

SEP

# POLIBOTÁNICA

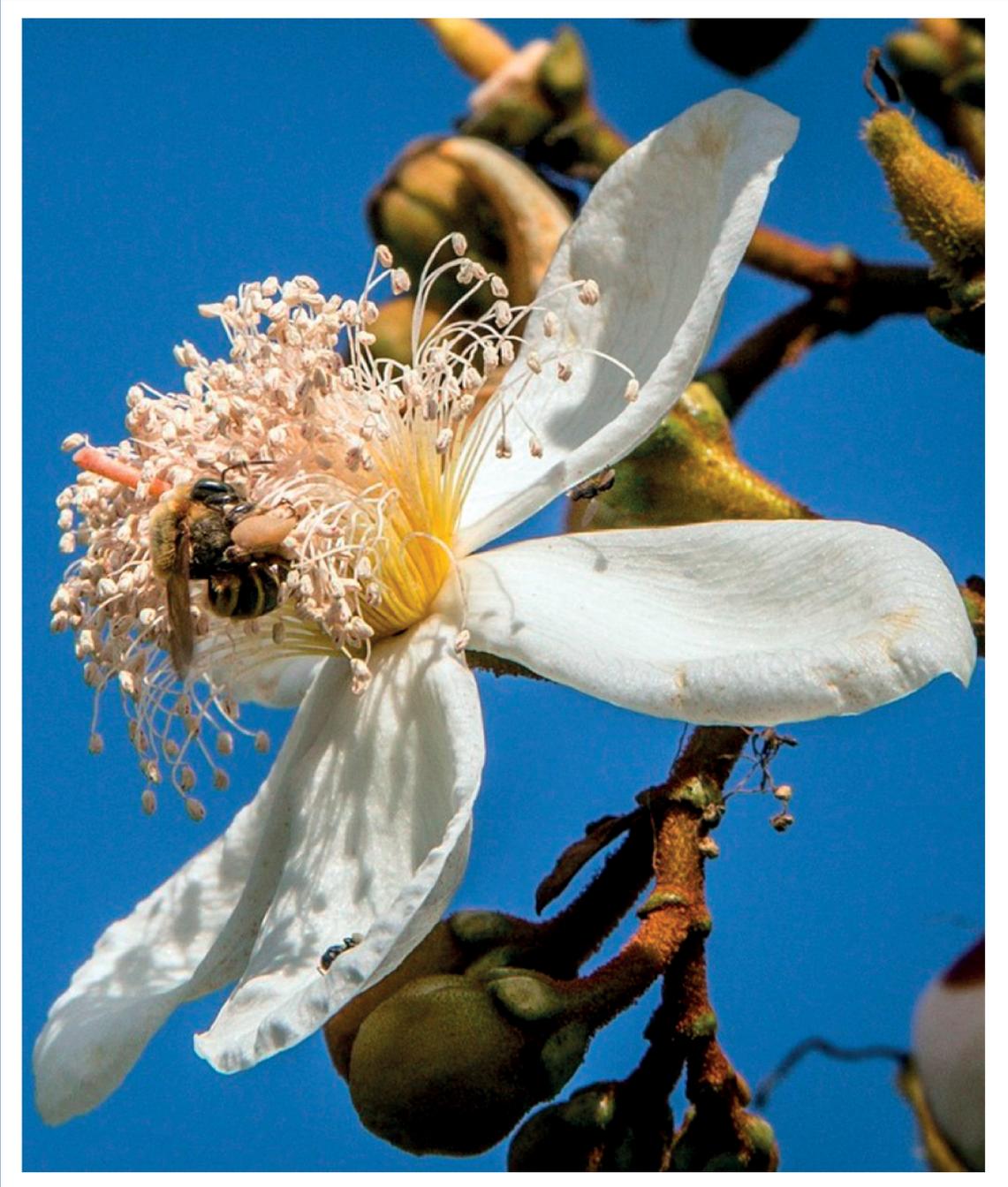
ISSN 1405-2768



Julio 2022

Núm. 54

POLIBOTÁNICA



Núm. 54



Julio 2022

## PÁG.

## CONTENIDO

- 1 Clave para identificar las especies del género *Bursera* Jacq. ex L. (Burseraceae) en el estado de Michoacán, México.  
*Key for the identification of species of the genus Bursera Jacq. ex L. (Burseraceae) in the state of Michoacán, Mexico.*  
Rzedowski, J. | R. Medina-Lemos
- 11 Diversidad y estructura arbórea de un bosque templado bajo manejo en el municipio de Pueblo Nuevo, Durango, México.  
*Diversity and tree structure of a managed temperate forest in the municipality of Pueblo Nuevo, Durango, Mexico.*  
Flores-Morales, E.A. | O.A. Aguirre-Calderón | E.J. Treviño-Garza | M.A. González- Tagle | E. Alanís-Rodríguez | G. Angeles-Pérez | F. Huizar-Ámezcuca.
- 27 Estructura, composición florística, biomasa aérea y contenido de carbono en la selva mediana perennifolia en Tizimín, Yucatán, México.  
*Structure, floristic composition, above-ground biomass and carbon content in tropical evergreen forest in Tizimin, Yucatan, Mexico.*  
Martínez-Gauna, C.A. | J.I. Yerena-Yamallel | L.G. Cuéllar-Rodríguez | E. Alanís-Rodríguez | E. J. Ortega-Arroyo.
- 51 Comparación de valores estructurales de manglar en diferentes condiciones de degradación ecológica.  
*Comparison of mangrove structural values in different conditions of ecological degradation.*  
Basañez-Muñoz, A. de J. | A. Serrano | L. Cuervo-López | C. Naval-Avila | A. Capistrán-Barradas | A.G. Jordán-Garza.
- 71 Evaluación de una restauración mediante dron en el matorral espinoso tamaulipeco.  
*Evaluation of a restoration through drone in the tamaulipeco thornscrub.*  
Gutiérrez-Barrientos, M. | J.D. Marín-Solis | E. Alanís-Rodríguez | E. Buendía-Rodríguez.
- 87 Efecto de la cobertura y condiciones edáficas en la presencia de *Amoreuxia wrightii* A. Gray, en el noreste de México.  
*Effect of coverage and edaphic conditions on the presence of Amoreuxia wrightii A. Gray, in northeastern Mexico.*  
Patiño-Flores, A.M. | E. Alanís-Rodríguez | V.M. Molina-Guerra | M.I. Yáñez-Díaz | A. Mora-Olivo | E. Jurado | H. González-Rodríguez
- 101 Componentes del rendimiento de *Crotalaria longirostrata* Hook. & Arn. en Guerrero, México.  
*Yield components of Crotalaria longirostrata Hook. & Arn. in Guerrero, Mexico.*  
Salinas-Morales, J.L. | C.B. Peña-Valdivia | C. Trejo | M. Vázquez-Sánchez | C. López-Palacios | D. Padilla-Chacón.
- 123 Germinación y multiplicación de plantas *in vitro* de *Heimia salicifolia* (Lythraceae).  
*Germination and micropropagation in vitro of Heimia salicifolia (Lythraceae).*  
Ordoñez-Posadas, F. | M. de L. Martínez-Cárdenas | J.L. Rodríguez de la O.
- 139 Micropropagación de *Agave maximiliana* Baker por proliferación de yemas axilares.  
*Micropropagation of Agave maximiliana Baker by axillary shoot proliferation.*  
Santacruz-Ruvalcaba, F. | J.J. Castañeda-Nava | J.P. Villanueva-González | M.L. García-Sahagún | L. Portillo | M.L. Contreras-Pacheco.
- 153 Origen botánico y caracterización fisicoquímica de la miel de meliponinos (Apidae:Meliponini) de Teocelo, Veracruz, México.  
*Botanical origin and physicochemical characterization of meliponini honey (Apidae:Meliponini) from Teocelo, Veracruz, Mexico.*  
Ortiz-Reyes, L.Y. | D.L. Quiroz- García | M.L. Arreguín-Sánchez | R. Fernández-Nava.
- 171 Comparación anatómica de la lámina foliar de cinco especies leñosas nativas del noreste de México durante la época húmeda y seca.  
*Leaf blade anatomical comparison of five native woody species of northeastern Mexico during the wet and dry season.*  
Fillo-Hernández, E. | H. González-Rodríguez | I. Cantú-Silva | T.G. Domínguez-Gómez | J.G. Marmolejo-Monsivais | M.V. Gómez-Meza.
- 185 Estudio anatómico e histoquímico de los órganos vegetativos de *Piper aduncum* L. (Piperaceae).  
*Anatomical and histochemical study of the vegetative organs of Piper aduncum L. (Piperaceae).*  
Arroyo, J. | P. Bonilla | M. Marín | G. Tomás | J. Huamán | G. Ronceros | E. Raez† | L. Moreno | W. Hamilton.
- 203 Evaluación del efecto hipoglucémico de *Tectaria heracleifolia* (Willd.) Underw. en mice con diabetes tipo 2 inducida.  
*Evaluation of the hypoglycemic effect of Tectaria heracleifolia (Willd.) Underw. in mice with induced type 2 diabetes.*  
Luna-Rodríguez, A.K. | M.A. Zenil-Zenil | S. Cristians | A.M. Osuna-Fernández | H.R. Osuna-Fernández.
- 219 Árboles nativos de Sinaloa del sistema agroforestal huerto familiar.  
*Native trees of Sinaloa at the homegarden agroforestry system.*  
Avendaño-Gómez, A. | B. Salomón-Montijo | G. Márquez-Salazar.
- 241 Atributos tangibles e intangibles y diferenciación sensorial de la vainilla mexicana.  
*Tangible and intangible attributes and sensory differentiation of mexican vanilla.*  
Barrera-Rodríguez, A.I. | A. Espejel | M.G. Pérez | A.G. Ramírez-García.
- 257 Percepción local de los usos y situación ambiental y económica del toronjil (Lamiaceae) en tres comunidades del estado de Guerrero, México.  
*Local perception of the situation, environmental and economic uses of toronjil (Lamiaceae) in three communities of the state of Guerrero, Mexico.*  
Hernández-Ramírez, U. | M. Trujillo-Nájera | T. Romero-Rosales | A. Huicochea-Moctezuma | T. de J. Adame-Zambrano | M. A. Gruñtal-Santos.
- 271 Importancia relativa de las especies medicinales ofertadas en el mercado de Tepeaca, Puebla, México.  
*Relative importance of medicinal species offered in the Tepeaca market, Puebla, Mexico.*  
Reyes-Matamoros, J. | D. Martínez-Moreno | J.G. Fuentes-López | F. Basurto-Peña.

