

Micromorfoanatomía de hoja de *Piper patulum* Bertol. (Piperaceae) colectadas en Samayac, Suchitepéquez, Guatemala

Luis E. Álvarez^{1*}, Carolina Rosales de Zea², Armando Cáceres¹

¹ Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Universidad de San Carlos de Guatemala, Ciudad Universitaria zona 12, Guatemala, CP 01012.

² Jardín Botánico del Centro de Estudios Conservacionistas (CECON), zona 10, Guatemala, Guatemala, CP 01010.

* Autor a quien dirigir la correspondencia: Condominio El Frutal 3, 13 Av. 13-48 zona 5 Villa Nueva, Guatemala. Correo electrónico: guichoguayo2@yahoo.com

Resumen

Estudios científicos sobre *P. patulum*, llevados a cabo en Guatemala, han dado resultados interesantes que podrían tener aplicación en la industria de cosméticos, condimentos, aromas y medicamentos. Por ese motivo, este estudio tuvo como finalidad contribuir en la búsqueda de variables anatómicas para el diagnóstico, y así poder elaborar descripciones y cartillas micrográficas que describan la especie con claridad, que sirvan para diferenciar una especie de otra, y evitar adulteraciones, debido a que existe una gran semejanza morfológica entre las especies del género *Piper*. En este estudio se detectaron dos caracteres diagnósticos para la lámina: tipos de tricomas y su distribución espacial, y tres para el pecíolo: forma en corte transversal, tipos de tricomas y su distribución espacial.

Micromorphoanatomy of Vegetative Organs from *Piper patulum* Bertol. (Piperaceae) Collected in Samayac, Suchitepéquez, Guatemala

Summary

Scientific studies on *P. patulum* conducted in Guatemala have shown interesting results that could have application in cosmetic, condiment, aromatic or medicament industry. For this reason, the aim of this study was to contribute in the search of microscopic diagnostic variables in order to elaborate descriptions and micrographic charts that clearly describe the morphology and help to differentiate among *Piper* species. Also, to avoid adulterations, since there are high morphological similarities among these species. Results showed two diagnostic characteristics: in the leaf blade, type of trichome and its spacial distribution. In the petiole, shape in transversal section, trichome type, and its spacial distribution.

Palabras clave: *Piper patulum* - micromorfología - micromorfoanatomía - Piperaceae. - Guatemala.

Key words: *Piper patulum* - micromorphology - micromorphoanatomy - Piperaceae - Guatemala.

Introducción

La distribución geográfica del género *Piper* es pantropical (Jaramillo y Manos, 2001). Se ha estimado que este género incluye más de 1.000 especies. En Guatemala se informó la presencia de más de 80 especies, que consiste en árboles o arbustos, algunas veces escandentes; otras veces, herbáceas, pero siempre tienen una base leñosa.

Las ramas generalmente son nodosas, las hojas son alternas, con frecuencia marcadamente asimétricas en la base, las inflorescencias en espigas, aunque algunas especies tienen flores pedunculadas, opuestas a las hojas (Standley y Steyermark, 1952).

Respecto a la taxonomía de *Piper* se han generado ciertas dificultades porque existe una alta semejanza morfológica entre las especies (Albiero, 2005a); incluso en nivel estructural, dado que *Piper* tiene muchas estructuras anatómicas similares. Álvarez (2012) realizó un estudio para determinar caracteres diagnósticos en niveles macroscópico y estructural de la lámina y el pecíolo de siete especies de *Piper*. Refiere que en la lámina, de los 33 caracteres evaluados, el 93,9 % fueron similares en las siete especies, mientras que en el pecíolo, de los 11 caracteres evaluados, fueron similares el 72,7 %. Estas similitudes fueron corroboradas con la literatura consultada (Dasgupta y Datta, 1980; Mohandas y Shah, 1982; Nascimento y Vilhena-Potiguara, 1999; Souza y col., 2004; Albiero y col., 2005a; 2006; Duarte y Siebenrock, 2010; Álvarez, 2012).

La semejanza entre las tres especies ocasiona dificultades en el momento de la comercialización para la industria, debido a que el grado de adulteración puede ser muy alto. En consecuencia, el estudio para encontrar variables estructurales que se puedan utilizar como caracteres diagnósticos en la identificación de cada especie con precisión, es relevante.

