

A photograph of a pink lotus flower bud in a pond, surrounded by large green leaves. The flower is in the center, and the leaves are in the foreground and background. The text is overlaid on the image.

Anatomía y arquitectura foliar: caso del género *Zanthoxylum* (Rutaceae)

Dra. Agustina Rosa Andrés Hernández
Dr. David Martínez Moreno
Dr. Daniel Sihuanca Mendoza
Ana Laura García Gutiérrez
*Facultad de Ciencias Biológicas de la Benemérita
Universidad Autónoma de Puebla.*

Resumen

La anatomía vegetal es una disciplina biológica que estudia las estructuras morfo-anatómicas; facilita el entendimiento de dichas estructuras a través del tiempo y su interrelación con el ambiente; lo que contribuye a la resolución de problemas en áreas como botánica y ecofisiología, nos proporciona información y datos que suministran soluciones tentativas para los aspectos taxonómicos.

En este trabajo se aborda un ejemplo del uso de estos caracteres foliares en 12 especies mexicanas del género *Zanthoxylum*. El método empleado fue la diafanización de hojas y microtecnica de anatomía de inclusión en parafina para la obtención de cortes histológicos. Las especies se caracterizan por la presencia de glándulas de aceite, diversidad en los tricomas (simples, multicelulares, estrellados y peltados); se reconocen patrones en la disposición de las glándulas y se describen caracteres de la anatomía de las hojas como formas del pecíolo, sistema vascular, presencias de fibras y parénquima en empalizada con uno o dos estratos. Se observa una mayor diversidad de formas en las especies mexicanas.

Abstract

Plant anatomy is a biological discipline that studies morpho-anatomical structures; facilitates the understanding of these structures over time and their interrelation with the environment; which contributes to problem solving in areas such as botany and ecophysiology through the study of structure, provides us with information and data that offer tentative solutions for taxonomic aspects. This paper addresses an example of the use of these leaf characters in 12 Mexican species

of the genus *Zanthoxylum*. The method used was the diafanization of leaves and anatomy microtechnique of inclusion in paraffin to obtain histological cuts. Species are characterized by the presence of oil glands, diversity in trichomes (simple, multicellular, starry, and pelted); patterns are recognized in the arrangement of the glands and characteristics of the leaf anatomy are described as petiole forms, vascular system, presence of fibers and parenchyma in palisade with one or two stratum. A greater diversity of forms is observed in Mexican species.

Palabras clave: Glándulas, patrones de venación, mesófilo, pecíolo.

Keywords: Glands, vein patterns, mesophyll, petiole.

Introducción

La hoja es el órgano que puede proporcionar un gran número de evidencias y parámetros morfo-anatómicos que pueden ser utilizados para caracterizar y/o resolver aspectos taxonómicos a nivel de género o especies como los grupos de *Bursera* y *Rhus*. El caso de estudio pertenece a la familia Rutaceae contiene a miembros de importancia económica, es una familia que tiene entre 1600 a 1900 especies aproximadamente (Grosso *et al.*, 2008), la mayoría de las especies de esta familia son de clima tropical y subtropical, es más numerosa en América. La mayoría son especies leñosas, con hojas alternas u opuestas, sin estípulas, simples, palmado o pinnado-compuestas, con espinas. Las hojas con glándulas translúcidas, aromáticas, con puntos translucidos en las hojas (limonoides), responsables de los olores en cada especie; este carácter organoléptico es utilizado para reconocer

a la familia en el campo (Miranda *et al.*, 2000 y Judd *et al.*, 2002).

