieronymi* presentan estípulas que en la zona proximal (pie) están ramificadas. En *J. excisa* var. *excisa* y *J. pedersenii* son glandulares, en el primer caso son emergencias glandulares con cabeza ovoide (Fig. 3A) y en el segundo con cabeza globular (Fig. 3C). En *J. hieronymi* son eglandulares (Fig. 3D), mientras que *Jatropha macrocarpa* carece de estípulas (Fig. 3B).

Exomorfología de lámina foliar: En *J. excisa* var. *excisa*, *J. hieronymi* y *J. macrocarpa* la lámina es simple, orbicular, profundamente lobulada, con

base cordada y ápice agudo. El número de lóbulos varía de 3-5 en *J. excisa* var. *excisa*, mientras que, en *J. hieronymi* y *J. macrocarpa* siempre hay 5. Los lóbulos en *J. excisa* var. *excisa* y *J. hieronymi* son obovados a elípticos, acuminados, y solo en *J. hieronymi* terminan en un apículo; en *J. macrocarpa* son elípticos acuminados (Fig. 4A, C y G). Por su parte, el limbo de *J. pedersenii* es simple, ovado a angosto-ovado, con base truncada a atenuada y ápice agudo (Fig. 4E). El margen es entero en *J. pedersenii* y *J. macrocarpa*, crenado a aserrado en *J. excisa* var. *excisa* y dentado (con dientes algo cóncavos) en *J. hieronymi*. *Jatropha excisa* var. *excisa* y *J. pedersenii* presentan emergencias glandulares con forma de perilla, con una parte proximal (pie) y una parte distal pluricelular (cabeza). En *J. excisa* var. *excisa* el pie no es ramificado y la cabeza es achatada, en tanto que en *J. pedersenii* el pie está ramificado, de manera que las emergencias simulan una doble hilera en el margen foliar, siendo la cabeza globular (Fig. 4B y F). Las dos especies pertenecientes a la sect. *Peltatae* carecen de emergencias glandulares (Fig. 4D y H).

Indumento foliar: El pecíolo de *J. excisa* var. *excisa* y *J. pedersenii* presenta tricomas eglandulares uniseriados y emergencias glandulares. En el primer taxón, los tricomas se distribuyen uniformemente a lo largo del pecíolo, tienen cutícula lisa y están formados por dos a cuatro células, siendo la célula apical más

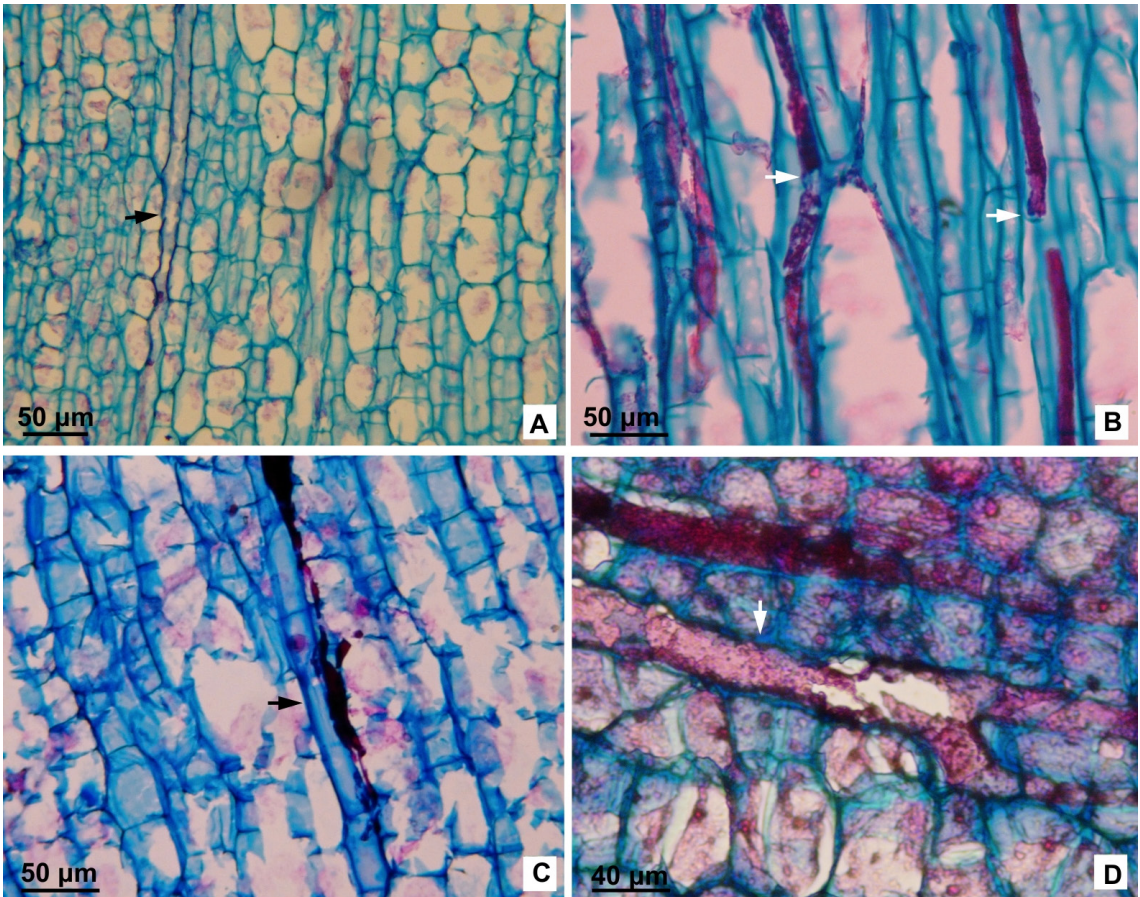


Fig. 2. Tipos de laticíferos en tallos de taxones nativos de *Jatropha* (corte longitudinal). **A-C**, laticíferos presentes en *J. excisa* var. *excisa*, *J. pedersenii* y *J. macrocarpa*. **D**, laticífero presente en *J. hieronymi*. **A**, no articulado y no anastomosado. **B**, articulado y no anastomosado (derecha), no articulado y anastomosado (izquierda). **C**, articulado y no anastomosado. **D**, articulado y anastomosado.

larga que el resto (Fig. 5A-C); las emergencias glandulares tienen un pie largo ramificado en la base y cabeza ovoide, son más numerosas y aumenta el grado de ramificación a medida que se disponen más cerca del sitio de inserción al tallo (Fig. 3A). En *J. pedersenii*, los tricomas se hallan solo en la cara adaxial, poseen cutícula lisa y están constituidos por dos células basales y la apical notoriamente más larga que las otras (Fig. 5E). Las emergencias glandulares son ramificadas y se disponen en dos filas longitudinales que recorren ambos laterales de dicha cara, mientras que la cara abaxial es glabra (Fig. 3C). Por su parte, *J. macrocarpa* y *J. hieronymi*, pertenecientes a la otra sección, presentan peciolo completamente glabros (Fig. 3B y D).

En la lámina de *J. excisa* var. *excisa* y *J. pedersenii* se presentan emergencias glandulares intercaladas con tricomas eglandulares uniseriados

con cutícula lisa. En *J. excisa* var. *excisa* y *J. pedersenii* se encuentran tricomas en ambas caras, siendo más frecuentes en la cara abaxial y aún más sobre las nervaduras principales del limbo. Los mismos son uni- a, bi- o tricululares en *J. excisa* var. *excisa* (Fig. 5D), mientras que, en *J. pedersenii* están formados por 1-6 células (Fig. 5F). En ambos taxones, las células apicales de los tricomas pluricelulares son notablemente más largas respecto de las demás, tal como se presenta en los tricomas del peciolo. *Jatropha hieronymi* presenta tricomas eglandulares y glandulares solo en el margen foliar, mientras que el limbo de *J. macrocarpa* es completamente glabro. En la Tabla 2 se comparan las características foliares de los cuatro taxones analizados.

Anatomía del peciolo: Todos los taxones presentan gránulos de almidón en el parénquima

cortical más cercano al floema, y una médula parenquimática. El número de haces vasculares varía entre los taxones, siendo los de mayor tamaño los que se ubican en la cara abaxial; en todos los casos el xilema presenta células taníferas. Las drusas son más numerosas y poseen menor diámetro en el floema ($11,05-22,10 \pm 4,16 \mu\text{m}$); en tanto que, en las células parenquimáticas el diámetro es de $25,79-73,69 \pm 16,43 \mu\text{m}$. Se destaca *J. pedersenii* por poseer cristales en mayor cantidad respecto de las demás especies. Los laticíferos de todos los taxones se distribuyen del mismo modo que los cristales, siendo más abundantes en el parénquima cortical y de mayor diámetro ($25,79-44,21 \pm 4,46 \mu\text{m}$) respecto de los encontrados en el floema. La Fig. 6 y la Tabla 3 presentan una comparación de la anatomía del peciolo en los taxones analizados.

Anatomía de lámina foliar: En todas las especies la epidermis es uniestratificada, con estomas en ambas caras ubicados al mismo nivel que las células epidérmicas propiamente dichas. El mesófilo es dorsiventral, con dos estratos

de parénquima en empalizada. El grosor del parénquima esponjoso es mayor, siendo esto muy notorio en *J. pedersenii* donde representa aproximadamente las $\frac{3}{4}$ partes del mesófilo (Fig. 7A-H). En ese taxón se aprecia que los espacios intercelulares del parénquima esponjoso son más reducidos y el estrato subepidérmico abaxial está compuesto por células más altas que anchas respecto a las demás células y en comparación a los otros taxones, cuyas células son más redondeadas o isodiamétricas. En la zona de la nervadura media, se observa un haz vascular colateral angosto-oval, rodeado de una vaina parenquimática. Se evidencian drusas de $25,79-66,32 \pm 10,46 \mu\text{m}$ de diámetro en las células del mesófilo y de $7,37-44,21 \pm 8,58 \mu\text{m}$ de diámetro en las células del floema. Los laticíferos se distribuyen en el mesófilo y colénquima, alcanzan un tamaño de $14,74-33,16 \pm 5,05 \mu\text{m}$ de diámetro. La distribución de los tejidos y de las estructuras secretoras se resume en la Tabla 3.

En vista superficial, se observó que todos los taxones analizados tienen una epidermis con cutícula lisa tanto en el epifilo como en el hipofilo.