Cerca de 700 especies de este género tienen una amplia aplicación en la medicina tradicional y en la industria como condimento, alimento, fitofármaco y también como insecticida, dado que el género *Piper* tiene una amplia variedad química, con alto contenido de aceites esenciales de suma importancia (Silva y Machado, 1999).

P. patulum es una especie endémica que se ha estudiado en Guatemala; los estudios realizados permitieron la determinación de su potencial farmacológico. Cruz y col. (2005) demostraron que el aceite esencial de las hojas tiene actividad citotóxica,

contra nauplios de *Artemia salina* a una concentración de 0,5 mg/mL y actividad antibacteriana, contra *Mycobacterium smegmatis* y *Bacillus subtilis* a dosis de 100 µm/mL.

En Guatemala también se realizaron estudios de la química de las hojas de *P. patulum*. Las hojas contienen alcaloides, flavonoides, antraquinonas, saponinas, principios amargos, aceites volátiles y cumarinas (Cruz y col., 2008). El aceite esencial contiene alfa- y beta-pineno, alfa-terpineno, 1-metil-5-ciclohexano, delta-3-careno, alfa-terpinoleno, transanetol, betacariofileno, miristicina, alfa-humuleno, benzonitrilo, 1,6,10-dodecatrien-3-ol, biciclogermacreno, transazarona y beta-eudesmol (Cruz, 2005).

Orjala y col. (1993) demostraron que *P. aduncum* contiene compuestos, con actividad molusquicida y antibacteriana, mientras que Okunade y col. (1997) detectaron actividad contra hongos y bacterias patógenas para el hombre. Danelutte y col. (2003) señalaron que *P. crassinervium* contiene compuestos químicos importantes para combatir hongos patógenos (*Cladosporium cladosporioides* y *C. sphaerospermum*).

Germosen (2005) documentó que *P. auritum* tiene actividad hipotensora, espasmogénica, vasodilatadora periférica, antiséptica, hepatoprotectora, anestésico local, analgésico dental, parasimpatolítico, sedante, antihelmíntica y disolvente de cálculos biliares, entre otras.

En la industria fitofarmacéutica se destaca el caso de “kava-kava” (*P. methysticum*), que tiene propiedades eficaces para afecciones del sistema nervioso por varias causas de origen no sicótico, como ansiedad, tensión e insomnio (ESCOPE, 2003).

En estudios realizados por Cruz y col. en 2012 se llevó a cabo una caracterización química de los aceites esenciales y extractos de 16 especies de *Piper* en los que se encontraron compuestos de interés farmacológico. Entre las más importantes se puede mencionar a *P. Jacquemontianum*, colectada en Alta Verapaz, que contiene linalol como mayoritario (70,8 %), que no solo es un constituyente de importancia en la industria de la perfumería, sino que además, tiene actividad citotóxica y antimicrobiana.

Cruz y col. (2012) realizaron un estudio para determinar la diversidad química de los aceites esenciales de 15 especies de *Piper* en Guatemala; se obtuvieron al menos 13 compuestos en el aceite esencial de *P. patulum*; los compuestos mayoritarios fueron: 1,3,5-trimetoxi-2-propenilbencenhumuleno (33,7 %),

metileugenol (24,7 %), beta-cariofileno (16,2 %), biciclogermacreno (7,3 %), beta-pineno (3,8 %); (Z)-metiliso Eugenol (3,3 %) y alfa-pineno (3,2 %). Los extractos diclorometánico y metanólico demostraron actividad antioxidante moderada (Cáceres y col., 2012).

Materiales

Material vegetal

Todo el material que se utilizó para este estudio fue procesado en fresco. Las hojas de *P. patulum* fueron colectadas en la Ecoparcela El Kakawatal, Samayac, Suchitepéquez (14°33'05,8" N y 091°27'58,9" O), en el año 2010.

La identificación botánica fue realizada por Luis E. Álvarez, y los ejemplares están depositados en el Herbario CFEH, con el N°. de Herbario 1074.

Métodos

Los estudios morfoanatómicos se realizaron en material fresco, conservado en bolsas Ziploc®, un día después de la recolección. Se colectaron cinco hojas al azar de cinco especímenes de *P. patulum*.