El género *Zanthoxylum* consta de 200 especies principalmente de distribución pantropical en adición con otras especies de regiones templadas del oeste de Asia y Norteamérica. Se reconocen cinco secciones (*Zanthoxylum*, Tobinia, Pterota, Macqueria y Novo) con base en las estructuras florales (Reynel, 1995), de las cuales se tienen representantes en México (tabla 1). En cuanto a sus estructuras foliares, sus hojas son alternas, comúnmente pinnadas; pubescentes o glabras, los folíolos opuestos o alternos, la presencia de glándulas es evidente al mirarla a contraluz, su margen puede ser oblicuo, crenado, crenulado, aserrado o entero, los peciolo y raquis pueden ser alados o no. En México se reportan 17 especies (Porter, 1976 y Reynel, 1995).

Metcalfé y Chalk (1957 y 1979) reconocen en *Zanthoxylum*, peciolo de forma circular, epidermis con células mucilaginosas, tricomas glandulares multicelulares, un sistema vascular cerrado, y cristales presentes en córtex; en el mesofilo presenta cavidades secretoras y células de aceite. Se ha reportado para especies Africanas con tricomas unicelulares, pluricelulares, glándulas esquizogénas rodeadas de células epiteliales con secreciones amarillas y

rojas; en el mesofilo de la hoja varios estratos de parénquima en empalizada (Ogundipe 2002, Arambarri *et al.*, 2006).

En cuanto a la arquitectura foliar, Dede (1962) presentó el primer estudio de los patrones de venación en la familia Rutaceae, delimitó siete patrones de venación. Tipo I: “rayos de sol” donde las cavidades secretoras forman un anillo, borde se encuentra envuelto por vénulas, tipo II: “abierto” las cavidades se localizan en los márgenes del foliolo rodeados por las venas; tipo III anillo abierto en el margen, las vénulas están en contacto con el borde de la cavidad secretora sin embargo estas lo rodean en forma de un anillo discontinuo.

Los estudios de anatomía foliar para el género *Zanthoxylum* (Rutaceae) son escasos y no se han reportado trabajos para las especies Mexicanas. Se considera importante la investigación de estas estructuras como posible fuente de evidencias taxonómicas para el género, además, México al poseer una fisiografía muy particular, es considerado como centro de diversificación para el género *Zanthoxylum*.

Materiales y método.

Para este estudio se usó principalmente material herborizado de la colección del herbario MEXU; y material fresco producto de colectas botánicas en el estado de

Cuadro 1. Especies trabajadas obtenidas de herbario MEXU y colecta botánica.

Sección Tobinia	Sección Macqueria
<i>Z. procerum</i> Donn. Sm.	<i>Z. arborescens</i> Rose
Sección <i>Zanthoxylum</i>	<i>Z. belizense</i> Lundell
<i>Z. purpusii</i> T.S. Brandeg Aff.	<i>Z. elephantiasis</i> Macfad.
<i>Z. anodynum</i> A. Moli.	<i>Z. mayanum</i> Standl.
Sección Pterota	<i>Z. microcarpum</i> Griseb.
<i>Z. elegantissimum</i> Engl.	<i>Z. melanostictum</i> C. & S.
<i>Z. liebmanianum</i> (Engl.) P. Wils.	
<i>Z. culantrillo</i> H.B.K.	

Cuadro 1. Especies trabajadas obtenidas de herbario MEXU y colecta botánica.

Puebla (Cuadro 1), del material herborizado se tomaron folíolos y pecíolos de tres especímenes distintos por especie; los cuales se hidrataron con hidróxido de sodio para su posterior y se fijo en formol-ácido acético-alcohol-agua (FAA). En cuanto al material colectado se obtuvieron tres especímenes por cada especie.

Trabajo de laboratorio.

Las muestras fijadas se colocaron en cassettes de inclusión, se deshidrataron en alcoholes graduales hasta 100%, para incluir en parafina; se cortaron con un micrótopo de deslizamiento (marca Leica), a 9-12 μm ; los cortes se tiñeron con safranina-verde rápido y se montaron con resina sintética marca Hycel (Ruzin, 1999 y Sandoval, 2005).