# POLIBOTÁNICA

Núm. 54

ISSN electrónico: 2395-9525

Julio 2022

## Portada

Flor de *Bixa orellana* L. (Bixaceae), “achiote” polinizada por *Melipona beecheii* Bennett (Apidae), “jicota mansa”. Entre los principales polinizadores para las flores de numerosas especies de árboles, plantas y lianas en las zonas tropicales y subtropicales de bosques y selvas, se encuentra las abejas sin aguijón, tanto es así que algunos campesinos ya tienen establecida la meliponicultura basada en la cría de *M. beecheii* para producir miel, polen y cerumen que son productos apreciados en el mercado y con importantes propiedades alimenticias y medicinales.



*Flower of Bixa orellana* L. (Bixaceae), “achiote” pollinated by *Melipona beecheii* Bennett (Apidae), “jicota mansa”. Among the main pollinators for the flowers of numerous species of trees, plants and lianas in tropical and subtropical areas of forests and jungles are stingless bees, so much so that some farmers have already established meliponiculture based on the breeding of *M. beecheii* to produce honey, pollen and cerumen that are products appreciated in the market and with important nutritional and medicinal properties.

por/by **Rafael Fernández Nava**



## INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

Director General: *Dr. Arturo Reyes Sandoval*

Secretario General: *Mtro. Juan Manuel Cantú Vázquez*

Secretario Académico: *Dr. David Jaramillo Viguera*

Secretario de Extensión e Integración Social: *Dr. Luis Alfonso Villa Vargas*

Secretario de Investigación y Posgrado: *Dra. Laura Arreola Mendoza*

Secretario de Servicios Educativos: *Dra. Ana Lilia Coria Páez*

Secretario de Administración: *M. en C. Javier Tapia Santoyo*

Director de Educación Superior: *Mtro. Mauricio Igor Jasso Zaranda*

## ESCUELA NACIONAL DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

Directora:

*Dra. Yadira Rivera Espinoza*

Subdirectora Académica:

*M. en C. Martha Patricia Cervantes Cervantes*

Subdirector Administrativo:

*Ing. Raúl Chávez Alvircio*

Jefe de la Sección de Estudios de Posgrado e Investigación:

*Dr. Gerardo Aparicio Ozores*

Subdirector de Servicios Educativos e Integración Social:

*Dr. Felipe Neri Rodríguez Casasola*

---

**POLIBOTÁNICA**, Año 27, No. 54, julio-diciembre 2022, es una publicación semestral editada por el Instituto Politécnico Nacional, a través de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas. Unidad Profesional Lázaro Cárdenas, Prolongación de Carpio y Plan de Ayala s/n, Col. Santo Tomas C.P. 11340 Delegación Miguel Hidalgo México, D.F. Teléfono 57296000 ext. 62331. <http://www.herbario.encb.ipn.mx/>, Editor responsable: Rafael Fernández Nava. Reserva de Derechos al Uso Exclusivo del Título No. 04-2015-011309001300-203. ISSN impreso: 1405-2768, ISSN digital: 2395-9525, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de la última actualización de este número, Unidad de informática de la ENCB del IPN, Rafael Fernández Nava, Unidad Profesional Lázaro Cárdenas, Prolongación de Carpio y Plan de Ayala s/n, Col. Santo Tomas CP 11340 Delegación Miguel Hidalgo México, D.F.

Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor de la publicación.

Queda estrictamente prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación sin previa autorización del Instituto Politécnico Nacional.

REVISTA BOTÁNICA INTERNACIONAL DEL INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

**EDITOR EN JEFE**

*Rafael Fernández Nava*

**EDITORA ASOCIADA**

*María de la Luz Arreguín Sánchez*

**COMITÉ EDITORIAL INTERNACIONAL**

*Christiane Anderson*  
University of Michigan  
Ann Arbor, Michigan, US

*Edith V. Gómez Sosa*  
Instituto de Botánica Darwinion  
Buenos Aires, Argentina

*Heike Vibrans*  
Colegio de Postgraduados  
Estado de México, México

*Jorge Llorente Bousquets*  
Universidad Nacional Autónoma de México  
Ciudad de México, México

*Graciela Calderón de Rzedowski*  
Instituto de Ecología del Bajío  
Pátzcuaro, Mich., México

*Delia Fernández González*  
Universidad de León  
León, España

*Theodore S. Cochrane*  
University of Wisconsin  
Madison, Wisconsin, US

*Jerzy Rzedowski Rotter*  
Instituto de Ecología del Bajío  
Pátzcuaro, Mich., México

*Hugo Cota Sánchez*  
University of Saskatchewan  
Saskatoon, Saskatchewan, Canada

*Luis Gerardo Zepeda Vallejo*  
Instituto Politécnico Nacional  
Ciudad de México, México

*Fernando Chiang Cabrera*  
Universidad Nacional Autónoma de México  
Ciudad de México, México

*Claude Sastre*  
Muséum National d'Histoire Naturelle  
Paris, Francia

*Thomas F. Daniel*  
California Academy of Sciences  
San Francisco, California, US

*Mauricio Velayos Rodríguez*  
Real Jardín Botánico  
Madrid, España

*Francisco de Asis Dos Santos*  
Universidad Estadual de Feira de Santana  
Feira de Santana, Brasil