Los cortes transversales (CT) en lámina foliar y pecíolo fueron hechos a mano alzada. Las hojas se semidiafanizaron; para la arquitectura foliar se utilizó la terminología propuesta por Hickey (1973). El

material, las láminas y los pecíolos se disociaron a fin de determinar las características celulares (Gattuso y Gattuso, 1999).

El material obtenido por las tres técnicas fue teñido con safranina al 1 % y montado con gelatina-glicerina en portaobjetos, identificados claramente.

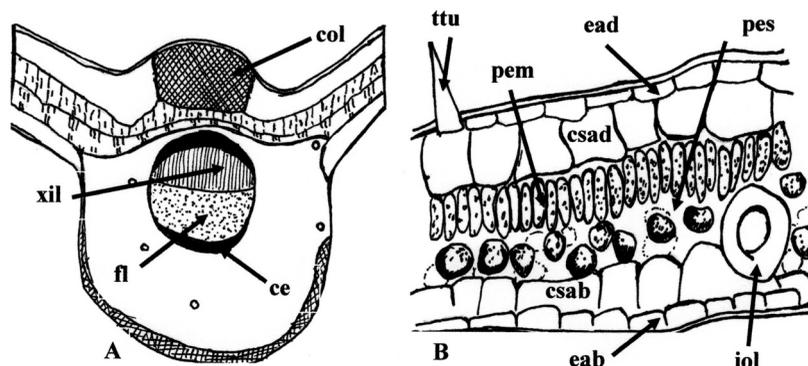
Los caracteres morfológicos de la lámina y del pecíolo fueron observados, medidos, descriptos e ilustrados en cartillas micrográficas. Para las mediciones de las variables cuantitativas se utilizó un ocular micrométrico y un micrómetro objetivo. En algunas ilustraciones se utilizaron los símbolos de Metcalfe y Chalk (1950; 1957).

Resultados

Corte transversal de la lámina.

La epidermis adaxial es uniestratificada y está constituida por células cúbicas, con márgenes rectilíneos y con una cutícula delgada. La epidermis abaxial, uniestratificada, es más delgada que la de la epidermis adaxial, y está constituida por células cúbicas levemente onduladas y una cutícula de grosor similar a la de la epidermis adaxial. La subepidermis está formada por células cúbicas, es uniestratificada en ambos lados de la lámina. En la región cercana a la vena central la capa consta de 1-2 estratos, la epidermis presenta un aspecto conspicuamente ondulado y sus células son más pequeñas que en el resto de la lámina (Figura 1, A).

Figura 1.- Transcorte de la lámina de la hoja de *Piper patulum*



A: corte transversal de la región de la vena central; B: corte transversal de la lámina (col: colénquima; ce: capa esclerenquimática; xil: xilema; fl: floema; ead: epidermis adaxial; eab: epidermis abaxial; csad: capa subepidérmica adaxial; csab: capa subepidérmica abaxial; pem: parénquima en empalizada; pes: parénquima esponjoso; iol: idioblastos oleíferos; ttu: tricoma tector unicelular corto).

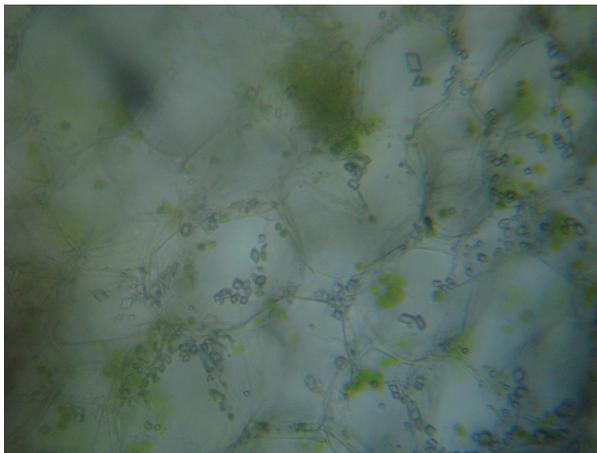
En la región del nervio medio se observan 9-10 capas de espesor de colénquima angular hacia la región adaxial y 2-3 capas en la abaxial. La presencia de colénquima origina una protuberancia bastante pronunciada en la cara adaxial de la lámina foliar. El haz vascular es tipo colateral. La vaina de esclerenquima que envuelve a la vena central es discontinua (Figura 1, A).