Resultados

En la anatomía del pecíolo y láminas se re-

conocieron tricomas unicelulares, pluricelulares, peltados y glandulares multicelulares, siendo los tricomas unicelulares los más comunes; se encontraron dos tipos de cutícula lisa y estriada; en cuanto a la presencia de glándulas las secciones Macqueria, *Zanthoxylum* y *Pterota* se encuentran asociadas al córtex, siendo la sección Macqueria la que tiene un mayor número de glándulas (de dos a seis), las que no presentan glándulas son la sección Tobinia y *Z. elegantissimum* (*Pterota*); sistema vascular cerrado; xilema con fibras; médula parenquimática; las especies presentan fibras perivasculares discontinuas en la mayoría, así como la presencia de material ergástico como contenidos oscuros y cristales prismáticos (Fig. 1A-F). *Tobinia*, *Zanthoxylum* y *Pterota* presentan un solo estrato de parénquima en empalizada. Sin embargo la sección Macqueria presenta dos estratos de parénquima en empalizada (Fig. 2A-D).

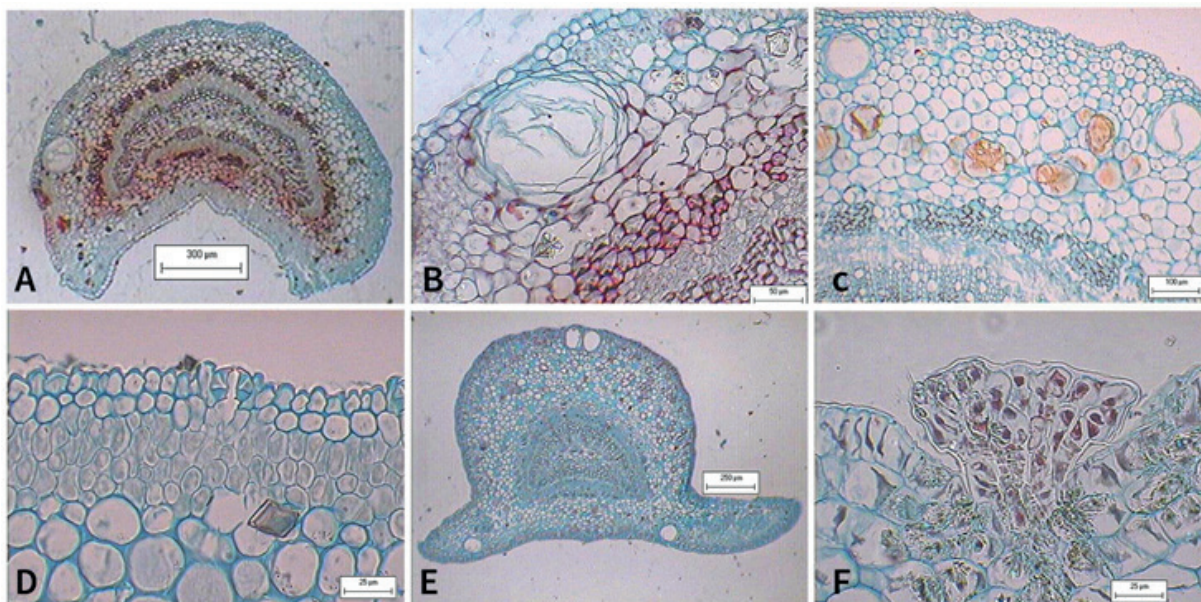


Figura 1. Anatomía de pecíolo de especies de *Zanthoxylum*, todas con glándulas de aceite. A-B. *Z. culantrillo*, pecíolo tipo lenticular, con sistema vascular cerrado y fibras perivasculares. C. *Z. procerum* presenta el córtex con contenidos rojos. D. *Z. liebmanianum* presenta en córtex un tipo especial de córtex (tipo empalizada) y se observa un cristal prismático y con presencia de hipodermis. E. *Z. mayanum*, pecíolo lenticular con alas. F. *Z. melasnostictum* con tricoma peltado.