*Noemí Waksman de Torres*  
Universidad Autónoma de Nuevo León  
Monterrey, NL, México

*Carlos Fabián Vargas Mendoza*  
Instituto Politécnico Nacional  
Ciudad de México, México

*Julieta Carranza Velázquez*  
Universidad de Costa Rica  
San Pedro, Costa Rica

*José Luis Godínez Ortega*  
Universidad Nacional Autónoma de México  
Ciudad de México, México

*Tom Wendt*  
University of Texas  
Austin, Texas, US

*José Manuel Rico Ordaz*  
Universidad de Oviedo  
Oviedo, España

**DISEÑO Y FORMACIÓN ELECTRÓNICA**

*Luz Elena Tejeda Hernández*

**OPEN JOURNAL SYSTEM Y TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN**

*Pedro Aráoz Palomino*

Toda correspondencia relacionada con la revista deberá ser dirigida a:

**Dr. Rafael Fernández Nava**

Editor en Jefe de

## POLIBOTÁNICA

Departamento de Botánica

Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, Instituto Politécnico Nacional

Apdo. Postal 17-564, CP 11410, Ciudad de México

Correo electrónico:

*polibotanica@gmail.com*

*rfernan@ipn.mx*

Dirección Web

*http://www.polibotanica.mx*

POLIBOTÁNICA es una revista indexada en:

CONACYT, índice de Revistas Mexicanas de Investigación Científica y Tecnológica del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.

SciELO - Scientific Electronic Library Online.

Google Académico - Google Scholar.

DOAJ, Directorio de Revistas de Acceso Público.

Dialnet portal de difusión de la producción científica hispana.

REDIB Red Iberoamericana de Innovación y Conocimiento Científico.

LATINDEX, Sistema regional de información en línea para revistas científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal.

PERIODICA, Índice de Revistas Latinoamericanas en Ciencias.



# ESTUDIO ANATÓMICO E HISTOQUÍMICO DE LOS ÓRGANOS VEGETATIVOS DE *Piper aduncum* L. (PIPERACEAE)

## ANATOMICAL AND HISTOCHEMICAL STUDY OF THE VEGETATIVE ORGANS OF *Piper aduncum* L. (PIPERACEAE)

Arroyo, J.; P. Bonilla, M. Marín, G. Tomás, J. Huamán, G. Ronceros, E. Raez<sup>†</sup>,  
L. Moreno y W. Hamilton.

ESTUDIO ANATÓMICO E HISTOQUÍMICO DE LOS ÓRGANOS VEGETATIVOS DE  
*Piper aduncum* L. (PIPERACEAE).

ANATOMICAL AND HISTOCHEMICAL STUDY OF THE VEGETATIVE ORGANS  
OF *Piper aduncum* L. (PIPERACEAE).



**ESTUDIO ANATÓMICO E HISTOQUÍMICO DE LOS ÓRGANOS VEGETATIVOS  
DE *Piper aduncum* L. (PIPERACEAE).**

**ANATOMICAL AND HISTOCHEMICAL STUDY OF THE VEGETATIVE ORGANS  
OF *Piper aduncum* L. (PIPERACEAE).**

Arroyo, J.; P. Bonilla,  
M. Marín, G. Tomás,  
J. Huamán, G. Ronceros,  
E. Raez<sup>†</sup>, L. Moreno,  
y W. Hamilton.

ESTUDIO ANATÓMICO E  
HISTOQUÍMICO DE LOS  
ÓRGANOS VEGETATIVOS  
DE *Piper aduncum* L.  
(PIPERACEAE).

ANATOMICAL AND  
HISTOCHEMICAL STUDY  
OF THE VEGETATIVE  
ORGANS OF *Piper aduncum*  
L. (PIPERACEAE).

POLIBOTÁNICA

Instituto Politécnico Nacional

Núm. 54: 185-202. Julio 2022

DOI:

10.18387/polibotanica.54.12

**J. Arroyo**

*Instituto de Investigaciones Clínicas, Facultad de Medicina. UNMSM, Perú.*

**P. Bonilla**

*Instituto de Ciencias Farmacéuticas y Recursos Naturales,  
Facultad de Farmacia y Bioquímica. UNMSM, Perú.*

**M. Marín** / [mmarinb@unmsm.edu.pe](mailto:mmarinb@unmsm.edu.pe)

*Instituto de Ciencias Biológicas Antonio Raimondi,  
Facultad de Ciencias Biológicas. UNMSM, Perú.*

**G. Tomás**

**J. Huamán**

*Laboratorio de Química Orgánica,  
Facultad de Química e Ingeniería Química. UNMSM, Perú.*

**G. Ronceros**

*Instituto de Investigaciones Clínicas, Facultad de Medicina. UNMSM, Perú.*

**E. Raez<sup>†</sup>**

*Instituto de Patología, Facultad de Medicina. UNMSM, Perú.*

**L. Moreno**

*Instituto de Ciencias Farmacéuticas y Recursos Naturales,  
Facultad de Farmacia y Bioquímica. UNMSM, Perú.*

**W. Hamilton**

*Herbario San Marcos (USM), Museo de Historia Natural. UNMSM, Perú.*

**RESUMEN:** *Piper aduncum* L. (Piperaceae) es una especie ampliamente utilizada en la medicina tradicional peruana. Ante la escasez de información anatómica de especímenes de *P. aduncum* que crecen en la selva peruana, establecemos como objetivos la caracterización anatómica e histoquímica de los órganos vegetativos y el estudio fitoquímico preliminar del extracto etanólico de las hojas, para la obtención de caracteres diagnósticos de dicha especie. Se realizaron cortes a mano alzada, tinción histológica y reacciones histoquímicas de raíces, tallos y hojas, macerados del tallo y diafanizados foliares. Con el extracto etanólico de las hojas se realizaron procedimientos fitoquímicos para el reconocimiento de metabolitos secundarios. Los resultados han verificado caracteres histológicos ya reportados para la especie como el tallo primario con una doble hilera de haces vasculares, así como la hoja bifacial hipostomática con idioblastos secretores, los rafidios de oxalato cálcico, tricomas tectores y glandulares. Se han caracterizado los rasgos histológicos distintivos para *P. aduncum* como los almidones poliédricos simples e idioblastos secretores en las raíces; vasos de xilema escaleriformes, punteados y elementos esclerenquimáticos en el tallo, así como el número de estomas, los índices estomático y del parénquima en empalizada para la hoja. Las pruebas fitoquímicas evidencian la presencia de alcaloides,

flavonoides, compuestos fenólicos y saponinas en el extracto etanólico, mientras que con las pruebas histoquímicas se reconocieron alcaloides para las raíces, esteroides y triterpenos para los tallos, esteroides y taninos para las hojas. Se concluye que los datos morfométricos a nivel foliar y caulinar son los más relevantes y de importancia diagnóstica y pueden ser utilizados en la identificación de la especie.

**Palabras clave:** *Piper*, histología, histoquímica, fitoquímica, idioblastos.

**ABSTRACT:** *Piper aduncum* L. (Piperaceae) is a species widely used in traditional Peruvian medicine. Due to lack of anatomical information on specimens of *P. aduncum* that grow in the Peruvian Amazon, we set as objectives the anatomical and histochemical characterization of the vegetative organs and the preliminary phytochemical study of the ethanolic extract of the leaves, to obtain diagnostic characters of the mentioned species. Freehand sections, histological staining and histochemical reactions of roots, stems and leaves, stem macerations and leaf clearing were performed. Phytochemical procedures were carried out for the recognition of secondary metabolites with the ethanolic extract of the leaves. The results have verified histological characters already reported for the species such as the primary stem with a double row of vascular bundles as well as the hypostomatic bifacial leaf with secretory idioblasts, calcium oxalate raphides, tector and glandular trichomes. Distinctive histological features for *P. aduncum* such as simple polyhedral starches and secretory idioblasts in the roots, xylem vessels scalariform and pitted, sclerenchyma elements in the stem as well as the number of stomata, stomatal index and palisade parenchyma index for the leaf have been characterized. Phytochemical tests show the presence of alkaloids, flavonoids, phenolic compounds and saponins in the ethanolic extract, while histochemical tests showed alkaloids for the roots, sterols and triterpenes for the stems, sterols and tannins for the leaves. It is concluded that the morphometric data at the foliar and stem level are the most relevant and of diagnostic importance and can be used in the identification of the species.