El mesófilo es dorsiventral, delgado. El parénquima en empalizada es uniestratificado, formado por células largas, delgadas, de rectilíneas a escasamente onduladas. Las células isodiamétricas que conforman el parénquima esponjoso están formadas por 1-2 capas (Figura 1, B).

Las células de contenido lipofílico son muy escasas, a veces ausentes, en el mesófilo y en el parénquima que envuelve a la vena central (Figuras 1, A y 1, B).

En el mesófilo de la hoja se observan pequeños cristales de oxalato de calcio de formas rómbicas, cúbicas y prismáticas (Figura 2).

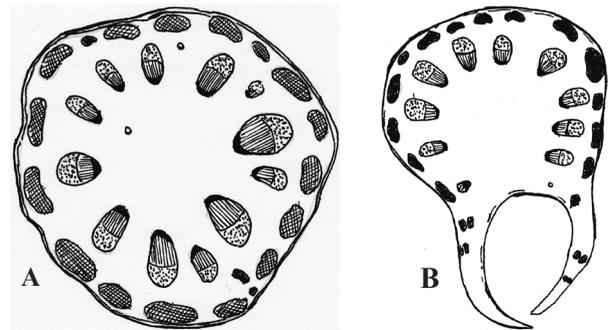
Figura 2.- Monocristales de oxalato de calcio en la lámina de la hoja de *Piper patulum*



Corte transversal del pecíolo

El pecíolo tiene una forma casi elíptica con una leve prominencia en la región adaxial, desde donde se une con la lámina hasta su parte media (Figura 3, A). Por debajo de la parte media hasta su base, el pecíolo tiene forma circular, con dos grandes proyecciones laterales. No tiene ondulaciones o acanaladuras (Figura 3, B).

Figura 3.- Transcorte del pecíolo de la hoja de *Piper patulum*



A: corte transversal de la región media del pecíolo; **B:** corte transversal de la región basal del pecíolo.

La epidermis es uniestratificada, glabra, conformada por células cúbicas. Debajo de la epidermis hay una capa subepidérmica uniestrada, delgada. Los haces son colaterales y están organizados en forma concéntrica. Se observa una capa esclerenquimática conspicua y discontinua que los circunscribe. Orientado hacia ambas epidermis se observa una capa subepidérmica discontinua de colénquima angular de 5-7 estratos. En el parénquima fundamental son abundantes los monocristales prismáticos de formas cúbicas y rómbicas de oxalato de calcio y, además, la presencia muy escasa de células de contenido lipofílico. El pecíolo también tiene una capa de parénquima clorofiliano cercano a la hipodermis y debajo del colénquima.

En el pecíolo también se observan abundantes monocristales de oxalato de calcio de formas rómbicas, cúbicas y prismáticas en la región parenquimática (Figura 4).

Figura 4.- Monocristales de oxalato de calcio en el pecíolo de *Piper patulum*

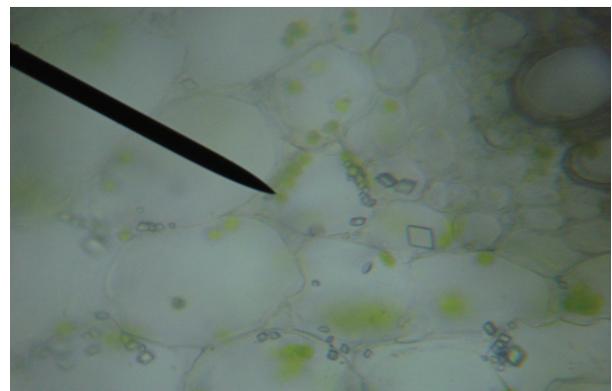


Lámina en vista superficial

Arquitectura foliar

El tipo de venación es camptódroma-broquidódroma; es decir, las hojas son de venación pinnada, formada por 3-4 pares de nervios secundarios que nacen de una nervadura principal. La vena central es prominente y se angosta hacia el ápice. Las venas secundarias se disponen en forma alterna; aunque hay algunas hojas donde se observa que las venas secundarias más internas son opuestas y se van arqueando gradualmente; solo el par más interno llega hasta el ápice. De las venas secundarias se irradian venas terciarias perpendiculares. Las venas terciarias se subdividen en venas cuaternarias, que forman areolas pentagonales con vénulas que se ramifican de 3-4 veces (Figura 5).