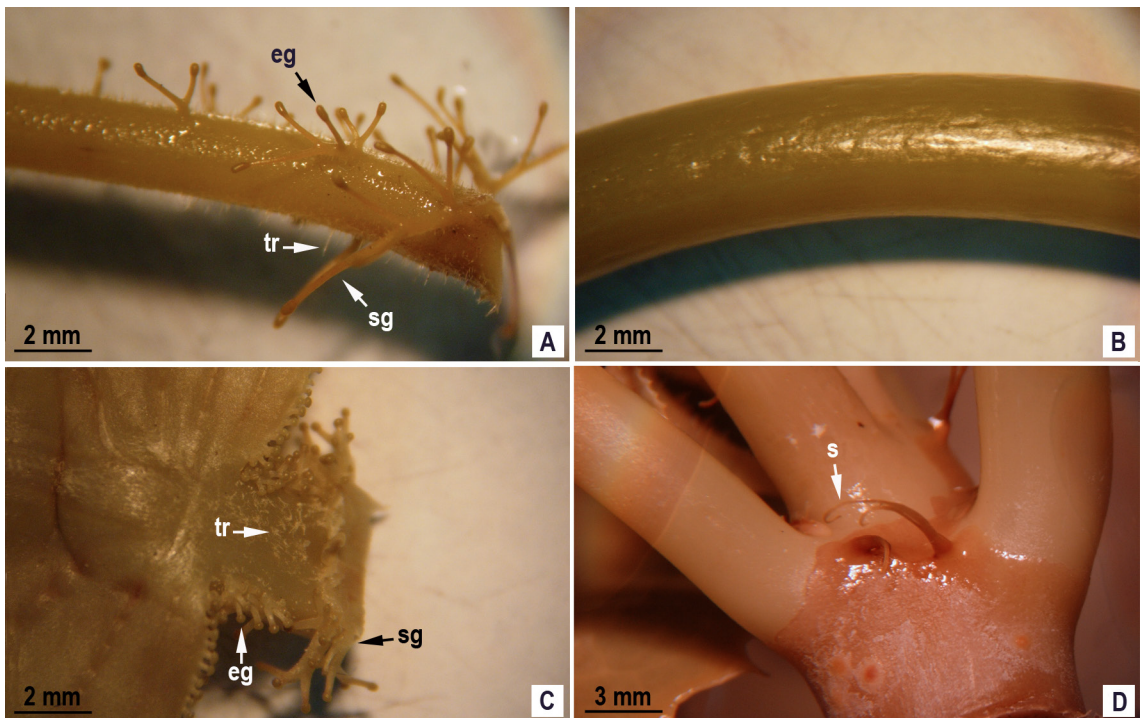


Fig. 3. Morfología de peciolo en taxones nativos de *Jatropa*. **A**, *Jatropa excisa* var. *excisa*, peciolo cilíndrico con tricomas, emergencias glandulares ramificadas y estipulas glandulares ramificadas. **B**, *Jatropa macrocarpa*, peciolo cilíndrico glabro. **C**, *Jatropa pedersenii*, peciolo semicircular con tricomas en la cara adaxial, emergencias glandulares ramificadas hacia los márgenes y estipulas glandulares ramificadas. **D**, *Jatropa hieronymi*, peciolo cilíndrico glabro con estipulas eglandulares ramificadas. Abreviaturas: **eg**, emergencia glandular; **s**, estipula eglandular; **sg**, estipula glandular; **tr**, tricoma.

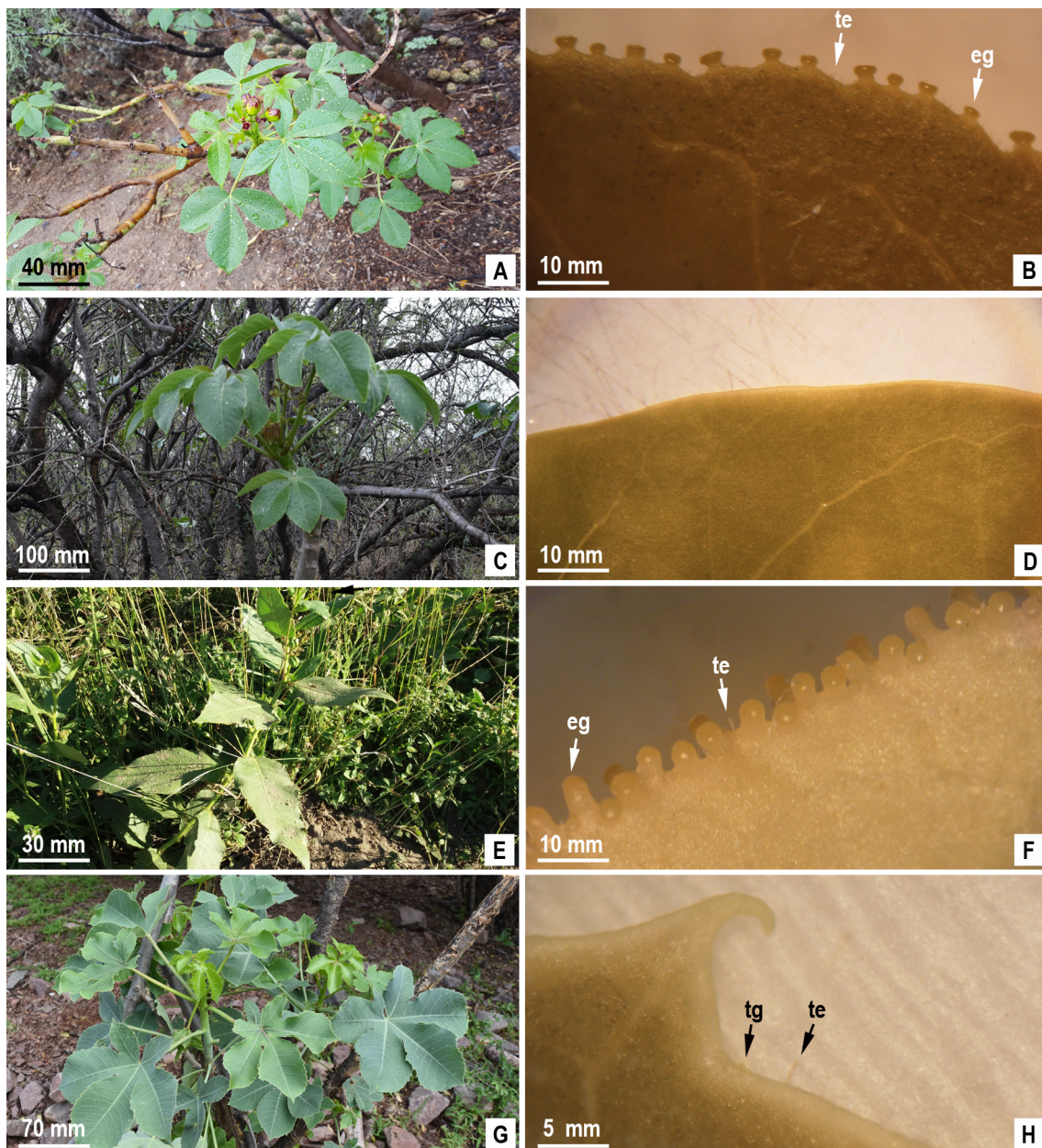


Fig. 4. Morfología de lámina foliar en taxones nativos de *Jatropha*. **A y B**, *Jatropha excisa* var. *excisa*. **A**, hojas con tres o cinco lóbulos. **B**, margen crenado a aserrado con tricomas eglandulares y emergencias glandulares. **C y D**, *Jatropha macrocarpa*. **C**, hojas con limbo pentalobular. **D**, margen entero, glabro. **E y F**, *Jatropha pedersenii*. **E**, hojas con lámina foliar simple. **F**, margen entero con tricomas eglandulares y emergencias glandulares. **G y H**, *Jatropha hieronymi*. **G**, hojas con limbo pentalobular. **H**, margen dentado con tricomas glandulares y eglandulares. Abreviaturas: **eg**, emergencia glandular; **te**, tricoma eglandular; **tg**, tricoma glandular.

Presentan múltiples complejos estomáticos. Los estomas anomocíticos son en general los de mayor tamaño y los paracíticos y braquiparacíticos los más frecuentes. Las células propiamente dichas

poseen forma poligonal, de tamaño igual o mayor que las células auxiliares y presentan paredes tangenciales finas y levemente onduladas (Fig. 8A-E).

Análisis histoquímico del látex

En el látex del tallo, pecíolo y lámina foliar de los cuatro taxones analizados, se detectó la presencia de proteínas, mucílagos y taninos, mientras que las pruebas para alcaloides, almidón, lignina y lípidos resultaron negativas.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Los taxones analizados forman parte habitual de la vegetación de las regiones fitogeográficas

donde habitan (Cabrera, 1971); se trata de pequeños árboles o arbustos con base leñosa, excepto *J. pedersenii* que es un subarbusto herbáceo con caudex subterráneo. En los nudos analizados de *J. macrocarpa* y *J. hieronymi* el felógeno está activo, visualizado por el desarrollo de una peridermis gruesa compuesta por numerosas capas de súber, en concordancia con lo descrito por Mansilla et al. (2021). Tavecchio et al. (2016), estudiando plántulas, observaron también súber en el hipocótilo de *J. macrocarpa*