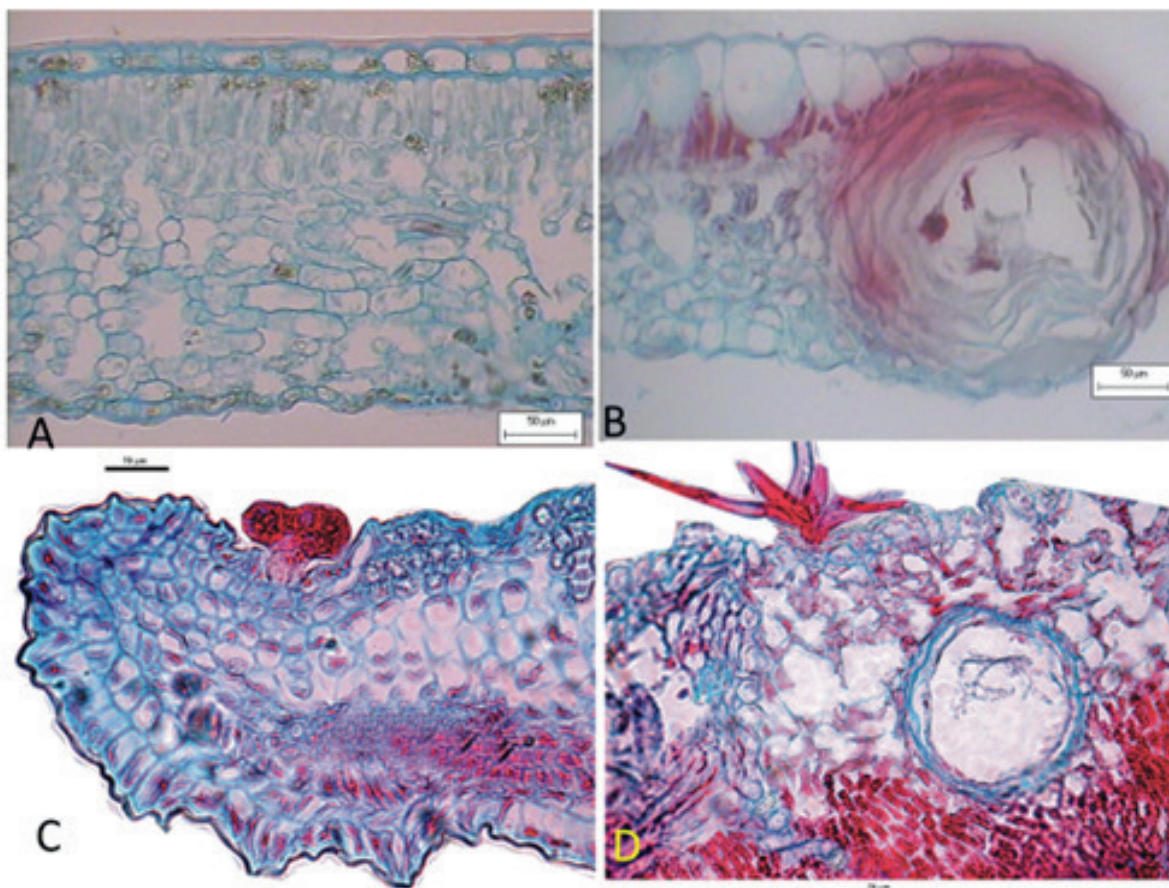


Figura 2. Láminas de las hojas de *Zanthoxylum*. A. *Z. liebmanianum* con dos estratos de parénquima en empalizada. B. *Z. elegantissimum* con glándulas en el margen, C. *Z. procerum* con tricomas glandulares y D. tricoma estrellado de *Z. belizense*.