Figura 5.- Venación de la lámina de *Piper patulum*



Epidermis

Las células de la epidermis adaxial son poligonales y de paredes anticlinales rectas a levemente onduladas (Figura 6, A). Próximas al nervio medio, las células son poligonales, alargadas y con márgenes pronunciadamente rectilíneos (Figura 6, B).

En la epidermis adaxial se observa un único tipo de tricoma: simple unicelular corto, recto, cónico, ápice agudo y de 13,0-90,0 ($51,2 \pm 18,5$) μm de largo. Este tipo de tricoma está presente en toda la superficie de la lámina, aunque es más abundante en el margen y entre las venas. En las hojas jóvenes la densidad es mayor (Figuras 6, A y 7).

Las células epidérmicas de la región abaxial tienen formas y tamaños variados, con paredes anticlinales onduladas. El mesófilo de *P. patulum* es hipoestomático. La epidermis abaxial presenta

Figura 6.- Epidermis adaxial de lámina de *Piper patulum*

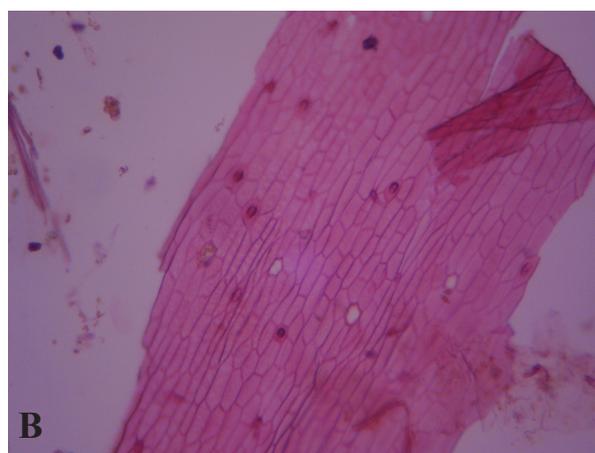
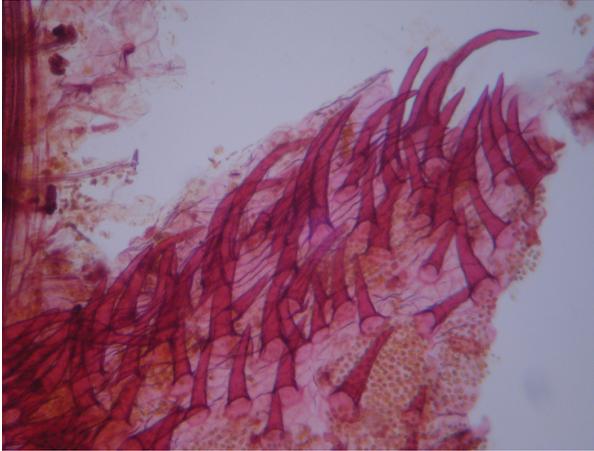
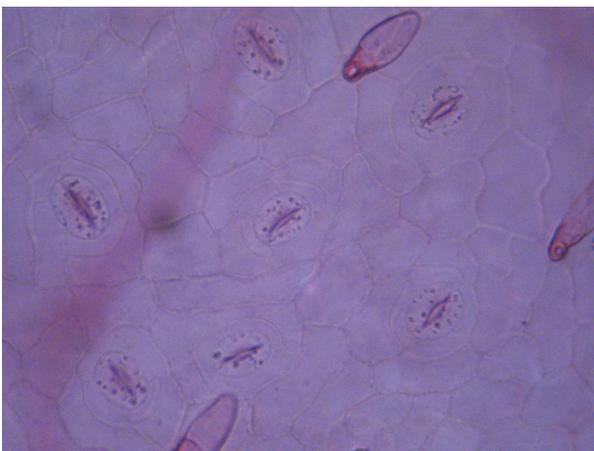


Figura 7.- Tricomas tectores unicelulares en epidermis adaxial de lámina de *Piper patulum*



estomas de tipo tetracíticos y algunos ciclocíticos, aunque en menor cantidad por área. En la epidermis abaxial se observa un único tipo de tricoma: tricomas glandulares, presentes en toda la superficie; los tricomas miden de 30,7-33,3 ($31,5 \pm 1,2$) μm de largo, formados por un pie y una porción secretora unicelular de forma ovoide o reniforme e inserto entre células epidérmicas dispuestas en roseta, cuyo número varía de 5-6 (Figura 8).