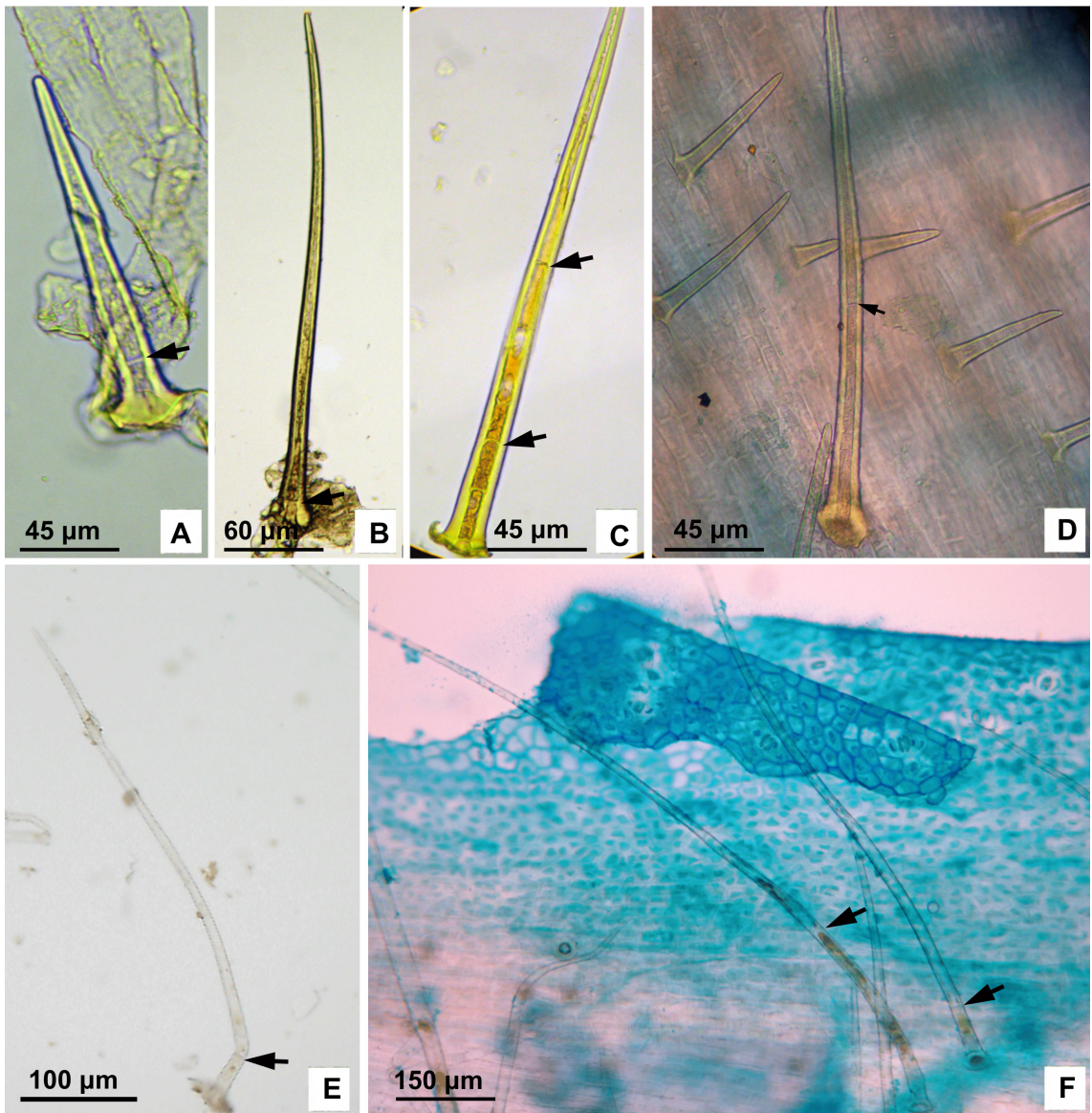


Fig. 5. Indumento eglandular foliar en taxones nativos de *Jatropha*. **A-D**, *Jatropha excisa* var. *excisa*. **A-C**, tricomas pluricelulares en pecíolo. **D**, tricomas pluricelular y unicelulares en lámina foliar. **E y F**, *Jatropha pedersenii*. **E**, tricoma pluricelular en pecíolo. **F**, tricomas pluricelulares en lámina foliar. Las flechas señalan paredes celulares.

Tabla 2. Características foliares de taxones nativos de *Jatropha* (Euphorbiaceae).

	Sect. <i>Peltatae</i>		Sect. <i>Jatropha</i>	
	subsect. <i>Peltatae</i>		subsect. <i>Isabellae</i>	subsect. <i>Adenophorae</i>
	<i>J. macrocarpa</i>	<i>J. hieronymi</i>	<i>J. pedersenii</i>	<i>J. excisa</i> var. <i>excisa</i>
Estípulas	ausentes	eglandulares ramificadas	emergencias glandulares ramificadas	emergencias glandulares ramificadas
Forma y long. del pecíolo (cm)	circular 10-13	circular 12-14	semicircular 0,4-0,6	semicircular, recto en la cara abaxial 5-8
Tamaño de la lámina (long x ancho $\pm$ ds, cm)	10 x 12 $\pm$ 1	8 x 11 $\pm$ 1	6 x 2,5 $\pm$ 1	4 x 5,5 $\pm$ 1
Forma de la lámina	profundamente lobulada, orbicular, con base cordada y ápice acuminado	profundamente lobulada, orbicular, con base cordada y ápice acuminado	entera, ovada a angosto-ovada, base truncada a atenuada y ápice agudo	profundamente lobulada, orbicular, con base cordada y ápice apiculado
Número de lóbulos y forma	5 elípticos acuminados	5 obovados a elípticos, apiculados	-	3-5 obovados a elípticos, acuminados
Margen de la lámina	entero, glabro	dentado, con dientes cóncavos, pubescente	entero, pubescente y con emergencias glandulares ramificadas	crenado a aserrado, pubescente y con emergencias glandulares no ramificadas
Pubescencia de la lámina	glabra	glabra	tricomas eglandulares en ambas caras	tricomas eglandulares en ambas caras

y *J. curcas*, el cual ayudaría a superar los fríos del invierno al aislar térmicamente al órgano. Sería valioso analizar este entrenudo en otros taxones del género para aseverar si presentan esta estrategia para enfrentar el clima donde habitan. En tanto que, en *J. pedersenii* y *J. excisa* var. *excisa* sólo se observó una epidermis uniestrata como tejido de protección. En el caso de la primera especie, los tallos siempre son herbáceos por su forma de vida, mientras que *J. excisa* var. *excisa* puede presentar peridermis dependiendo del nudo analizado, tal como lo observaron Mansilla et al. (2021) que describieron tallos leñosos, aunque en los mismos aún permanecía la epidermis en algunos sectores. La actividad cambial comienza tempranamente, lo que se evidencia por la presencia de tejidos vasculares secundarios en los cuatro tallos analizados. El desarrollo temprano del crecimiento secundario le confiere a las especies una adaptación a ambientes hostiles, permitiendo así la continuidad de los procesos metabólicos aún cuando las condiciones de crecimiento y desarrollo no son las óptimas (Pérez Cuadra & Cambi, 2014).

La distribución de los tejidos fundamentales en el tallo de las especies analizadas mostró

algunas diferencias entre ellas, las cuales están relacionadas con el ambiente en el que crecen y no son caracteres anatómicos que permiten la separación entre taxones. El colénquima se halla presente en la corteza caulinar de los cuatro taxones analizados, en coincidencia con lo observado en *Jatropha panduraefolia* Andri. de la sect. *Polimorphae* Pax. (Thakur & Patil, 2012), brindando soporte mecánico (Beltramini & Zapata, 2020). En *J. excisa* var. *excisa* y *J. pedersenii* se observan grupos de clorénquima subepidérmico que interrumpen el colénquima. Este tipo de parénquima clorofílico en tallos jóvenes contribuye al desarrollo rápido de la planta por ser fuente extra de carbono (De la Barrera & Smith, 2009). Thakur & Patil (2012) señalan que es frecuente la presencia de esclerenquima en las cercanías del floema dentro de la familia Euphorbiaceae, característica que se observa en los cuatro taxones descritos en este trabajo.

Las hojas de *Jatropha* son heterogéneas en cuanto a tamaño y arquitectura. El tamaño varía de 2-3 mm en hábitats xéricos extremos a 20 cm o más en condiciones mésicas (Dehgan & Webster, 1979; Dehgan, 1982). Los taxones analizados poseen hojas bien desarrolladas,

siendo las láminas foliares de *J. hieronymi* y *J. macrocarpa* las de mayor dimensión. Si bien, el gran tamaño no es un carácter típico de plantas que habitan ambientes áridos, las cuatro especies analizadas son caducifolias (Fahn, 1982; Fahn

& Cutler, 1992; Dehgan, 2012). Las plantas con esa estrategia evitan las condiciones adversas del invierno perdiendo las hojas y manteniendo una actividad metabólica muy baja. Durante el verano sufren una mayor pérdida de agua y son

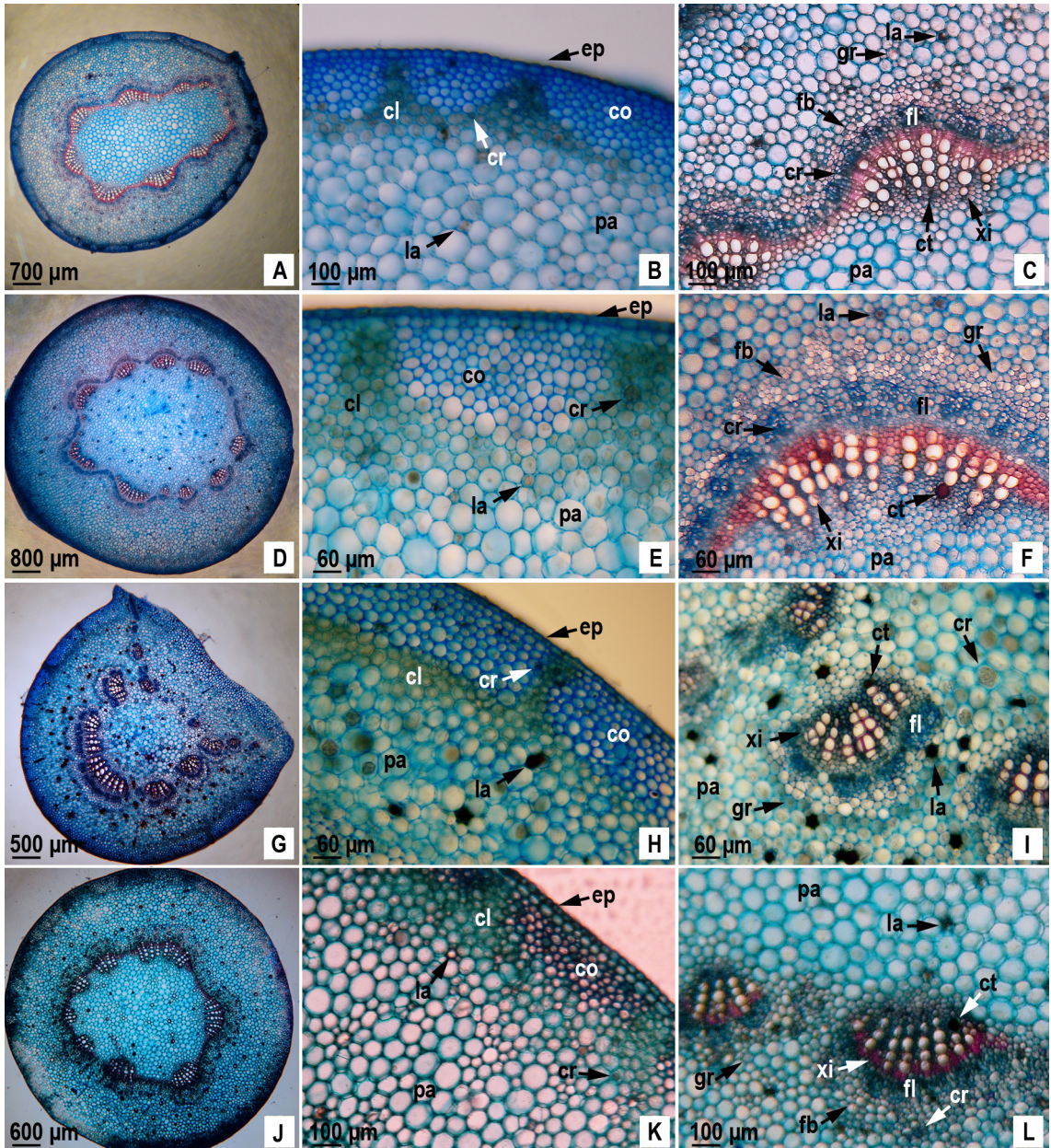


Fig. 6. Anatomía de peciolo en taxones nativos de *Jatropha*, en corte transversal. A-C, *Jatropha excisa* var. *excisa*. D-F, *Jatropha macrocarpa*. G-I, *Jatropha pedersenii*. J-L, *Jatropha hieronymi*. A, D, G y J, vista general. B, E, H y K, detalle de corteza. C, F, I y L, detalle de haz vascular. Abreviaturas: cl, clorénquima; co, colénquima; cr, cristales; ct, célula tanífera; ep, epidermis; fb, fibra; fl, floema; gr, gránulos de almidón; la, laticífero; pa, parénquima; xi, xilema.

más sensibles a la sequía que las perennifolias. Su mayor ventaja radica en que las hojas, con área específica foliar elevada, tienen mayor capacidad para adquirir energía solar y dióxido de carbono, y por tanto, obtienen una mayor ganancia de carbono (mediante la fotosíntesis), determinando altas tasas de crecimiento (Villar et al., 2008).