En cuanto a los patrones de venación las hojas son pinnadas con margen entero ondulado y aserrado, con patrón de venas broquidóromo y venación terciaria reticulada y ramificada. Las venulas son simples y ramificadas se forman areolas sin forma definida. En cuanto a las glándulas algunos especímenes tienen escasos o no tienen glándulas (Fig 3. B, C, D, E, G). En las especies donde hay abundantes glándulas se reconoce el tipo I, donde la glándula es rodeada por una vena (Fig. 2 A); tipo II donde las venulas caen libres en la glándula (Fig. C); tipo III. Glándulas dentro de areolas (F y G);

tipo IV Glándulas sobre las venas (H,I) y en el margen además varias tienen en el margen (Fig. D; E, H).

Discusión

Metcalfé y Chalk (1957) mencionan que *Zanthoxylum* presenta la forma del pecíolo circular. Sin embargo, en este trabajo se reconocieron dos tipos más en la forma del pecíolo, predominando la forma lenticular y con alas. En este trabajo se encontró que la sección Tobinia y algunas especies de la sección Macqueria y Pterota presentan epidermis papilosa, como lo reportan Metcalfé y Chalk (1957) pero

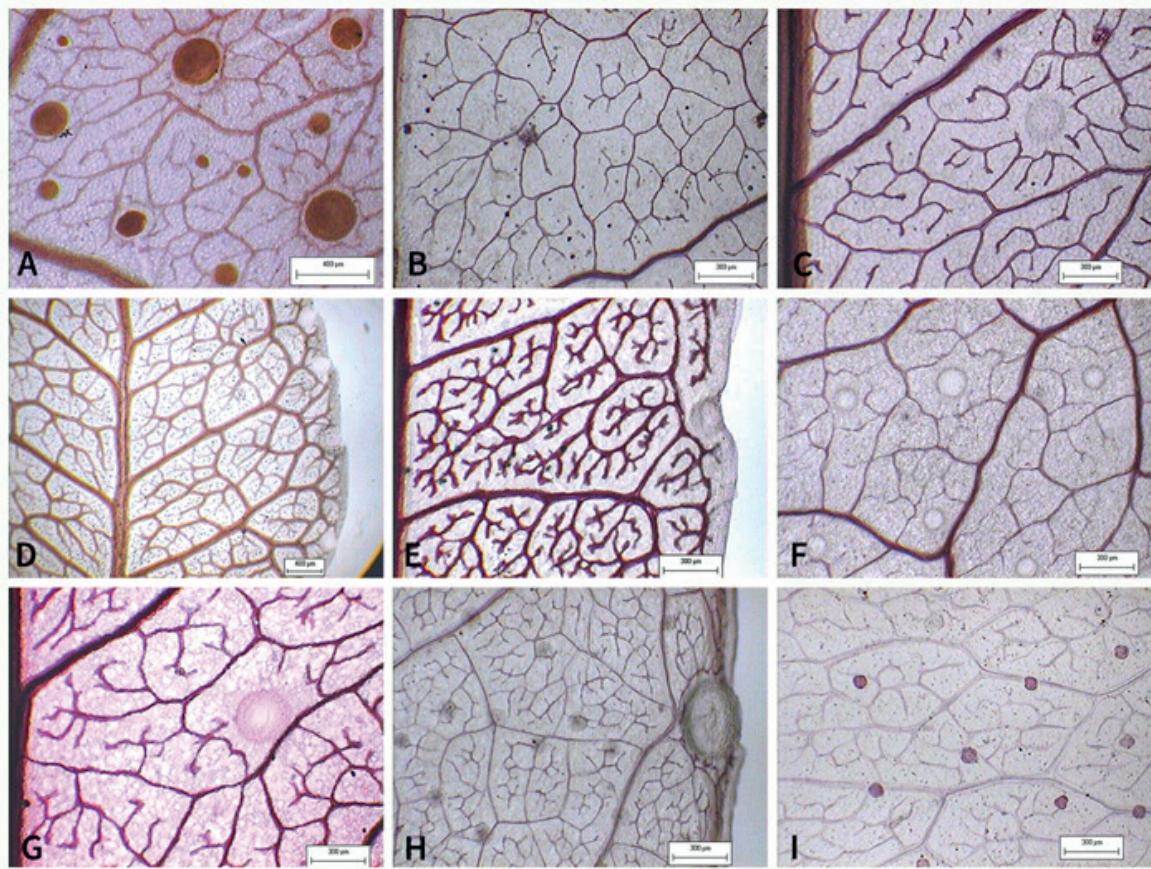


Figura 3. Patrones de venación de las especies de *Zanthoxylum*. A. *Z. microcarpun* con glándula tipo I. B. *Z. culantrillo* con escasas glándulas o nulas. C. *Z. elegantissimum* con glándulas tipo II. D. *Z. liebmanianum* y E. *Z. melanostictum* con glándulas en el margen. F-G. *Z. monophyllum* con glándulas tipo III. H-I. *Z. clava-herculis* con glándulas tipo IV.

en *Z. liebmanianum* de la sección Pterota presenta hipodermis, su presencia infiere funciones termoreguladoras y/o protección (Dickison, 2000 y Rudall, 2007). Con respecto a los tricomas; se reconocen una diversidad de tricomas unicelulares, pluricelulares, estrellados, peltados y glandulares multicelulares, siendo los tricomas unicelulares los más comunes, Además en este trabajo la sección *Zanthoxylum*, así como las especies *Z. elegantissimum* (Pterota) y *Z. elephantiasis* (Macqueria) son glabras, debido a que los tricomas pueden ser efímeros y perderse a lo largo de la vida de las plantas