Figura 8.- Región abaxial de la lámina de *Piper patulum*



Discusión

La lámina de *P. patulum* tiene muchos caracteres en común con otras especies del género *Piper*, como epidermis adaxial y abaxial uniestratificadas, una capa subepidérmica, una capa de colénquima de tipo angular en la región de la vena central, haces vasculares de tipo colateral que están rodeados por una capa esclerenquimática discontinua, presencia de células lipofílicas, lámina dorsiventral y bifacial, y abundantes cristales de oxalato de calcio.

La lámina y el pecíolo de *P. patulum* presentan cristales rómbicos, cúbicos y prismáticos, aunque este tipo es poco común ya que se encontró únicamente en cinco de las quince especies del género *Piper* citadas en este trabajo (Álvarez, 2012; Dasgupta y Datta, 1980; Vianna y Akisue, 1997; Nascimento y Vilhena-Potiguara, 1999; Pessini y col., 2003; Souza y col., 2004; Albiero y col., 2005a; Albiero y col., 2005b; Duarte y Siebenrock, 2010); se exceptúan los cristales arenosos y cristalinos de formas variadas que Metcalfe y Chalk (1950) encontraron en *P. betle* L. y los dos tipos encontrados en *P. amalago* que son cristales granulados de sílice según Gobbi (2003) o bien cristales en forma de drusas según Solereder (1908). El tipo más común de cristales encontrados en el género *Piper* son los rafidios.

El mesófilo de la lámina es hipostomático, donde los estomas predominantes son tetracíticos y son escasos los ciclocíticos. El mismo patrón se observó en otras especies nativas, como *P. amalago* y *P. auritum* (Álvarez, 2012), pero también en *P. hispidinervium* que además del patrón en mención, presenta estomas anisocíticos aunque escasos (Souza y col., 2004). Otros patrones han sido observados para especies nativas, como *P. hispidum* donde los tetracíticos son predominantes y los escasos son los anisocíticos (Álvarez, 2012). Las características del tejido dérmico del pecíolo de *P. patulum* son muy similares a las de la lámina.

La lámina de *P. patulum* presenta dos tipos de tricoma: a) tricomas tectores unicelulares cortos presentes únicamente en la región adaxial, distribuidos en toda la superficie de la lámina y muy abundantes en la región del margen, y b) tricomas glandulares pedunculados, con una porción secretora unicelular de forma ovoide o reniforme, presentes únicamente en la región abaxial y distribuidos en toda su superficie.

Los tricomas unicelulares cortos también son un rasgo en común para las especies nativas. Álvarez (2012) encontró esos tricomas en *P. amalago*, *P. auritum*, *P. hispidum*, *P. oradendron* y *P. umbellatum*. Pero también en otros trabajos se informa este tipo de tricoma, como en *P. aduncum* (Dousseau y col., 2014), *P. gaudichaudianum* (Albiero y col., 2005b), entre otros.

Aunque los tricomas tectores unicelulares cortos y glandulares con ápice ovoide o reniforme se presentan en otras especies del género *Piper*, sus patrones de distribución en la lámina varían de una especie a otra, por lo que este carácter puede ser útil para diferenciar morfológicamente entre especies, al menos las estudiadas en Guatemala y de las revisadas en la literatura.

Los tricomas glandulares con ápice ovoide o reniforme se presentan en otras especies del género *Piper*. Álvarez (2012) encontró que todas las especies estudiadas en Guatemala a la fecha, presentan estos tricomas (*P. auritum*, *P. amalago*, *P. hispidum*, *P. oradendron*, *P. umbellatum* y *P. jacquemontianum*). En especies de otros países también se observó este tipo de tricoma para *P. mikanianum* (Duarte y Siebenrock, 2010), *P. gaudichaudianum* (Albiero y col., 2005b) y *P. crassinervium* (Albiero y col., 2005a).