Exceptuando el tamaño de la hoja, los caracteres foliares exomorfológicos analizados presentan valor diagnóstico ya que permiten distinguir taxones y categorías infragenéricas. Así, hojas profundamente lobuladas y con pecíolos más largos que la lámina de las especies *J. hieronymi* y *J. macrocarpa* son propias de la sect. *Peltatae* a la que pertenecen. Mientras que,

la cantidad de lóbulos de las hojas de la sect. *Jatropha* es un carácter que distingue las subsect. *Adenophorae* (*J. excisa* var. *excisa*: 3-5 lóbulos) y subsect. *Isabellae* (*J. pedersenii*: hojas enteras) (Dehgan, 2012).

La variedad de tricomas tiene valor taxonómico ya que aporta datos de interés para la delimitación específica y/o genérica, este carácter ya fue utilizado por Kolawole et al. (2017) y Olowokudejo (1993) para separar taxones de *Jatropha* de África. En algunas especies de los subgéneros *Jatropha* y *Curcas*, los tricomas eglandulares a menudo están acompañados por las emergencias glandulares (Dehgan, 1982). En este estudio, el indumento de la lámina foliar permite distinguir a *J. macrocarpa*

Tabla 3. Distribución de los tejidos y de las estructuras secretoras en la hoja de especies nativas de *Jatropha* (Euphorbiaceae). Abreviaturas: **ai**, anisocíticos; **an**, anómalos con una célula; **ao**, anomocíticos; **br**, braquiparacíticos; **cl**, clorénquima; **co**, colénquima; **fl**, floema; **ge**, gemelo; **it**, isotricíticos; **pa**, paracíticos; **pc**, parénquima cortical; **pe**, parénquima en empalizada; **pm**, parénquima medular; **ps**, parénquima esponjoso; **st**, staurocíticos; **te**, tetracíticos; **xi**, xilema.

		Sect. <i>Peltatae</i>		Sect. <i>Jatropha</i>	
		subsect. <i>Peltatae</i>		subsect. <i>Isabellae</i>	subsect. <i>Adenophorae</i>
		<i>J. macrocarpa</i>	<i>J. hieronymi</i>	<i>J. pedersenii</i>	<i>J. excisa</i> var. <i>excisa</i>
Pecíolo	Colénquima angular (estratos)	6-7 discontinuo	6-7 discontinuo	6-7 discontinuo	6-7 discontinuo
	Clorénquima (estratos)	3-4	3-4	3-4	2-3
	Parénquima (estratos)	20-22	14-16	10-12	11-14
	Esclerenquima	fibras perivasculares	fibras perivasculares	ausente	fibras perivasculares
	Cantidad y disposición de hacedillos vasculares	10 en forma circular	9 en forma circular	7 en forma circular + 2 dispuestos en cara adaxial	9 en forma de U
	Cristales (drusas y prismáticos)	pc, pm, co, fl	pc, pm, co, fl	co, fl	pc, pm, co, fl
	Laticíferos	pc, pm, co, fl	pc, pm, co, fl	co, fl	pc, pm, co, fl
Lámina	Tipos de estomas (cara abaxial)	ao, ai, it, pa, br	ao, ai, it, pa, br, ge	ao, ai, it, pa, br, te	an, an, it, pa, br
	Tipos de estomas (cara adaxial)	ai, it, pa, br	ao, ai, it, pa, br, st, ge	ao, ai, it, pa, br, an	ao, ai, it, pa, br
	Parénquima en empalizada (estratos)	2	2	2	2
	Parénquima esponjoso (estratos)	7-8	7-8	8-9	7-8
	Colénquima en la cara adaxial de la nervadura media (estratos)	7-8	7-8	3-4	7-8
	Colénquima en la cara abaxial de la nervadura media (estratos)	3-4	3-4	3-4	3-4
	Células taníferas	co, xi	co, xi	co, xi	co, xi

(carente de tricomas) y *J. hieronymi* (con tricomas glandulares y eglandulares) de *J. excisa* y *J. pedersenii* (con tricomas eglandulares). Los tricomas glandulares que se observaron solo en el margen de la lámina de *J. hieronymi*, fueron

encontrados en otras especies de Euphorbiaceae (Lucena & Sales, 2005; Martínez Gordillo & Espinosa Matías, 2005) e incluso dentro del género *Jatropha* (Santos Carneiro et al., 2002; Leal & Agra, 2005; Leite de Vasconcelos et al.,

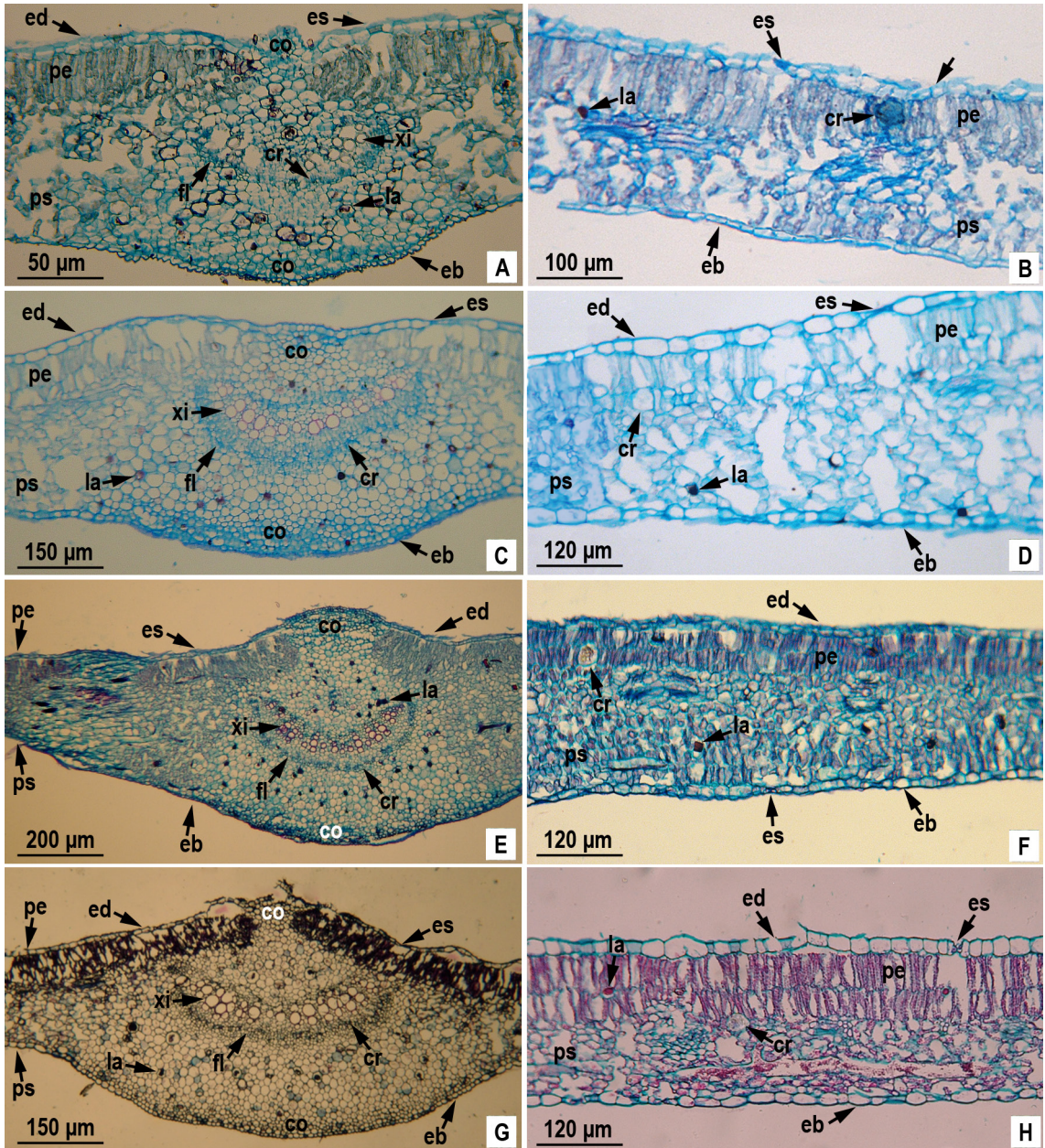


Fig. 7. Anatomía de lámina foliar en taxones de *Jatropha*, en corte transversal. A y B, *Jatropha excisa* var. *excisa*. C y D, *Jatropha macrocarpa*. E y F, *Jatropha pedersenii*. G y H, *Jatropha hieronymi*. A, C, E y G, detalle de haz vascular central. B, D, F y H detalle de mesofilo. Abreviaturas: co, colénquima; cr, cristales; eb, epidermis abaxial; ed, epidermis adaxial; es, estoma; fl, floema; la, laticífero; pe, parénquima en empalizada; ps, parénquima esponjoso; xi, xilema.