(Dickison, 2000 y Evert, 2006). Las secciones Tobinia, *Zanthoxylum*, Macqueria y *Z. elegantissimum* (Pterota) presenta un solo tipo de parénquima mientras que las especies *Z. liebmanianum* y *Z. culantrillo* de la sección Pterota se encontraron dos tipos de parénquima en su córtex, a lo cual este tejido es considerado una novedad evolutiva dentro del género. Las especies generalmente presentan células oleíferas asociadas al córtex. En cuanto a la presencia de glándulas las secciones Macqueria, *Zanthoxylum* y Pterota se encuentran asociadas al córtex, siendo la sección Macqueria la que tiene un

mayor número de glándulas (de dos a seis), las glándulas tienen la función de reserva, defensa y protección por medio de las secreciones que producen (Dickison, 2000 y Evert, 2006). El sistema vascular del pecíolo en todas las secciones es cerrado como lo describen Metcalfe y Chalk (1957) y Arrambari *et al*, (2006). El crecimiento secundario es frecuente en la sección Tobinia, *Z. elegantissimum* (Pterota), *Z. arborescens*, *Z. elephantiasis*, *Z. belizense* y *Z. mayanum* (Macqueria). La mayoría de las especies presenta fibras perivasculares y la disposición mayormente encontrada fue discontinua, en menor proporción cubriendo al cilindro vascular, cuya función principal es mecánica y a veces de protección, es poco frecuente que no presenten fibras perivasculares. La mayoría de las especies presentan material ergástico; los taninos ofrecen protección al protoplasto contra la desecación, putrefacción y destrucción por ramoneo o ataque de insectos, los cristales prismáticos y drusas son depósitos de calcio los cuales su función aun no ha sido bien determinada pero se lo que se sabe es que ayudan a la formación de cámaras aéreas, actúan como soporte estructural, dispersores o concentradores de los rayos luminosos y también poseen la capacidad para regular los procesos de transporte de calcio a través de la membrana plasmática (Evert, 2006).