**Key words:** *Piper*, histology, histochemistry, phytochemistry, idioblasts.

## INTRODUCCIÓN

El género *Piper* (Piperaceae) es un género pantropical de amplia distribución en el Neotrópico (Jaramillo & Manos, 2001; Quijano-Abril *et al.*, 2013). En la flora peruana existen más de 700 especies de dicho taxón distribuidos principalmente en la selva peruana (Brako & Zarucchi, 1993). El género presenta una amplia variedad de componentes químicos, como sesquiterpenos, monoterpénos, fenilpropanoides, benzenoides, flavonoides y alcaloides (Maia *et al.*, 1987; Martins *et al.*, 1998; Parmar *et al.*, 1998; Pessini *et al.*, 2003; Lock & Rojas, 2004; Soto-Vásquez, 2015), por lo que son medicinalmente importantes y han mostrado tener actividades antibacteriana, antioxidante y antifúngica (Tirillini *et al.*, 1996; Lentz *et al.*, 1998; Kloucek *et al.*, 2005). En el Perú, una de las especies más utilizadas en la medicina tradicional de la Amazonia peruana es *Piper aduncum* L., conocida con los nombres vulgares de “matico” o “cordoncillo” (Soukup, 1987), es un pequeño árbol de 4 m de altura de tallo verde, glabro, hojas alternas, simples de forma ovada, oblicuamente atenuada en la base, con nervadura pinnada y asimétrica. Inflorescencia en espigas de forma alargada y curvada hacia el ápice de las ramas, de color blanco y fruto tipo drupa (Mejía & Rengifo, 2018). La especie tiene una amplia distribución en una variedad de ambientes de la selva del país, desde los 50 hasta los 2800 m y se comercializa en los mercados locales del país (Mejía & Rengifo, 2018; Silva-Alarcón *et al.*, 2019), tiene propiedades como neuroprotectora (Zaa *et al.*, 2012), gastroprotectora, antitumoral (Arroyo *et al.*, 2013, 2014) y cicatrizante (Paco *et al.*, 2016). *P. aduncum* contiene una variada composición en alcaloides, compuestos fenólicos, especialmente flavonoides, taninos y aceites esenciales (Lock & Rojas, 2004; Soto-Vásquez, 2015). Son importantes los aportes de los estudios anatómicos especializados en las especies de valor medicinal del género *Piper*, incluyendo el reconocimiento microquímico de sustancias (Nascimento & Vilhena-Potiguara, 1999; Silva & Machado, 1999; Pessini *et al.*, 2003; Souza *et al.*, 2004; Albiero, de Souza, *et al.*, 2005; Albiero, Paoli, *et al.*, 2005; Albiero *et al.*, 2006; dos Santos *et al.*, 2015, 2018; de

Oliveira Machado *et al.*, 2017). Para *P. aduncum* se tiene un primer reporte de Vianna y Akisue (1997, citado por (Pessini *et al.*, 2003) quienes tratan la morfología y estructura interna de la especie. Dousseau *et al.* (2014), en un estudio referido a plantas umbrófilas de ambientes boscosos, caracterizaron anatómicamente la hoja de *P. aduncum* como bifacial e hipoestomática, con presencia de estomas tetracíticos e idioblastos oleíferos, realizando algunas pruebas histoquímicas de las hojas. En ambos trabajos no se realizaron mediciones morfométricas de los tejidos foliares y sus resultados difieren en algunos detalles de la estructura interna foliar descrita como la naturaleza de la capa subepidérmica, además de no incluir el estudio de la anatomía caular y radical de la especie. No hay estudios anatómicos de los órganos vegetativos de especímenes de *P. aduncum* procedentes de su hábitat natural en la Amazonía peruana. Los estudios anatómicos revelan la influencia que puede ejercer el medio ambiente en la morfología y estructura interna de las plantas (Artiaga de Santiago *et al.*, 2001; Dousseau *et al.*, 2014). Se requiere verificar las características diagnósticas de nuestros ejemplares nativos de *P. aduncum* debido a que estas son especialmente relevantes para el reconocimiento farmacognóstico e identidad de la especie y evidencia su potencial como fitomedicamento. El objetivo del presente estudio fue determinar las características histológicas e histoquímicas en los órganos vegetativos, raíces, tallos y hojas de especímenes de *P. aduncum* que crecen en la selva peruana, que puedan servir para su reconocimiento y ser incorporadas en un futuro control de calidad de la droga vegetal.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Colecta del material

Material fresco consistente en cinco muestras de las raíces laterales y cinco ramas de tallos con hojas de *Piper aduncum* fueron recolectadas de 3 especímenes procedentes de áreas abiertas de la cuenca baja del río Tulumayo, Distrito de la Merced, Provincia de Chanchamayo, Departamento de Junín, a una altitud promedio de 1259,6 m y entre las coordenadas geográficas 11° 21' 59.6" latitud sur, 75 °16' 15.04" longitud Oeste y 11° 18' 17.61' latitud sur, 75° 18' 22.70" longitud Oeste. La identificación de la especie se realizó mediante la consulta de la literatura especializada (Trelease, 1950; Vásquez *et al.*, 1997) y la comparación con muestras existentes en el Herbario de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos (USM).

### Estudio histológico

Cinco muestras representativas de la parte media de raíces laterales, entrenudos de tallos y hojas adultas intermedias de tres individuos de la especie, se fijaron en FAA (formaldehído, ácido acético glacial, etanol al 96% y agua 10:5:35:50) conservándose posteriormente en etanol al 70%. Se realizaron cortes a mano alzada, transversales y longitudinales radiales de tallos y raíces, cortes transversales y paradermales de hojas, todos ellos fueron aclarados en hipoclorito de sodio 50%, lavados, colocados en hidrato de cloral 5%, lavados y teñidos ya sea con safranina o con azul de toluidina, ambos al 1% (D' Ambrogio de Argüeso, 1986). Para el reconocimiento de elementos vasculares y esclerenquimáticos del tallo se empleó el método de Jeffrey, sumergiendo fragmentos de tallos en una mezcla a 50° C en partes iguales de ácido nítrico y ácido crómico al 10%, lavados y teñidos con safranina al 1% (D' Ambrogio de Argüeso, 1986). Para la observación de la epidermis y la vascularización foliar se realizaron diafanizados de hojas utilizando hidróxido de sodio al 5% (Dizeo de Strittmatter, 1973), los que fueron teñidos con azul de toluidina al 1%. Para el cálculo del índice de empalizada, que determina la cantidad de células del parénquima en empalizada subyacentes a grupos de cuatro células epidérmicas (Albrecht *et al.*, 2005), en las hojas diafanizadas se hizo el recuento por triplicado de células parenquimáticas clorofilianas en empalizada comprendidas en grupos de 4 células epidérmicas y el valor es expresado en número de células del parénquima por célula epidérmica. Para la determinación en las hojas del número medio de estomas por milímetro cuadrado de epidermis foliar y el índice de estomas, que es el porcentaje de células epidérmicas transformadas en estomas (Evans, 1991), fueron en medidas en 10 campos visuales a 400 aumentos por triplicado. Para la caracterización morfométrica de las estructuras internas de los

órganos vegetativos se hicieron por individuo 10 mediciones microscópicas de los tejidos por triplicado, con datos promedios y desviación estándar. Se tomaron microfotografías a 100 y 400 aumentos en microscopio con cámara incorporada Leica modelo CME (Leica-Microsystem, Wetzlar, Germany). La descripción del patrón de nervadura foliar según la literatura especializada (Hickey, 1973; Ash *et al.*, 1999).