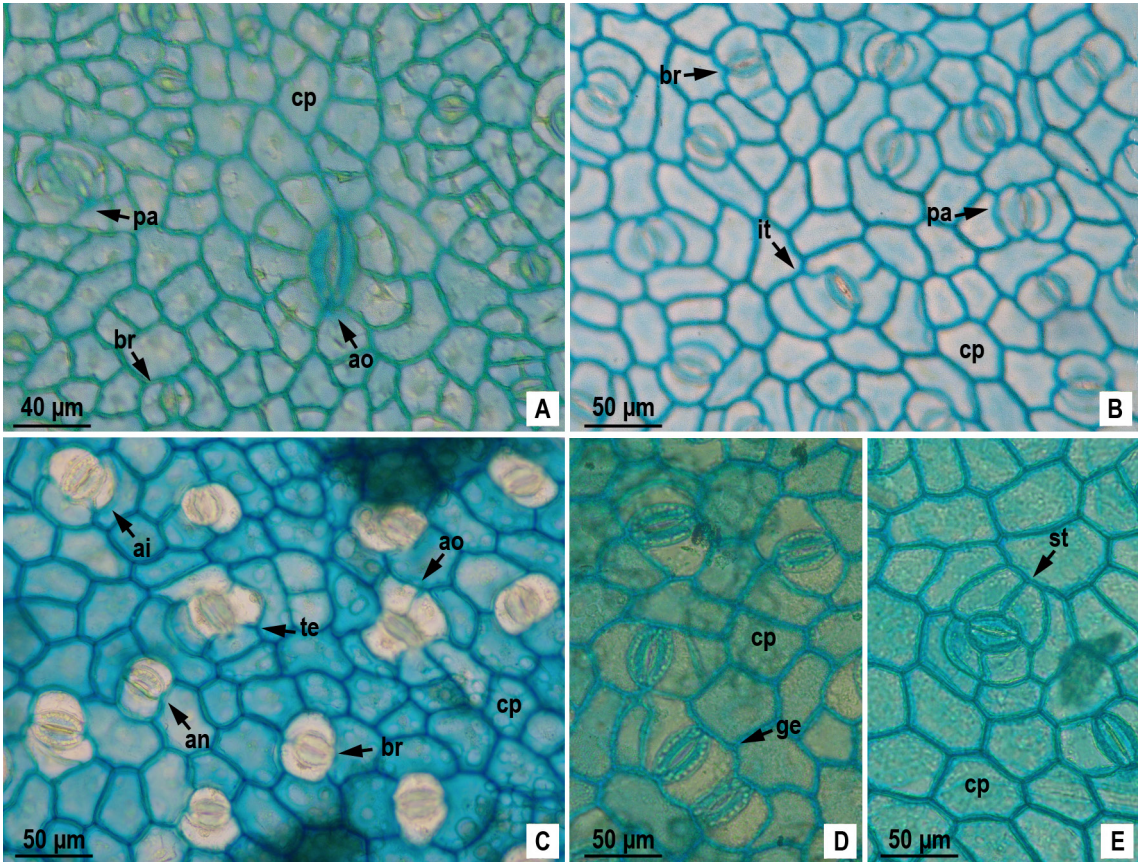


Fig. 8. Estomas de taxones nativos de *Jatropha*. **A**, hipófilo de *Jatropha excisa* var. *excisa*. **B**, hipófilo de *Jatropha macrocarpa*. **C**, hipófilo de *Jatropha pedersenii*. **D** y **E**, *Jatropha hieronymi*. **D**, hipófilo. **E**, epífilo. Abreviaturas: **ai**, anisocítico; **an**, anómalo con una sola célula oclusiva; **ao**, anomocítico; **br**, braquiparacítico; **cp**, célula epidérmica propiamente dicha; **ge**, gemelo; **it**, isotricítico; **pa**, paracítico; **st**, staurocítico; **te**, tetracítico.

2011). La ausencia de tricomas en hoja de *J. macrocarpa* y su escasez en la lámina foliar de *J. hieronymi* está en consonancia con los resultados de Fernández Casas & Pizarro Domínguez (2006, 2007), Fernández Casas (2004, 2014) y Dehgan (2012), quienes han descrito hojas glabras para *J. grossidentata*, *J. hieronymi*, *Jatropha pachypoda* Pax y *Jatropha wedelliana* Baillon, pertenecientes a la misma sección.

Anteriormente, se ha señalado la presencia de emergencias glandulares en Euphorbiaceae (Untawale & Mukherjee, 1968; Guantay et al., 2008). Algunas especies del género *Jatropha* se destacan por poseerlas en peciolo y lámina foliar. Untawale & Mukherjee (1968) las describen en *J. gossypifolia* y Hadid et al. (2013) en *J. excisa*. En este trabajo se corroboró la presencia de emergencias glandulares en la hoja de *J. excisa* var. *excisa*, y se las caracterizó en *J. pedersenii*. Estas emergencias producen secreciones que pueden

disuadir a posibles depredadores o insectos fitófagos, y contribuyen a la impermeabilización de la superficie del órgano; también han sido asociadas a la función de lubricar y evitar la desecación de las yemas (Fahn 1979; Kronstedt Robards & Robards 1991). Las secreciones son producidas por células epidérmicas de forma columnar y se acumulan por debajo de la cutícula, confiriéndole al conjunto de células la forma de una ampolla o perilla, hasta que estas células se rompen y la sustancia se libera. La consistencia de las secreciones suele ser pegajosa y a veces se encuentra coloreada (Fahn, 1982). La presencia, forma, distribución y ramificación de las emergencias glandulares de cada taxón analizado en este trabajo, pueden ser considerados caracteres que permiten distinguir especies, pero no así secciones y subsecciones.

Los cuatro representantes analizados poseen hojas anfiestomáticas, al igual que *J. curcas*, *J.*

tanjorensis J.L. Ellis & Saroja y *J. gossypifolia* (Abdulrahman et al., 2009; Idu et al., 2009); aunque también se han descrito en el género taxones con láminas foliares hipoestomáticas (Soyewo et al., 2015; Kolawole et al., 2017). La ubicación de los estomas en ambas caras del limbo facilita un rápido intercambio gaseoso cuando las condiciones climáticas son adversas (Fahn & Cutler, 1992; Pérez Cuadra & Cambi, 2014). Los resultados del presente trabajo concuerdan con los reportes para el género, que mencionan estomas anisocíticos, anomocíticos, braquiparacíticos y paracíticos (Abdulrahman et al., 2009; Aworinde et al., 2009; Kolawole et al., 2017; Olowokudejo, 1993; Rai & Tiwari, 2012; Syahrani et al., 2023). No obstante, no hay registros anteriores en *Jatropha* de las variantes restantes encontradas en este trabajo (tetracíticos, staurocíticos, isotricíticos, gemelos y aquellos con una sola célula oclusiva). En Euphorbiaceae, Inamdar & Gangadhara (1977) han encontrado estomas con una célula oclusiva y gemelos, y Raju & Rao (1977) hallaron estomas con cuatro células auxiliares. Los estomas isotricíticos se citan por primera vez en la familia Euphorbiaceae.

Las diferentes tipologías de los complejos estomáticos también han sido utilizadas como carácter taxonómico en numerosas ocasiones, tanto dentro del género *Jatropha* como entre familias (Hidayat & Kusdianti, 2009; Rai & Tiwari, 2012; Thakur & Patil, 2011, entre otros). Sin embargo, en este estudio, los tipos de estomas no aportan información para distinguir las secciones *Jatropha* y *Peltatae*. En cambio, sí podrían contribuir a la delimitación específica: *J. macrocarpa* carece de estomas anomocíticos en el epifilo, a diferencia de las demás especies estudiadas, *J. pedersenii* tiene estomas tetracíticos y con una sola célula oclusiva, ausentes en otros miembros de la sección *Jatropha*, y *J. hieronymi* cuenta con estomas staurocíticos y gemelos, no presentes en los demás taxones analizados.

La ausencia o escasez de tricomas en la hoja, concomitante con la presencia de estomas paracíticos y poca o ninguna ornamentación cuticular, tal como se observó en *J. macrocarpa* y *J. hieronymi*, puede considerarse una característica primitiva y es consistente con la hipótesis de que el género ha evolucionado con adaptación a condiciones áridas (Dehgan, 2012).

La presencia de fibras en las cercanías del tejido vascular en peciolo es frecuente para las especies del género (Dehgan, 1980), tal como se observó en *J. excisa* var. *excisa*, *J. macrocarpa* y *J. hieronymi*. Se conoce que estas fibras cumplen una importante función protectora de los elementos conductores en plantas que habitan en lugares áridos (Fahn & Cutler, 1992). En *J. pedersenii* se destaca la ausencia de estas fibras, lo cual podría

deberse a que la especie crece en ambientes más húmedos.

En cuanto a la cantidad y distribución de los haces vasculares en el peciolo, Dehgan reporta para la sección *Jatropha* (a la cual pertenecen *J. excisa* var. *excisa* y *J. pedersenii*) la presencia de siete o nueve haces vasculares principales distribuidos en forma de “U” más dos dorsales; estos últimos invierten a las emergencias glandulares. Particularmente para *J. excisa* var. *pubescens* el autor describió siete haces vasculares en forma de “U” más dos dorsales. En el presente trabajo, no se discriminaron esos dos haces vasculares dorsales en *J. excisa* var. *excisa*, sino que se apreciaron nueve unidades principales dispuestas en forma de “U”. En *J. pedersenii* en cambio, se evidenciaron siete haces vasculares en forma de anillo más dos dorsales, coincidiendo con lo reportado por el autor para la sección. En *J. macrocarpa* y *J. hieronymi* (sect. *Peltatae*) no se observa total concordancia con lo expuesto por el autor. Si bien coincide la disposición en forma de círculo del tejido vascular, se identificaron 10 haces vasculares en *J. macrocarpa* y nueve en *J. hieronymi*; mientras que, Dehgan (1982) indica la presencia de siete u 11 unidades vasculares. Estos resultados indican que la cantidad de trazas vasculares debe ser reevaluada antes de ser utilizada como carácter en las claves dicotómicas para distinguir categorías infragénicas.

La estructura foliar es dorsiventral en todos los taxones analizados, al igual que en otros representantes del género tales como *J. curcas*, *Jatropha maheswarii* Subr. & Nayar, *Jatropha molissima* (Pohl) Baill. y *Jatropha ribifolia* (Pohl) Baill. (Leal & Agra, 2005; Melo et al., 2011; Uthayakumari & Sumathy, 2011; Sá et al., 2013), que presentan dos estratos de parénquima en empalizada como lo observado en los representantes analizados en este trabajo. Tavecchio et al. (2016) observaron tres capas de parénquima en empalizada en *J. macrocarpa*. El mayor número de capas está asociado a plantas que reciben altos niveles de radiación y tienen resistencia a las heladas (Palta & Li, 1979; Yano & Terashima, 2001). Idu et al. (2009) registran varias capas de parénquima en empalizada tanto hacia la cara abaxial como adaxial en poblaciones de *J. curcas* y *J. tanjorensis* cultivadas en Benin (África). Estas diferencias inter- e intraespecíficas pueden deberse a la plasticidad fenotípica que presentan algunas plantas como respuesta adaptativa a las distintas condiciones ambientales en las que crecen y depende si la planta crece en cultivo o no (Torrecilla et al., 2009; Rodrigues et al., 2014).

La presencia de gránulos de almidón en tallo es común en dicotiledóneas (Fahn, 1982) y anteriormente se ha demostrado la presencia

de este carbohidrato en tallo de *J. curcas*, *J. macrocarpa* y *J. cinerea* (Ortega) Muell Arg. (Tavecchio et al., 2016; Soto Landeros, 2017) y en otros órganos de representantes del género: Liu et al. (2007) en anteras; Oladipo & Illoh (2012) en leño y Uthayakumari & Sumathy (2011) en hoja. En este estudio, en los tallos de *J. excisa* var. *excisa*, *J. macrocarpa* y *J. hieronymi* se observaron abundantes gránulos de almidón en el parénquima cortical y medular, en comparación con su acumulación restringida al parénquima perivascular en los tallos de *J. pedersenii*, que habita en una región más húmeda. El almacenamiento de este compuesto orgánico es una fuente de reserva energética de extrema utilidad para aquellas plantas que habitan en ambientes adversos, y podría ayudar a mantener la concentración osmótica intracelular en períodos fríos, mediante el catabolismo de esa macromolécula (Cavender-Bares et al., 2005; Guerra & Medri, 2015; Fernandez et al., 2016). En el presente trabajo las muestras se colectaron en época estival, excepto *J. pedersenii* que fue muestreada en Agosto, un periodo asociado a menor temperatura y humedad; por lo que sería conveniente analizar la presencia y distribución del almidón en distintos taxones, considerando la temperatura y precipitación mensual de los lugares en que habitan o fueron recolectados.