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Ecoparcela El Kakawatal por permitir realizar las colectas del material botánico; al Laboratorio de Productos Naturales Farmaya por permitirnos identificar e ingresar las muestras botánicas para esta investigación; al Laboratorio de Investigación de Productos Naturales (LIPRONAT) y al Departamento de Botánica, Recursos Naturales Renovables y Conservación de la Escuela de Biología, de la Facultad de Ciencias Químicas de la USAC por habernos proporcionado equipo y reactivos para la parte experimental; y a los proyectos FODECYT 17-2009 y 27-2011 del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONCYT) que contribuyeron con algunos insumos para generar la información.

Referencias bibliográficas

- Albiero, A.L. M.; Paoli, A.A.S.; Souza, L.A.; Mourão, K.S.M. (2005a). "Morfoanatomía dos órgãos vegetativos de *Piper crassinervium* HBK (Piperaceae)". *Acta Botânica Brasilica* 19: 305-312.
- Albiero, A.L.M.; Souza, L.A.; Mourão, K.S.M.; de Almeida, O.J.G.; Lopes, W.A.L. (2005b). "Morfo-anatomía do caule e da folha de *Piper gaudichaudianum* Kuntze (Piperaceae)". *Acta Farmacéutica Bonaerense* 24: 550-554.
- Albiero, A.L.M.; Paoli, A.A.S.; Souza, L.A.; Mourão, K.S.M. (2006). "Morfoanatomía dos órgãos vegetativos de *Piper hispidum* Sw. (Piperaceae)". *Brazilian Journal of Pharmacognosy* 16: 379-391.
- Álvarez, L.E. (2012). Establecimiento de los patrones de identidad farmacobotánico de siete especies del género *Piper* (Piperaceae) del banco de germoplasma de la Ecoparcela el Kakawatal, Samayac, Suchitepéquez. (Tesis de Licenciatura, Biología). Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia USAC. Guatemala. 131 pp.
- Cáceres, A.; Cruz, S.M.; Gaitán, I.; Guerrero, K.; Álvarez, L.E.; Marroquín, M.N. (2012). "Antioxidant activity and quantitative composition of extracts of *Piper* species from Guatemala with potential use in natural product industry". *Acta Horticulturae* 964: 77-84.
- Cruz, S.M.; Véliz, F.R.; Samayoa, M.C.; Cáceres, A.; Gaitán, I.; Molina, R.; Álvarez, L. (2005) "Caracterización de aceites esenciales y evaluación de la actividad biocida de cinco especies nativas de Piperaceae". *Tikalía* 23(2): 51-67.
- Cruz, S.M.; Véliz, R.; Gómez, A.; Álvarez, L.; Cáceres, A.; Morales, J.; Apel, M.; Henriques, A. (2008). "Caracterización química de los aceites esenciales y extractos de especies mesoamericanas del género *Piper* como nuevos recursos aromáticos". *Revista Científica* 4(1): 25-29.
- Cruz, S.M.; Cáceres, A.; Álvarez, L.E.; Apel, M.A.; Henriques, A.T. (2012). "Chemical diversity of Essentials oils of 15 *Piper* species from Guatemala". *Acta Hortícola* 964: 39-46.
- Danelutte, A.P.; Lago, J.H.; Young, M.C.; Kato, M.J. (2003). "Antifungal flavanones and prenylated hydroquinones from *Piper crassinervium* Kunth". *Phytochemistry* 64: 555-559.
- Dasgupta, A.; Datta, P.C. (1980). "Medicinal Species