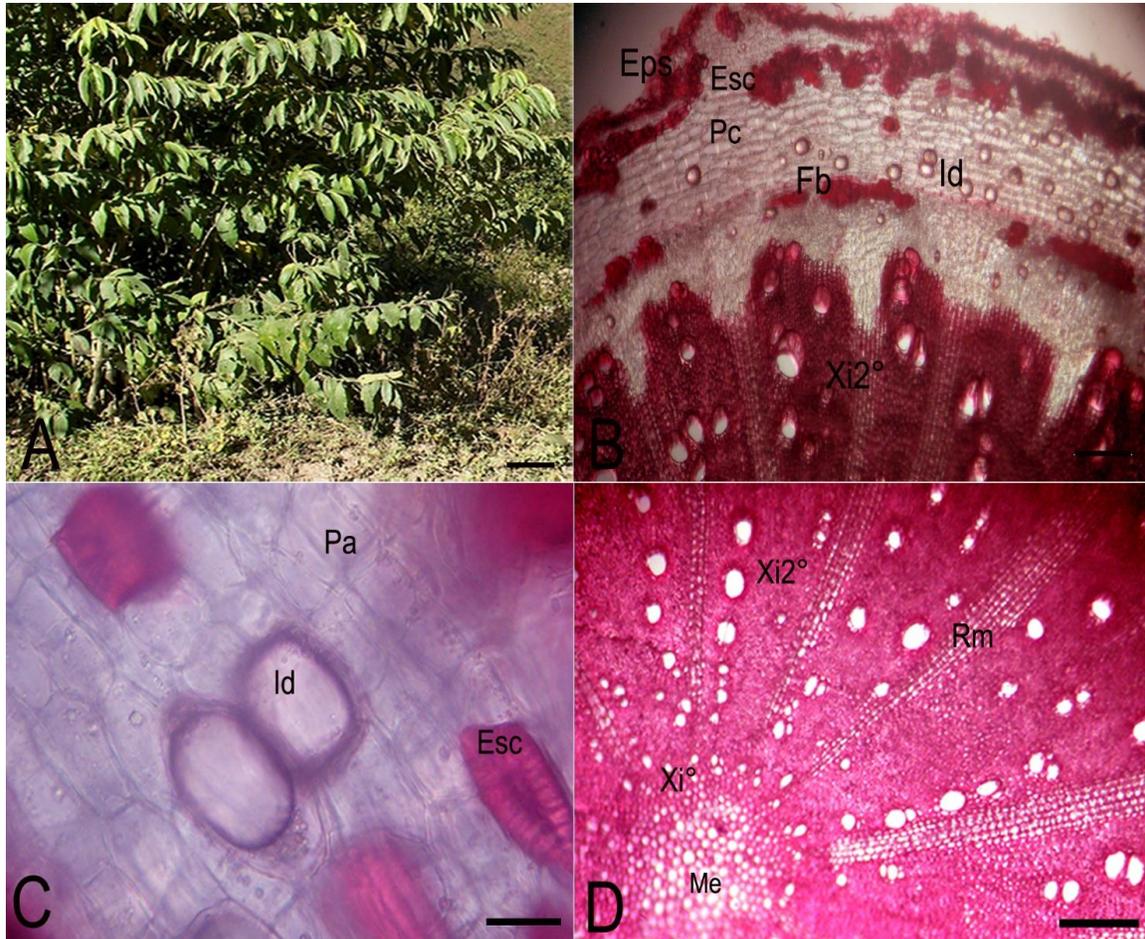
#### **Reconocimiento fitoquímico preliminar y pruebas microquímicas en tejidos**

Para la preparación del extracto etanólico procedentes de las hojas, se colectaron 5 kg de material fresco, se estabilizaron en estufa a 40 °C por cinco días (Lock, 1994), una vez secos y trozados, 50 g del material fueron puestos a macerar en etanol al 96% por ocho días. Con el residuo del extracto filtrado y desecado en estufa a 40 °C (5g), se procedió a la aplicación de diferentes pruebas químicas para el reconocimiento preliminar de metabolitos secundarios: alcaloides (pruebas de Dragendorff y Mayer), flavonoides (prueba de Shinoda), saponinas (prueba de espuma), taninos (pruebas de cloruro férrico y gelatina), quinonas (prueba de Bornträger), esteroides (prueba de Liebermann) y aceites esenciales (aroma), todas estas pruebas se realizaron según Lock (1994). Para el reconocimiento histoquímico de metabolitos de interés en tejidos de raíces, tallos y hojas al estado fresco, se realizaron cortes transversales de los mismos y se ensayaron los reactivos de Lugol (almidón), floroglucinol (lignina), cloruro férrico 1% (taninos), ácido sulfúrico (esteroides), Sudán III (lípidos) y Dragendorff (alcaloides), todos los ensayos según D'Ambrogio (1986) y Lock (1994).

## **RESULTADOS**

### **Anatomía radical**

La raíz lateral presenta una estructura secundaria en transición marcada por el desarrollo del tejido vascular secundario, una capa epidérmica suberizada en la superficie externa y una zona cortical con agrupaciones variables de braquiesclereidas de forma irregular ubicadas hacia la parte externa de la corteza (Fig. 1B). Parénquima cortical con escasos almidones simples de forma poliédrica de 18 µm de diámetro. Idioblastos secretores de formas oblongas a elipsoidales y de 100 µm de diámetro mayor, de contenido amarillento y aromáticos, estos se presentan abundantes en la corteza y otros de menor tamaño, pero escasos son visibles en el floema secundario (Fig. 1 C). El tejido vascular es delimitado externamente por una delgada capa endodérmica, presenta un floema secundario con pequeñas agrupaciones de fibras floemáticas y escasos idioblastos, de menor tamaño que los corticales; el cambium vascular siguiendo un contorno ondulado y un fuerte desarrollo del xilema secundario, con predominio de vasos de amplio diámetro. En sentido radial, hacia la zona medular, se presentan radios pluriseriados de una amplitud variable, 4 a 8 filas de células correspondientes al parénquima xilemático, de carácter reservante con abundantes almidones simples de forma poliédrica. Escasos vasos del xilema primario se presentan reducidos y colapsados en el límite interno con la médula. En el centro de la raíz, la zona medular es estrecha y sus células presentan rasgos de lignificación en sus paredes (Fig. 1 D).