En los ambientes áridos, la producción de biomasa es costosa; por lo tanto, las plantas han desarrollado diversos mecanismos para evitar su pérdida a causa de la herbivoría o el ataque de microorganismos. Además de las ya mencionadas estrategias, se puede incluir la presencia de células con taninos o cristales y laticíferos (Fahn, 1986). Las especies analizadas en este trabajo presentan taninos en el xilema y en los laticíferos de tallo y hoja, al igual que lo reportado en ambos órganos de otras especies de *Jatropha* (Syahrani et al., 2023). La presencia de taninos se vincula con una diversidad de funciones ecológicas, ya que proveen un efecto protector contra la sequía, la radiación UV-B y la herbivoría, entre sus principales funciones (Gourlay et al., 2022). Por su parte, los cristales contribuyen a prevenir el ataque de herbívoros, disipar los rayos solares, brindar soporte estructural o permitir el correcto funcionamiento del metabolismo celular (Taiz & Zeiger, 2006; Torrecilla et al., 2009; Hunsche et al., 2010 Ruiz et al., 2016); su presencia ha sido registrada en otros representantes del género (Melo et al., 2011; Uthayakumari & Sumathy, 2011; Elumalai et al., 2013) y se confirma acá en las poblaciones analizadas, protegiendo a las plantas de la radiación propia de los ambientes en que crecen.

En cuanto a la distribución y tipo de laticíferos, éstos concuerdan con lo encontrado para otras

especies de la familia Euphorbiaceae (Dehgan & Craig, 1978; Dehgan, 1980; Rudall, 1994; Diniz et al., 2013; Assis et al., 2013; Vitarelli et al., 2015). En *Jatropha*, varios estudios han demostrado que estos caracteres pueden ser utilizados para delimitar las secciones (Dehgan & Craig, 1978; Dehgan, 1980; Uthayakumari & Sumathy, 2011; Krishnamurthy et al., 2013). En este trabajo, la distribución de los laticíferos no aporta información taxonómica relevante, pero sí los tipos observados, que permiten diferenciar a *J. hieronymi* de los otros taxones analizados. Los laticíferos están distribuidos en distintas partes del cuerpo de la planta, principalmente cerca de los elementos vasculares y podrían formarse en el propio embrión o en los tejidos adultos por actividad del cámbium (Rao & Malaviya, 1964; Krishnamurthy et al., 2013). Las pruebas histoquímicas realizadas revelaron la presencia de taninos, mucílagos y proteínas en el látex, siendo estos compuestos también detectados en otras especies del género (Kaladhar et al., 2009; Assis et al., 2013; Diniz et al., 2013; Kolawole et al., 2017; Krishnamurthy et al., 2013). Los mucílagos presentes en los laticíferos de tallo y hoja contribuyen al sellado de las heridas y la defensa frente a agentes bióticos (Demarco et al., 2006; Taiz & Zeiger, 2006; Agrawal & Konno, 2009; Ramos et al., 2020). Además, al igual que los taninos, contribuyen a la retención de agua (Fahn & Cutler, 1992), siendo ventajosos para taxones que crecen en ambientes áridos como *J. hieronymi*, *J. macrocarpa* y *J. excisa* var. *excisa*. El látex de algunas especies de *Jatropha* ha sido utilizado en la medicina tradicional por sus propiedades antibacterianas y Hernández Hernández et al. (2017) constatan que el látex de *Jatropha neopauciflora* Pax contribuye al proceso de cicatrización de heridas, probablemente evitando infección por microorganismos, inhibiendo la inflamación y actuando como antioxidante. A partir de estos resultados se hace necesario y valioso realizar nuevos estudios químicos para evaluar las propiedades del látex en los representantes nativos.

A partir del trabajo realizado, se detectaron caracteres morfo-anatómicos que responden al ambiente y no tienen valor taxonómico, tales como la distribución de los tejidos fundamentales en el tallo, peciolo y lámina; y la presencia de almidón, taninos y cristales. *Jatropha macrocarpa* y *J. hieronymi* exhiben caracteres propios de plantas adaptadas a ambientes xéricos: desarrollo temprano del crecimiento secundario, abundantes estratos corticales en el tallo y hojas caducifolias. Otros caracteres xeromórficos que comparten esas especies con *J. excisa* var. *excisa*, y que las diferencia de *J. pedersenii*, que crece en otra región geográfica, son la presencia de fibras

perivasculares en el pecíolo y la abundancia de almidón en los tallos. Por otra parte, confirmamos que los siguientes caracteres, utilizados por Dehgan (2012) para separar secciones y subsecciones, presentan valor taxonómico para esas categorías: cantidad de lóbulos, forma de la lámina foliar y largo del pecíolo. Mientras que, la cantidad y distribución de los haces vasculares en el pecíolo, el indumento de la lámina foliar, la presencia y tipos de emergencias glandulares, y los tipos de estomas y laticíferos pueden contribuir a la delimitación específica de los taxones considerados. Sería conveniente incluir representantes de otras especies para corroborar la robustez de estos caracteres en claves taxonómicas. Se destaca la importancia de este trabajo por ser uno de los pocos que describen exhaustivamente la morfo-anatomía vegetativa y las estructuras secretoras presentes en representantes nativos de *Jatropha*, siendo el primero para *J. pedersenii*.

AGRADECIMIENTOS

Las autoras agradecen a la Secretaría de Ciencia y Técnica (SECyT) de la Universidad Nacional de Córdoba (UNC) por el financiamiento otorgado para llevar adelante la investigación, y a María Teresa Cosa y Gabriela López por proporcionar parte del material analizado.

BIBLIOGRAFÍA

- Abdulrahman, A. A.; O. M. Kolawole & R. N. Ahmed. 2009. Anatomical studies of *Jatropha curcas* Linn. and *J. gossypifolia* Linn. and associated microflora under different watering conditions. *Biological and Environmental Sciences Journal for the Tropics* 7(1): 55-61.
- Agrawall, A. A. & K. Konno. 2009. Latex: a model for understanding mechanisms, ecology and evolution of plant defense against herbivory. *The Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 40: 311-331. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.110308.120307>
- Andersen, F.; F. Iturmendi, S. Espinosa, & M. S. Díaz. 2012. Optimal design and planning of biodiesel supply chain with land competition. *Computers and Chemical Engineering* 47: 170-182. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compchemeng.2012.06.044>
- Aranda Rickert, A.; L. Morzán & S. Fracchia. 2011. Seed oil content and fatty acid profiles of five Euphorbiaceae species from arid regions in Argentina with potential as biodiesel source. *Seed Science Research* 21(1): 63-68. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0960258510000383>
- Assis, J. M.; N. M. Porto & M. F. Agra. 2013. Caracterização anatômica e histoquímica de estruturas secretoras de folhas e caule de *Jatropha mollissima* (Euphorbiaceae). Póster presentado en el 64° Congresso Nacional de Botânica. Belo Horizonte, Brasil.
- Aworinde, D. O.; D. U. Nwoye, A. A. Jayeola, A. O. Olagoke & A. A. Ogundele. 2009. Taxonomic significance of foliar epidermis in some members of Euphorbiaceae family in Nigeria. *Research Journal of Botany* 4(1): 17-28. DOI: <https://doi.org/10.3923/rjb.2009.17.28>
- Babahmad, R. A.; A. Aghraz, A. Boutafda, E. G. Papazoglou, P. A. Tarantilis, C. Kanakis, M. Hafidi, Y. Ouhdouch, A. Outzourhit & A. Ouhammou, A. 2018. Chemical composition of essential oil of *Jatropha curcas* L. leaves and its antioxidant and antimicrobial activities. *Industrial crops and products* 121: 405-410. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.05.030>
- Beltrami, V. S. & R. M. Zapata. 2020. Adaptaciones morfológicas de la plántula de *Ramorinoa girolae* (Fabaceae) a condiciones de aridez. *Lilloa* 57(1): 1-12.
- Cabrera, A. L. 1994. *Regiones fitogeográficas argentinas*, 1ª reimpression, revisión a cargo de W. F. Kugler. Enciclopedia argentina de agricultura y jardinería, tomo 2, fasc. 1. Buenos Aires: Acme. (Publ. orig. 1976).
- Cavalcante, N. B.; A. D. da Conceição Santos & J. R. G. da Silva Almeida. 2020. The genus *Jatropha* (Euphorbiaceae): A review on secondary chemical metabolites and biological aspects. *Chemico-biological interactions* 318: 108976.
- Cavender-Bares, J.; P. Cortes, S. Rambal, R. Joffre, B. Miles & A. Rocheteau. 2005. Summer and winter sensitivity of leaves and xylem to minimum freezing temperatures: A comparison of co-occurring Mediterranean oaks that differ in leaf lifespan. *New Phytologist* 168(3): 597-612.
- Clérico, S.; J. Aranda, P. Martínez, C. Torchán & F. Baravalle. 2013. Caracterización morfológica y citogenética de *Jatropha excisa*, en la ecorregión chaco seco de la provincia de Catamarca. *Revista Virtual: Revista Biología en Agronomía* 3(1): 24-36.
- Dehgan, B. 1980. Application of epidermal morphology to taxonomic delimitations in the genus *Jatropha* L. (Euphorbiaceae). *Botanical Journal of the Linnean Society* 80(3): 257-278. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1095-8339.1980.tb01989.x>
- Dehgan, B. 1982. Comparative anatomy of the petiole and infrageneric relationships in *Jatropha* (Euphorbiaceae). *American Journal of Botany* 69(8): 1283-1295. DOI: <https://doi.org/10.1002/j.1537-2197.1982.tb13374.x>
- Dehgan, B. & M. E. Craig. 1978. Types of laticifers and crystals in *Jatropha* and their taxonomic implications. *American Journal of Botany* 65(3): 345-352. DOI: <https://doi.org/10.1002/j.1537-2197.1978.tb06077.x>
- Dehgan, B. & B. Schutzman. 1994. Contributions toward a