- of *Piper*, Pharmacognostic Delimitation”. *Quarterly Journal of Crude Drug Research* 18: 17-25.
- Dousseau, S.; De Souza, I.; De Castro, E.; De Alvarenga, A.A.; Alves, E.; Pereira J.E.B, y col. (2014). “Caracterización del limbo de *Piper aduncum* L. (Piperaceae): Análisis estructurales, histoquímicos y de sus aceites esenciales”. *Gayana Botánica* 71(1): 147-162.
- Duarte, M.; Siebenrock, M.C.N. (2010). “Caracteres anatómicos de folha e caule de *Piper mikianianum* (Kunth) Steud., Piperaceae”. *Latin American Journal of Pharmacy* 29: 45-51.
- European Scientific Cooperative on Phytotherapy. (2003). *Monographs: The Scientific Foundation for Herbal Medicinal Plants* (2^a. ed.). Exeter: ESCOP
- Gattuso, M.; Gattuso, S.J. (1999). *Manual de procedimientos para el análisis de drogas en polvo*. Argentina: Cooperación Iberoamericana de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo - Editorial de la Universidad Nacional de Rosario: 46 pp.
- Germósen, R.L. (2005). *Farmacopea vegetal caribeña* (2^a ed.). León, Nicaragua: Editorial Universitaria UNAN. 486 pp.
- Gobbi, A.P. (2003). *Morfo-anatomia comparativa da folha de três espécies da família Piperaceae*. Maringá, Brasil: Monografia - Universidade Estadual de Maringá.
- Hickey, L.J. (1973). “Classification of the architecture of dicotyledonous leaves”. *American Journal of Botany* 60(1): 17-33.
- Jaramillo, M.; Manos, P. (2001). “Phylogeny and patterns of floral diversity in the genus *Piper* (Piperaceae)”. *American Journal of Botany* 88: 706-716.
- Metcalf, C.R.; Chalk, L. (1950). *Anatomy of the Dicotyledons* (Vol. 2). Oxford: Clarendon Press. 1500 pp.
- Metcalf, C.R.; Chalk, L. (1957). *Anatomy of the Dicotyledons – leaves, stem and wood in relation to taxonomy with notes on economic uses*. Oxford Clarendon Press. 1500 pp.
- Mohandas, K.K.; Shah, G.L. (1982). “Structure and ontogeny of trichomes in some Piperaceae”. *Acta Botanica Indica* 10: 92-95.
- Nascimento, M.E.; Vilhena-Potiguara, R.C. (1999). “Aspectos anatômicos dos órgãos vegetativos de *Piper hispidinervium* C. DC. (Piperaceae) e suas estruturas secretoras”. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, série Botânica* 15: 39-104.
- Okunade, A.L.; Hufford, C.D.; Clark, A.M.; Lentz, D. (1997). “Antimicrobial properties of the constituents of *Piper aduncum*”. *Phytotherapy Research* 2: 142-144.
- Orjala, J.; Erdelmeier, C.A.J.; Wright, A.D.; Rali, T.; Sticher, O. (1993). “Five new prenylated p-hydroxybenzoic acid derivatives with antimicrobial and molluscicidal activity from *Piper aduncum* leaves”. *Planta Medica* 59: 546-551.
- Pessini, G.L.; Albiero, A.L.M.; Mourão, K.S.M.; Nakamura, C.V.; Dias Filho, B.P.; Cortez, D.A.G. (2003). “Análise farmacognóstica de *Piper regnellii* (Miq.) C. DC. var. *Pallescens* (C. DC.) Yunck: Aspectos botânicos e enfoque físico-químico preliminar”. *Latin American Journal of Pharmacy* 22(3): 209-216.
- Silva, E.M.J.; Machado, S.R. (1999). “Estrutura e desenvolvimento dos tricomas secretores em folhas de *Piper regnellii* (Miq.) C. DC. var. *Regnellii* (Piperaceae)”. *Revista Brasileira de Botânica* 22: 117-124.
- Solereder, M. (1908). *Systematic Anatomy of the dicotyledons*. Oxford, Clarendon Press.
- Souza, L.A.; Moscheta, I.S.; Oliveira, J.H.G. (2004). “Morfología y anatomía comparativa de la hoja y tallo de *Peperomia dahlstedtii* C. DC., *Ottonia martiana* Miq. y *Piper diospyrifolium* Kunth”. (Piperaceae). *Gayana Botánica* 61(1): 6-17.
- Standley, P.C.; Steyermark, J.A. (1952). “Flora of Guatemala”. *Fieldiana: Botany* 24(3): 275-337.
- Vianna, W.O., Akisue, G. (1997). “Caracterização morfológica de *Piper aduncum* L.” *Lectia* 15: 141-62.