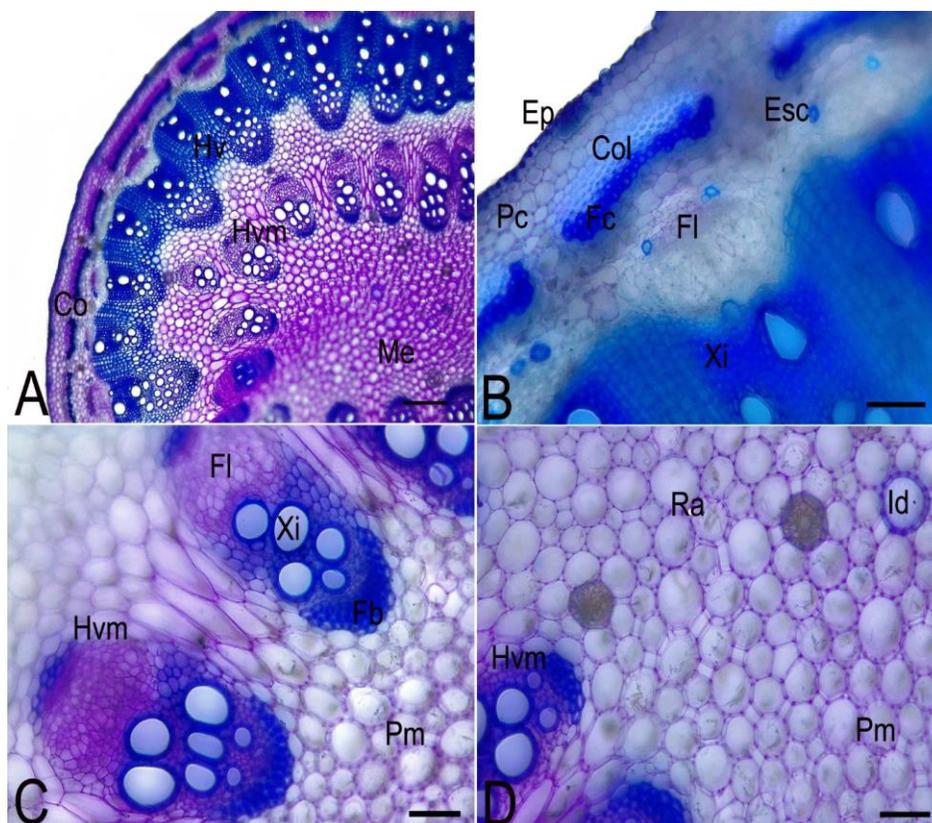


**Fig. 1. Anatomía radical de *Piper aduncum*:** A, vista general de la planta. B, Sección transversal de la raíz secundaria. C, idioblastos y braquiesclereidas en la corteza radical. D, detalle del xilema secundario y la zona medular. Epidermis suberizada (Eps); parénquima (Pa); braquiesclereidas (Esc); idioblasto (Id); fibras floemáticas (Fb); xilema secundario (Xi2°); xilema primario (Xi°); radio medular (Rm). Barra A, 20 cm. B-D, 20  $\mu$ m.

#### Anatomía caulinar

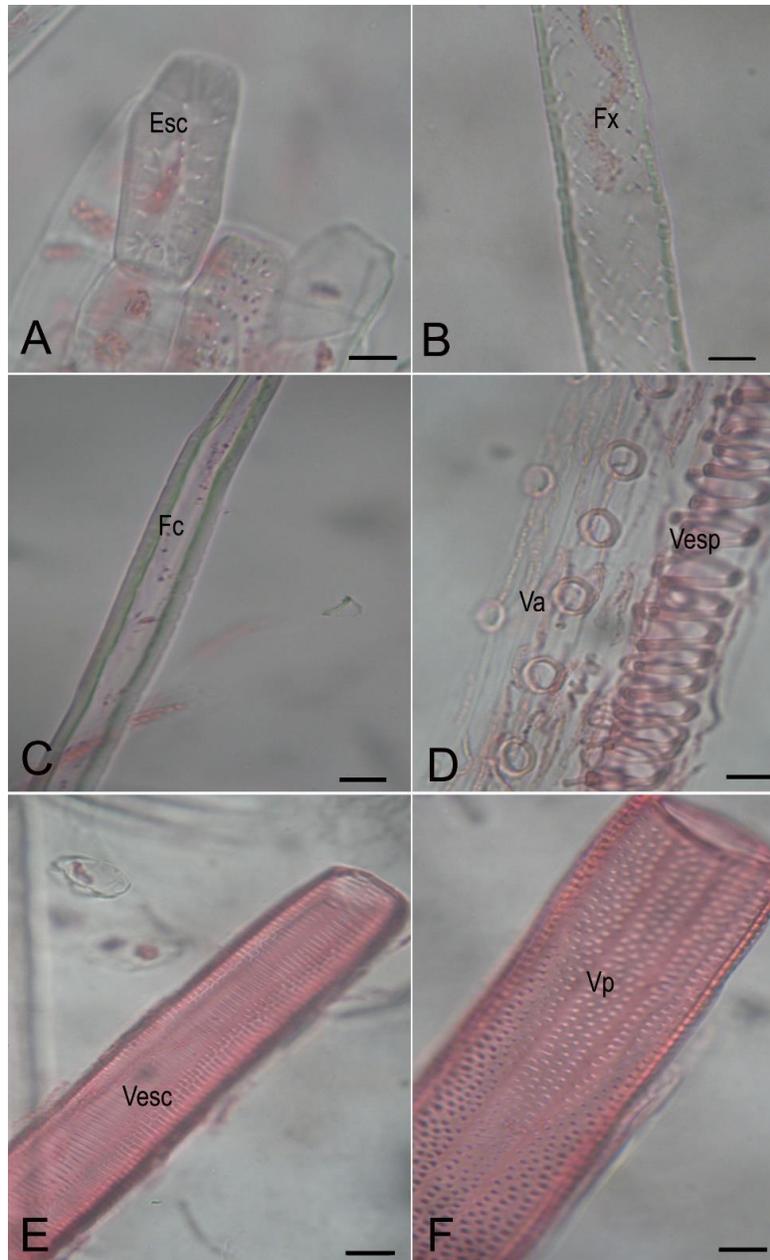
El tallo presenta en sección transversal una forma cilíndrica y estructura primaria con desarrollo atípico del tejido vascular, en la forma de doble hilera de haces vasculares colaterales (Fig. 2 A). Epidermis uniestratificada de paredes externas de contorno convexo y con una gruesa cutícula su pared externa, Con tricomas tectores pluricelulares escasos. Corteza con varias capas de parénquima clorofiliano, escasos idioblastos secretores e idioblastos con rafidios de oxalato cálcico. Almidones simples y pequeños se observan hacia el interior de la corteza. Paquetes alargados de células colenquimáticas, con engrosamiento en las aristas celulares Agrupaciones alargadas de fibras de esclerénquima, subyacentes al colénquima en la corteza interna (Fig. 2 B). Tejido vascular en doble hilera, uno externo, compuesto de grandes haces vasculares colaterales periféricos, alargados que alternan en tamaño y otro interno, formado numerosos haces vasculares internos mas pequeños, hacia la zona medular. En el tejido vascular externo el floema se dispone en la parte externa, con escasos agrupamientos de fibras floemáticas, esclereidas e idioblastos secretores más parénquima floemático. Presencia de una delgada capa de tejido meristemático y desarrollo de una gruesa zona de xilema primario con fibras xilemáticas, de un contorno sinuoso hacia la parte interna, en la periferia con la zona

medular. Radios medulares pluriseriados, de 5 células parenquimáticas, lignificadas y de 300  $\mu\text{m}$  de diámetro en el anillo periférico principal y de 7 a 9 células parenquimáticas y 227,2  $\mu\text{m}$  de diámetro en los haces medulares. Haces vasculares medulares dispuestos en forma de un anillo periférico interno hacia el límite de la zona medular y con vasos xilemáticos de un mayor diámetro comparado con los vasos de los haces vasculares externos (Fig. 2 C). La zona medular es muy amplia, con presencia de células parenquimáticas de paredes delgadas, escasos idioblastos cristalíferos ubicados entre las células del parénquima medular, conteniendo finos cristales aciculares (rafidios) de oxalato cálcico de 4  $\mu\text{m}$  de longitud e idioblastos secretores, de paredes engrosadas y 72,5  $\mu\text{m}$  de diámetro (Fig. 2 D).



**Fig. 2. Anatomía caulinar de *Piper aduncum*:** A, Sección transversal del tallo. B, detalle de la porción externa del tallo. C, haces vasculares medulares (Hvm). D, zona medular del tallo. Epidermis (Ep); corteza (Co); colénquima (Col); fibras corticales (Fc); braquiesclereidas (Esc); haz vascular principal (Hv); floema (Fl); xilema (Xi); idioblasto secretor (Id); rafidios (Ra); parénquima medular (Pm). Barra, A-D, 20  $\mu\text{m}$ .

En los macerados del tallo se reconocieron elementos esclerenquimáticos de tipo braquiesclereida, de paredes secundarias engrosadas y punteaduras ramificadas (Fig. 3 A). Dos tipos de fibras, unas de corta longitud, de paredes delgadas y abundantes puntuaciones (Fig. 3 B) y otras de gran longitud, gruesas paredes y escasas puntuaciones (Fig. 3 C), siendo la primera destacable por su mayor abundancia en los macerados. Vasos uniperforados de xilema de tipo anillados, espiralados, escaleriformes y punteados (Figs. 3 D-F), siendo abundantes los tres últimos. Las dimensiones morfométricas de los principales elementos esclerenquimáticos y xilemáticos en el macerado del tallo se presentan en la Tabla 1.