- monograph of the Neotropical *Jatropha*: phenetic and phylogenetic analysis. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 81(2): 349-367. DOI: <https://doi.org/10.2307/2992102>
- Dehgan, B. & G. L. Webster. 1979. *Morphology and infrageneric relationships of the genus Jatropha (Euphorbiaceae)*: volumen 74. Berkeley - Los Ángeles - Londres: University of California Press.
- Dehgan, B. 2012. *Jatropha (Euphorbiaceae)*. Flora Neotropica Monograph 110. The New York Botanical Garden Press.
- De La Barrera, E. & W. K. Smith (eds.). 2009. *Perspectives in Biophysical Plant Ecophysiology: A Tribute to Park S. Nobel*. México D. F.: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Demarco, D.; L. S. Kinoshita & M. M. Castro. 2006. Laticíferos articulados anastomosados - novos registros para Apocynaceae. *Revista Brasileira de Botânica* 29(1): 133-144. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-84042006000100012>
- Dilcher, D. L. 1974. Approaches to the identification of angiosperm leaf remains. *The Botanical Review* 40(1): 1-157. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF02860067>
- Diniz, R. P.; N. D. Araújo & M. F. Agra. 2013. Anatomía e histoquímica foliar e caulinar de *Jatropha ribifolia* (Euphorbiaceae). Póster presentado en el 64º Congresso Nacional de Botânica. Belo Horizonte, Brasil.
- Elumalai, R.; R. Selvaraj & A. L. A. Chidambaram. 2013. Biosystematical studies in some taxa of *Jatropha* Linn. *International Journal of Current Science* 6: 63-69.
- Fahn, A. 1979. *Secretory tissues in plants*. Londres: Academic Press.
- Fahn, A. 1982. *Plant Anatomy*. Oxford: Pergamon Press.
- Fahn, A. 1986. Structural and functional properties of trichomes of xeromorphic leaves. *Annals of Botany* 57(5): 631-637. DOI: <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.aob.a087146>
- Fahn, A. & D. F. Cutler. 1992. *Xerophytes*. Stuttgart: Gebrüder Borntraeger.
- Falasca, S. & A. Ulberich. 2008. Las especies del género *Jatropha* para producir biodiesel en Argentina. *Revista Virtual Redesma* 2(1): 1-19.
- Fernández, R. D.; O. Varela & P. L. Albornoz. 2016. Anatomía de hoja, tallo y raíz de *Halophytum ameghinoi* (Halophytaceae), especie endémica de Argentina. *Lilloa* 53(1): 23-31.
- Fernández Casas, F. J. 2004. *Jatropha wedelliana* Baillon (Euphorbiaceae): nomenclatura, sistemática, morfología y distribución. Madrid: Adumbraciones ad Summae Editionem.
- Fernández Casas, F. J. 2014. *Jatropha pachypoda* Pax (1910) (Euphorbiaceae), morfología, nomenclatura, sistemática y distribución. Madrid: Adumbraciones ad Summae Editionem.
- Fernández Casas, F. J. & J. M. Pizarro Domínguez. 2006. *Jatropha grossidentata* Pax & K. Hoffm. (Euphorbiaceae). Nomenclatura, sistemática, morfología y distribución. Madrid: Adumbraciones ad Summae Editionem.
- Fernández Casas, F. J. & J. M. Pizarro Domínguez. 2007. *Jatropha hieronymi* Kuntze (Euphorbiaceae) nomenclatura, sistemática, morfología y distribución (versión completa, en color). Madrid: Adumbraciones ad Summae Editionem.
- Giménez, A. M. & J. G. Moglia. 2003. Árboles del Chaco argentino: guía para el reconocimiento dendrológico. Santiago del Estero: Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Santiago del Estero.
- Gourlay, G.; B. J. Hawkins, A. Albert, J. P. Schnitzler & C. P. Constabel. 2022. Condensed tannins as antioxidants that protect poplar against oxidative stress from drought and UV-B. *Plant, Cell & Environment* 45(2): 362-377.
- Gorosito, J. M.; A. M. Matesevach Becerra & V. A. Cabrera. 2023. Implicancia taxonómica de la anatomía del peciolo en taxones nativos de *Jatropha* y la especie emparentada *Manihot anisophylla* (Euphorbiaceae). Libro de resúmenes de las XXXIX Jornadas Argentinas de Botánica. 58:110-111. Catamarca, Argentina.
- Guantay, M. E.; A. C. Slanis & E. V. Bulacio. 2008. Caracterización del indumento caulinar de *Acalypha poiretti* (Euphorbiaceae, Acalyphaceae). *Lilloa* 45(1-2): 61-65.
- Guerra, A. & C. Medri. 2015. Diferenciação morfoanatômica de *Lepismium cruciforme* (Vell.) Miq. (Cactaceae) do dosel e do sub-bosque. *SaBios: Revista De Saúde E Biologia* 10(1): 43-51.
- Guo, G. Y.; S. H. Wang, Y. Xu, L. Tang, M. Q. Yu & F. Chen. 2016. Molecular phylogenetic analysis of key *Jatropha* species inferred from nrDNA ITS and chloroplast (*trn* LF and *rbc* L) sequences. *Genes & Genomics* 38: 557-566.
- Hadid, M.; M. Matesevach, A. Pérez, N. Dottori & M. T. Cosa. 2013. Emergencias glandulares en *Jatropha excisa* (Euphorbiaceae). Libro de resúmenes de las XXXIV Jornadas Argentinas de Botánica 48: 144-145. La Plata, Argentina.
- Hernandez Hernandez, A. B.; F. J. Alarcon Aguilar, J. C. Almanza Perez, O. Nieto Yañez, J. M. Olivares Sanchez, A. Duran Diaz, M. A. Rodriguez Monroy & M. M. Canales Martinez. 2017. Antimicrobial and anti-inflammatory activities, wound-healing effectiveness and chemical characterization of the latex of *Jatropha neopauciflora* Pax. *Journal of Ethnopharmacology* 204: 1-7. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jep.2017.04.003>
- Hidayat, T. & K. Kusdianti. 2009. Stomata diversification and phylogenetic analysis of 13 species of family Euphorbiaceae

- sensu lato. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity* 10(1): 19-22. DOI: <https://doi.org/10.13057/biodiv/d100104>
- Hunsche, M.; K. Bürling, A. S. Saied, M. Schmitz-Eiberger, M. Sohail, J. Gebauer, G. Noga & A. Buerkert. 2010. Effects of NaCl on surface properties, chlorophyll fluorescence and light remission, and cellular compounds of *Grewia tenax* (Forssk.) Fiori and *Tamarindus indica* L. leaves. *Plant Growth Regulation* 61(3): 253-263.
- Idu, M.; O. Timothy, H. I. Onyibe & A. O. Comor. 2009. Comparative morphological and anatomical studies on the leaf and stem of some medicinal plants: *Jatropha curcas* L. and *Jatropha tanjorensis* J. L. Ellis and Saroja (Euphorbiaceae). *Ethnobotanical Leaflets* 13: 1232-1239.
- Kaladhar, D. S. V. G. K.; K. V. V. Satyanarayana & I. Bhaskar Reddy. 2009. Biochemical and antimicrobial studies of the genus *Jatropha excisa*. *Biosciences Biotechnology Research Asia* 6(1): 331-336.
- Khattab, A. M.; U. M. E. Segai & F. H. Yusuf. 2015. Morphological and anatomical studies on *Jatropha curcas* L. plant. *Middle East Journal of Agriculture Research* 4(2): 373-378.
- Kolawole O. S.; A. A. Abdulrahman, M. A. Jimoh & F. A. Oladele. 2016. Morphometric study of the Genus *Jatropha* Linn. (Euphorbiaceae) in Nigeria. *Notulae Scientiae Biologicae* 8(2): 211-215. DOI: <http://doi.org/10.15835/NSB829768>
- Kolawole, O. S.; M. A. Jimoh, F. Yakubu & C. E. Chukwuma. 2017. Taxonomic value of the leaf micro-morphology and quantitative phytochemistry of *Jatropha integerrima* Jacq. and *Jatropha podagrica* Hook. (Euphorbiaceae)- known horticultural plants in Nigeria. *Anales de Biología* 39: 55-62. DOI: <http://doi.org/10.6018/analesbio.39.06>
- Kraus, J. E.; H. C. de Sousa, M. H. Rezende, N. M. Castro, C. Vecchi & R. Luque. 1998. Astra blue and basic fuchsin double staining of plant materials. *Biotechnic & Histochemistry* 73(5): 235-243. DOI: <https://doi.org/10.3109/10520299809141117>
- Krishnamurthy, K.V.; P. Venkatasubramanian & S. Lalitha. 2013. Laticifers of *Jatropha*, en Bahadur, B.; M. Sujatha & N. Carels (eds.), *Jatropha, Challenges for a New Energy Crop*: volumen 2, pp. 3-10. New York: Springer. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-1-4614-4915-7>
- Kronstedt Robards, E & A. W. Robards. 1991. Exocytosis in gland cells, en (ed.) Hawes, C. R., Coleman, J. O. D. & D. E. Evans, *Endocytosis, exocytosis and vesicle traffic in plants*, pp. 199-222. Great Britain: Cambridge University Press.
- Kumar, P.; V. C. Srivastava & M. K. Jha. 2016. *Jatropha curcas* phytotomy and applications: development as a potential biofuel plant through biotechnological advancements. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 59: 818-838. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.12.358>
- Leal, C. K. A. & M. F. Agra. 2005. Estudo farmacobotânico comparativo das folhas de *Jatropha molissima* (Pohl) Baill. e *Jatropha ribifolia* (Pohl) Baill. (Euphorbiaceae). *Acta Farmacéutica Bonaerense* 24(1): 5-13.
- Leite de Vasconcelos, G. C.; K. A. Amador de Lucena Medeiros, N. Italiano Medeiros, A. M. Amador de Lucena & N. H. Castro Arriel. 2011. Caracterização morfológica comparativa de *Jatropha curcas* L., *Jatropha mollissima* (Pohl) Baill. e *Jatropha gossypifolia* L. II Congresso Brasileiro de Pesquisas de Pinhão-Manso. Brasília - DF, Brasil.
- Liu, H. F.; B. K. Kirchoff, G. J. Wu & J. P. Liao. 2007. Microsporogenesis and male gametogenesis in *Jatropha curcas* L. (Euphorbiaceae). *Journal of the Torrey Botanical Society*. 134(3): 335-343.
- Lucena, M. F. A. & M. F. Sales. 2005. Tricomas foliares em espécies de *Croton* L. (Crotonoideae-Euphorbiaceae). *Rodriguésia* 57(1): 11-25.
- Malbrán Barros, A.; V. Cabrera, M. T. Cosa & M. Matesevach, M. 2016. Anatomía vegetativa y estudios histoquímicos en especies nativas de *Jatropha* (Euphorbiaceae) con uso potencial para la producción de biodiesel. Libro de resúmenes de la II Reunión Argentina de Jóvenes Botánicos, pp. 140. San Juan, Argentina.
- Malbrán Barros, A.; V. Cabrera, M. T. Cosa & M. Matesevach. 2017. Anatomía foliar comparada en especies de *Jatropha* (Euphorbiaceae) nativas de Argentina. XXXVI Jornadas Argentinas de Botánica. Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica 52 (Supl): 17. Mendoza, Argentina.
- Malbrán Barros, A.; V. Cabrera & M. Matesevach. 2019. Anatomía de tallo y hoja de *Jatropha hieronymi* (Euphorbiaceae), con énfasis en las estructuras secretoras. Libro de resúmenes de las XXII Jornadas Científicas Sociedad de Biología de Córdoba: 64. Córdoba, Argentina.
- Mansilla, V.; A. Malbrán Barros, V. Cabrera & M. Matesevach. 2021. Morfoanatomía del tallo con crecimiento secundario de especies de *Jatropha* (Euphorbiaceae) nativas de la Región Chaqueña Argentina y su relación con el ambiente. *Darwiniana, Nueva Serie* 9(1): 75-94. DOI: <https://doi.org/10.14522/darwiniana.2021.91.906>
- Martínez Crovetto, R. 1981. Las plantas utilizadas en medicina en el noroeste de Corrientes (Republica Argentina). *Miscelánea* 69. Fundación Miguel Lillo, Tucumán, Argentina. pp 139.
- Martínez Gordillo, M. & S. Espinosa Matías. 2005. Tricomas foliares de *Croton* sección *Barhamia* (Euphorbiaceae). *Acta Botánica Mexicana* 72: 39-51.