Todas las especies presentan epidermis uniestratificada, Ogundipe (2002) para las especies Africanas solo reporta tricomas unicelulares y pluricelulares mientras que en este trabajo se reconoce mayor diversidad de tricomas como en el pecíolo. Ogundipe (2002) para las especies Africanas reporta de uno hasta cuatro estratos para el parénquima en empalizada, en

este estudio las especies de la secciones Tobinia, *Zanthoxylum* y Pterota presentan un solo estrato de parénquima en empalizada. Sin embargo, la sección Macqueria presenta dos estratos de parénquima en empalizada. En las especies descritas en este trabajo se encontraron células oleíferas asociadas al parénquima en empalizada, este carácter ya ha sido reportado por Metcalfe y Chalk (1957), Ogundipe (2002) y Arrambari *et al*, (2006).

En los patrones de venación las especies mexicanas reportan los mismos patrones descritos por (Dede, 1962).

Aunque *Zanthoxylum* es un género con numerosas especies, las especies mexicanas presentan en su anatomía mayor variabilidad, mientras que en los patrones de venación son caracteres comunes a los ya descritos por otros autores.

Bibliografía

1. Arrambari, A.M., Freire, S.E., Colares, M.N., Bayón, N.D., Novoa, M.C., Monti, C. y Stenglein, S.A. Leaf anatomy of medicinal shrubs and trees from gallery forests of the Paranaense province (Argentina). Part 1. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica* 41(3-4): 233- 268, 2006.
2. Dede, A.R. Venation Patterns in the Rutaceae. *American Journal of Botany* 49 (5): 490 – 497, 1962.
3. Dickison, W.C. 2000. Integrative plant anatomy. San Diego. Academic Press, 2000 pp. 533.
4. Evert, R.F. 2006. Esau's Plant Anatomy: Meristems, Cells, and Tissues of the Plant Body: Their Structure, Function,

- and Development, third Edition. Wiley Interscience, 2006, pp. 624.
5. Groppo, M., Pirani, J.R., Salatino M.L., Blanco, S.R. y Kallunki, J.A. Phylogeny of Rutaceae based on twononcoding regions from cpDNA. *American Journal of Botany* 95 (8):985-1005, 2008.
 6. Judd, W.S., Campbell, C.S., Kellogg, E.A., Stevens P.F. y Donoghue, M.J. Plant systematics: A phylogenetic approach. Second edition. Sinauer Associates, 2002, pp.611.
 7. Metcalfe, C.R. y Chalk, L.C. Anatomy of the Dicotyledons 1. Clarendon Press, Oxford, 1957, pp. 724.
 8. Metcalfe, C.R. y Chalk, L.C. Anatomy of the Dicotyledons 1. Volume I. Clarendon Press, Oxford, 1979, pp. 276.
 9. Miranda, D.E., Bohren, V.A., Keller, H., Grance, L.A. y Gartland H.M. A key to recognize woody species of the Rutaceae family in the Paranaense Forest. Argentina. through dendrological features. *Quebracho* 8(1): 47-55, 2000.
 10. Ogundipe, O.T. Leaf anatomical studies on eleven species of *Zanthoxylum* Linn. (Rutaceae). *Phytomorphology* 52(2): 103-112, 2002.
 11. Porter, D.M. *Zanthoxylum* (Rutaceae) in North America North of Mexico. *Brittonia* 28 (4): 443-447, 1976.
 12. Reynel, C. Systematics of neotropical *Zanthoxylum* L. (Rutaceae) with account on the wood anatomy of genus. University of Missouri-St. Louis, 1995.
 13. Rudall, P.J. Anatomy of flowering plants: And introduction to structure and development. Third edition. Cambridge University Press, 2007, pp. 145.
 14. Ruzin, S.E. Plant microtechnique and microscopy. New York, United States of America. Oxford University Press, 1999, pp. 322.
 15. Sandoval, Z.E. 2005. Técnicas aplicadas al estudio de la anatomía vegetal. Cuaderno No 38. Instituto de Biología de la Universidad Autónoma de México, 2005, pp. 277.