**Fig. 3. Elementos celulares en el macerado del tallo de *Piper aduncum*:** A, braquiesclereidas (Esc). B, fibra xilemática (Fx). C, fibra cortical (Fc). D, vasos anillados (Va) y espiralado (Vesp). E, vaso escaleriforme (Vesc). F, vaso punteado (Vp). Barra A-F, 20 µm.

**Tabla 1.** Mediciones de los principales elementos celulares en el macerado del tallo de *Piper aduncum*. (Promedio  $\mu\text{m} \pm \text{D.E.}$ ; n = 30).

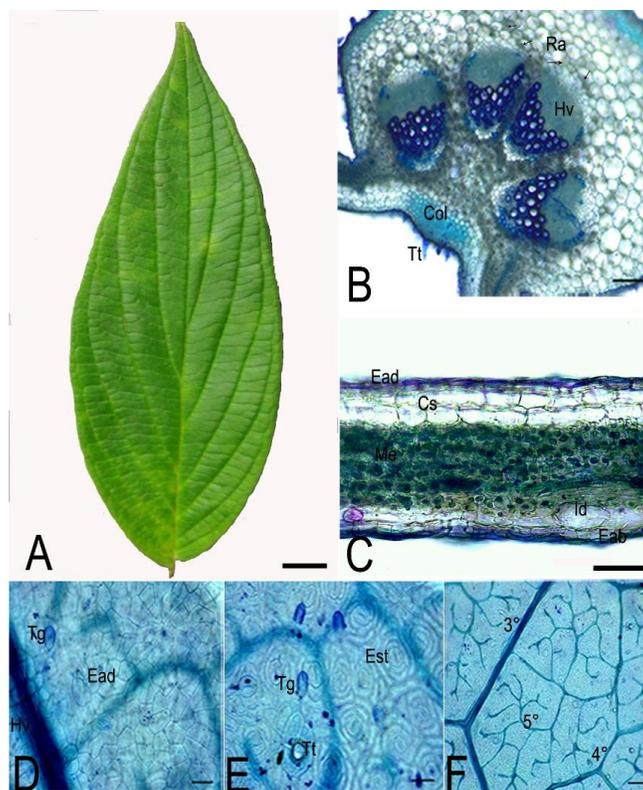
| Elementos celulares   | Ancho          | Longitud           |
|-----------------------|----------------|--------------------|
| Vasos reticulados     | 64,1 $\pm$ 8,2 | 911,4 $\pm$ 61,2   |
| Vasos escaleriformes  | 38,2 $\pm$ 6,4 | 1083,3 $\pm$ 121,1 |
| Fibras corticales     | 15,0 $\pm$ 2,7 | 2364,0 $\pm$ 594,9 |
| Fibras xilemáticas    | 12,2 $\pm$ 2,1 | 2300,0 $\pm$ 578,8 |
| Vasos espiralados     | 25,9 $\pm$ 7,9 | -                  |
| Esclereidas           | -              | 50,6 $\pm$ 18,5    |
| Parénquima xilemático | -              | 109,6 $\pm$ 16,2   |
| Idioblastos           | -              | 38,3 $\pm$ 5,8     |

### Anatomía foliar

En corte transversal la lámina foliar presenta una estructura bifacial de 212,5  $\mu\text{m}$  de espesor, con una cutícula delgada (1,8  $\mu\text{m}$ ) y una epidermis uniestratificada con células de formas variables; las células epidérmicas adaxiales de formas alargadas y estrechas, de mayor tamaño (10,3  $\mu\text{m}$ ) que las células abaxiales de forma cuadrangulares alargadas (6,7  $\mu\text{m}$ ). Presencia de tricomas pluricelulares en ambas superficies foliares: tectores y glandulares; los primeros de forma cónica, tamaño variable y predominantes a nivel de la nervadura central (Fig. 4 B); los segundos, de forma globosa o sacciformes, se presentan escasamente en la lámina (Fig. 4 E). Capas subepidérmicas de células, sin plastidios, ubicadas hacia ambas superficies: la superior, situada por debajo de la epidermis adaxial, formado por una doble hilera de células cuadrangulares de 11,8  $\mu\text{m}$  de ancho. La inferior, adyacente a la epidermis abaxial, está formada por una hilera de células alargadas y de tamaño irregular. Estomas presentes sólo en la superficie abaxial y están a ubicados mismo nivel que las células epidérmicas. El mesófilo está compuesto por una doble capa de parénquima clorofiliano en empalizada hacia el lado superior y dos a tres estratos de parénquima clorofiliano esponjoso hacia el lado inferior. Haces conductores colaterales cerrados en el medio del mesófilo. Idioblastos secretores de 22,7  $\mu\text{m}$  de diámetro, con un contenido amarillento, se localizan en la parte media e inferior del mesófilo (Fig. 4 C). La nervadura principal presenta hacia ambas superficies externas refuerzos subepidérmicos de colénquima angular y en la parte central se disponen de 2 a 3 haces conductores colaterales de forma convexa rodeados de escasas fibras; cristales aciculares de oxalato cálcico se presentan abundantes en el parénquima de la nervadura central (Fig. 4 B).

En la vista paradermal, las células epidérmicas adaxiales son de formas poligonales y 20,1  $\mu\text{m}$  de diámetro (Fig. 4 D). Células epidérmicas abaxiales tienen forma de polígonos irregulares de 19,8  $\mu\text{m}$  de longitud (Fig. 4 E). Los estomas tuvieron 15  $\mu\text{m}$  de diámetro mayor y fueron de 2 tipos: a) anomocítico y b) tetracítico. El número medio de estomas fue de 760 estomas/ $\text{mm}^2$  y el índice estomático de 7,84. El índice del parénquima en empalizada fue de 13,3. Los principales caracteres morfométricos de la lámina foliar se resumen en la Tabla 2. El patrón de nervaduras es pinnatinervio, de tipo eucamptodromo (Fig. 4 A). Las ramificaciones se presentan en forma anastomosada, con ramificaciones de 1° al 5° orden. Las venas secundarias alternas a la vena primaria y curvada hacia el ápice del limbo, con un espaciamiento entre ellas que decrece gradualmente hacia la base. Venas secundarias basales llegan a ser marginales hacia el exterior de la lámina, recurviéndose y formando bucles. Venas terciarias discurren paralelamente entre ellas y son perpendiculares a la vena principal, estas venas cruzan transversalmente a las venas

secundarias y sin llegar a ramificarse, forman con las venas de 4to orden aréolas poligonales bien definidas. Vénulas de 5° orden finamente ramificadas e inconclusas, no llegan a los límites de las areolas formadas (Fig. 4 F).