- Melo, M. G.; P. Carneiro da Cunha, J. A. Pereira, L. Willadino & C. Ulisses. 2011. Alterações anatómicas em folhas e raízes de *Jatropha curcas* L. cultivadas sob estresse salino. *Revista Ciência Agronômica*. 42(3): 670-674. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1806-66902011000300013>
- Neupane, D.; D. Bhattarai, Z. Ahmed, B. Das, S. Pandey, J. K. Q. Solomon, R. Qin & P. Adhikari. 2021. Growing *Jatropha* (*Jatropha curcas* L.) as a Potential Second-Generation Biodiesel Feedstock. *Inventions* 6(60): 1-23. DOI: <https://doi.org/10.3390/inventions6040060>
- Oladipo, O. T. & H. C. Illoh. 2012. Comparative wood anatomy of some members of the genus *Jatropha* (Euphorbiaceae) found in Nigeria. *Phytologia Balcanica* 18(2): 141-147.
- Olowokudejo, J. D. 1993. Comparative epidermal morphology of West African species of *Jatropha* L. (Euphorbiaceae). *Botanical Journal of the Linnean Society* 111(2): 139-154. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1095-8339.1993.tb01896.x>
- Palta, J. P. & P. H. Li. 1979. Frost-hardiness in relation to leaf anatomy and natural distribution of several *Solanum* species. *Crop Science* 19: 665-671. DOI: <http://dx.doi.org/10.2135/cropsci2009.02.0086>
- Pérez Cuadra, V. & V. N. Cambi. 2014. Ocurrencia de caracteres anatómicos funcionales foliares y caulinares en 35 especies xero-halófilas. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica* 49 (3): 347-359.
- Prabhakar, M. 2004. Structure, delimitation, nomenclature and classification of stomata. *Journal of Integrative Plant Biology* 46(2): 242-252.
- Prucca, C. G.; S. Fracchia, G. A. Eimer & G. O. Ferrero. 2023. Circular economy of native Euphorbiaceae: From second-generation biodiesel production to animal food. Taking advantage of marginal lands. *Industrial Crops and Products* 191: 115983.
- Rai, K. & E. Tiwari. 2012. Epidermal studies in identification of *Jatropha* species. *Journal of Pharmacy and Biological Sciences* 2(5): 41-51.
- Raju, V. S. & P. N. Rao. 1977. Variation in the structure and development of foliar stomata in the Euphorbiaceae. *Botanical Journal of the Linnean Society* 75(1): 69-97. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1095-8339.1977.tb01479.x>
- Ramos, M. V.; C. D. T. Freitas, F. S. Morais, E. Prado, M. C. Medina & D. Demarco. 2020. Chapter one: Plant latex and latex-borne defense, en R. Nawrot (ed.), *Advances in Botanical Research. Latex, laticifers and their molecular components: from functions to possible applications*: Volumen 93, pp. 1-25. London: Academic Press. DOI: <https://doi.org/10.1016/bs.abr.2019.09.002>
- Rao, A. R. & M. Malaviya. 1964. On the latex-cells and latex of *Jatropha*. *Proceedings of the Indian Academy of Sciences* 60(2): 95-106. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF03052354>
- Ratera, E. & M. Ratera. 2007. Euphorbiaceae, en (ed.) Barboza, G., Cantero, J. J., Núñez, C. & L. Ariza Espinar. *Flora Medicinal de la Provincia de Córdoba (Argentina)*, pp 665-669. Museo Botánico, Córdoba.
- Riayatsyah, T. M. I.; A. H. Sebayang, A. S. Silitonga, Y. Padli, I. M. R. Fattah, F. Kusumo, H. C. Hong & T. M. I. Mahlia. 2022. Current progress of *Jatropha curcas* commoditisation as biodiesel feedstock: a comprehensive review. *Frontiers in Energy Research* 9: 815416.
- Rodrigues, S. P.; E. A. D. T. Picoli, D. C. D. Oliveira, R. G. D. S. Carneiro & R. M. D. S. Isaias. 2014. The effects of in vitro culture on the leaf anatomy of *Jatropha curcas* L. (Euphorbiaceae). *Bioscience Journal* 30(6): 1933-1941.
- Ruatpuia, J. V.; B. Changmai, A. Pathak, L. A. Alghamdi, T. Kress, G. Halder, A. Wheatley & S. L. Rokhum. 2023. Green biodiesel production from *Jatropha curcas* oil using a carbon-based solid acid catalyst: a process optimization study. *Renewable Energy* 206: 597-608.
- Rudall, P. 1994. Laticifers in Crotonoideae (Euphorbiaceae): homology and evolution. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 81(2): 270-282. DOI: <https://doi.org/10.2307/2992097>
- Ruiz, A. I.; M. I. Mercado, M. E. Guantay & G. I. Ponessa. 2016. Arquitectura y morfoanatomía foliar de *Dinoseris salicifolia* (Asteraceae). *Lilloa* 53(1): 112-121.
- Sá, F. S.; M. P. S. Lima, A. F. S. Brito, T. Franciane & F. T. Braga. 2013. Leaf anatomy of species of *Jatropha* (Euphorbiaceae) on the sandy scrub lands of apa Serra Branca/Raso Da Catarina, Jeremoabo, Bahia. 64 National Botanical Congress, Belo Horizonte, Brasil.
- Santos Carneiro, D.; I. Cordeiro & F. França. 2002. A família Euphorbiaceae na flora de Inselbergs da região de Milagres, Bahia, Brasil. *Boletim de Botânica da Universidade de São Paulo* 20(2002): pp. 31-47.
- Soto Landeros, F. 2017. Respuesta al estrés salino de injertos de *Jatropha curcas* (L.) en portainjertos de *Jatropha cinerea* (Ortega) Muell. Arg. Tesis de doctorado. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. La Paz, Baja California Sur.
- Soyewo, L.T.; A. E. Ayodele & K. S. Adeniji. 2015. Leaf epidermal and pollen morphological studies of genus *Jatropha* L. (Euphorbiaceae) in Nigeria. *International Journal of Scientific & Technology Research* 4(8): 17-23.
- Sudheer Pamidimarri, D. V. N.; B. Chattopadhyay & M. P. Reddy. 2009. Genetic divergence and phylogenetic analysis of genus *Jatropha* based on nuclear ribosomal DNA ITS sequence. *Molecular biology reports* 36: 1929-1935.
- Syahrani, R.; A. H. Umar, D. Todingbua, Y. Semba, D.

- Irmawati & D. Ratnadewi. 2023. Morphology, anatomy, and histochemistry of three species of *Jatropha*: a contribution to plant recognition and selection. *Plant Biology* 25(6): 1009-1021.
- Taiz, L. & E. Zeiger. 2006. *Fisiología Vegetal: volumen I & II*. Castelló de la Plana: Universitat Jaume I.
- Tavecchio, N.; H. Reinoso, M. Ruffini Castiglione, C. Spanò & H. E. Pedranzani. 2016. Anatomical studies of two *Jatropha* species with importance for biodiesel production. *Journal of Agricultural Science* 8(9): 84-94. DOI: <http://doi.org/10.5539/jas.v8n9p84>
- Thakur, H. A. & D. A. Patil. 2011. The foliar epidermal studies in some hitherto unstudied Euphorbiaceae. *Current Botany* 2(4): 22-30.
- Thakur, H. A. & D. A. Patil. 2012. Anatomy of stem in some Euphorbiaceae -II. *Journal of Experimental Sciences* 3(3): 39-44.
- Torrecilla, P.; M. Castro & M. Lapp. 2009. Morfoanatomía foliar en especímenes de *Capparis flexuosa* (L.) L. (Capparaceae) creciendo en tres localidades distintas del estado Aragua (Venezuela). *Ernstia* 19(1): 35-54.
- Untawale, A. G. & P. K. Mukherjee. 1968. Structure and development of glands in *Jatropha gossypifolia* Linn. *The Journal of Indian Botanical Society* 48: 359-362.
- Uthayakumari, F. & M. Sumathy. 2011. Pharmacognostical studies on the endemic medicinal plant - *Jatropha maheswarii* Subr. & Nayar (Euphorbiaceae). *International Journal of Pharm Tech Research* 3(4): 2169-2174.
- Villar, R.; J. Ruiz Robleto, J. L. Quero, H. Poorter, F. Valladares & T. Marañón. 2008. Tasas de crecimiento en especies leñosas: aspectos funcionales e implicaciones ecológicas, en F. Valladares, *Ecología del bosque mediterráneo en un mundo cambiante*, 2º edición, pp. 193-230. Madrid: Egraf S. A.
- Vitarelli, N. C.; R. Riina, M. B. R. Caruzo, I. Cordeiro, J. Fuertes Aguilar & R. M. S. A. Meira. 2015. Foliar secretory structures in Crotonae (Euphorbiaceae): Diversity, anatomy, and evolutionary significance. *American Journal of Botany* 102(6): 833-847. DOI: <https://doi.org/10.3732/ajb.1500017>
- Yano, S. & I. Terashima. 2001. Separate localisation of light signal perception for sun and shade type chloroplast and palisade tissue differentiation in *Chenopodium album*. *Plant and Cell Physiology* 42(12): 1303-1310. DOI: <http://dx.doi.org/10.1093/pcp/pcv198>
- Wassner, D.; A. Larran & D. Rondanini. 2012. Evaluation of *Jatropha macrocarpa* as an oil crop for biodiesel production in arid lands of the Dry Chaco, Argentina. *Journal of Arid Environments* 77: 153-156. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2011.08.011>
- Zarlavsky, G. E. 2014. *Histología Vegetal: técnicas simples y complejas*. Buenos Aires: Sociedad Argentina de Botánica.
- Zuloaga, F. O., Z. Rugolo & A. Anton. 2024. Flora Argentina [online]. Disponible en <http://www.floraargentina.edu.ar/>