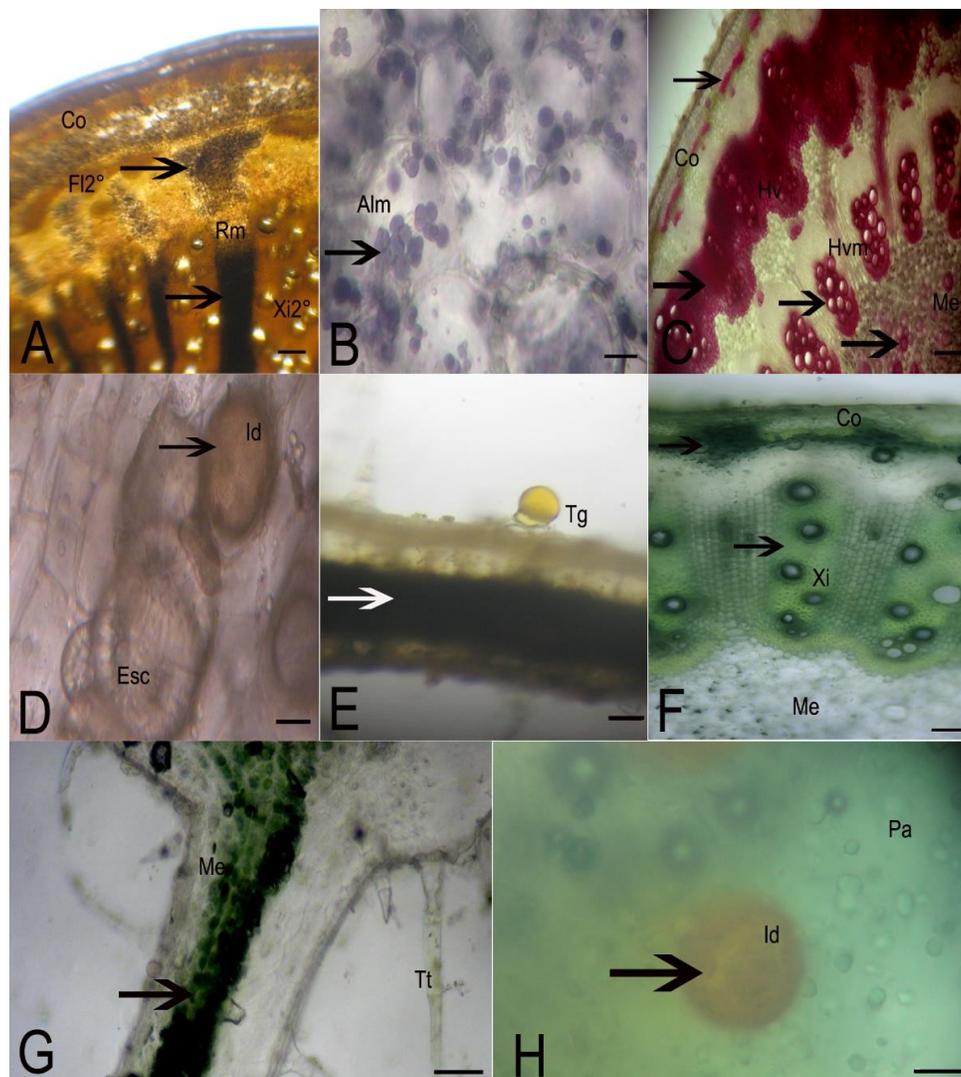


**Fig. 4. Anatomía foliar de *Piper aduncum*:** A, vista general de la hoja. B-C, corte transversal de la lámina. D-E, vista paradermal de la lámina. B, nervadura principal de la lámina. C, Mesófilo. D, superficie adaxial. E, superficie abaxial. F, detalle de la nerviación anastomosada y venas de 3° a 5°. Rafidios (Ra); Haz vascular (Hv); colénquima (Col); tricoma tector (Tt); epidermis adaxial (Ead); epidermis abaxial (Eab); estoma (Est); mesófilo (Me); capa subepidpérmica (Cs); idioblasto secretor (Id); tricoma glandular (Tg); estoma (Est). Barra, A, 1 cm. B-F, 20  $\mu$ m.

**Tabla 2.** Caracteres morfométricos foliares de *Piper aduncum*. (Promedio  $\pm$  D.E; n = 30)

| Parámetros epidérmicos                       | Diámetro         |
|--|------------------|
| Células epidérmicas adaxiales ( $\mu$ m)     | 20,1 $\pm$ 3,6   |
| Células epidérmicas abaxiales ( $\mu$ m)     | 19,8 $\pm$ 4,3   |
| Células oclusivas del estoma ( $\mu$ m)      | 15,0 $\pm$ 1,2   |
| Número de estomas (estomas/mm <sup>2</sup> ) | 760,0 $\pm$ 74,3 |
| Índice estomático                            | 7,84 $\pm$ 0,63  |
| Índice de empalizada                         | 13,3 $\pm$ 2,2   |





**Fig. 5.** Reconocimiento microquímico en los órganos vegetativos de *Piper aduncum*: A, almidones en la raíz. B, almidones en la corteza del tallo. Elementos lignificados en la estructura del tallo. D, alcaloides en idioblasto de la raíz. E, taninos en el mesófilo foliar. F, esteroides en el tallo. G, esteroides en la hoja. H, triterpenoides en idioblasto del tallo. Corteza (Co); floema secundario (Fl2°); xilema secundario (Xi2°); xilema primario (Xi); radio medular (Rm); almidón (Alm); haz vascular principal (Hv); haz vascular medular (Hvm); médula (Me); mesófilo (Me); idioblasto (Id); braquiesclerida (Esc); tricoma glandular (Tg); tricoma tector (Tt); parénquima (Pa). Barra, A-H, 20  $\mu$ m.

## DISCUSIÓN

El desarrollo secundario de las raíces de *Piper aduncum* tiene la característica de presentar una epidermis con rasgos suberizados. Esta característica hallada es también mencionada por Vianna y Akisue para la misma especie (1997, citado por (Albiero *et al.*, 2006). Si bien señalan para las Piperaceae la presencia común de peridermis (Metcalf & Chalk, 1957), en las raíces secundarias, en raíces de *P. hispidinervium* *Piper regnelli* y *P. crassinervium* no se ha reportado su presencia (Nascimento & Vilhena-Potiguara, 1999; Pessini *et al.*, 2003; Albiero *et al.*, 2006). La presencia de una epidermis suberizada en la corteza puede observarse en el desarrollo secundario de algunos tipos de raíces secundarias (Esau, 1977). Las braquiescleridas de las raíces son constantes para *P. aduncum*, como lo confirma el reporte de Vianna y Akisue para

las raíces de la especie (1997, citado por (Pessini *et al.*, 2003). Los idioblastos secretores en la raíz, con su contenido de color amarillo claro y el aroma característico, están asociados a la presencia de compuestos terpénicos como los reportados por Dousseau *et al.* (2014) para la hoja de la misma especie. El desarrollo y almacenamiento del almidón así como los radios medulares pluriseriados son comunes en las raíces secundarias de especies arbustivas del género *Piper* (Albiero, Paoli, *et al.*, 2005; Albiero *et al.*, 2006), en *P. aduncum* comprobamos que, a diferencia de la corteza, son los radios medulares los que adquieren un carácter marcadamente reservante de almidones simples, cuyas formas poliédricas y dimensiones registradas pueden ser de carácter diagnóstico si los comparamos con otras especies del género. No se encontraron cristales de oxalato cálcico en los tejidos de la raíz, condición que comparte *P. aduncum* con algunas especies como *P. regnelli* y *P. hispidum* (Pessini *et al.*, 2003; Albiero *et al.*, 2006), en tanto otras especies como *P. crassinervium* si las presentan (Albiero, Paoli, *et al.*, 2005).

A nivel del tallo, uno de los rasgos histológicos más relevantes de *P. aduncum* lo constituyen los haces vasculares en la zona medular del tallo, los cuales son considerados una evidencia de un crecimiento atípico propio de las Piperaceae y otras familias botánicas (Metcalfe & Chalk, 1957). Las Piperaceae son conocidas anatómicamente por la disposición de su sistema vascular primario en la forma de un doble anillos de haces vasculares que semeja a los tallos de monocotiledóneas y por ello su temprana consideración como una angiosperma basal (Jaramillo & Manos, 2001). Si bien el patrón de doble hilera de haces vasculares es común en los tallos de las especies del género *Piper*, encontramos que el número de los haces medulares observado en *P. aduncum* es diferente a los observados para los tallos de especies afines como *P. crassinervium*, *P. gaudichaudianum* y *P. hispidum* (Albiero, Paoli, *et al.*, 2005; Albiero, de Souza, *et al.*, 2005; Albiero *et al.*, 2006); sin embargo, no podría considerarse un carácter diagnóstico debido a que las diferencias en el desarrollo caulinar son atribuidos al grado de madurez y el mayor engrosamiento de los tallos (Evert & Esau, 2008). La presencia de paquetes de fibras corticales observados en *P. aduncum* resultan constantes en la estructura caulinar de varias especies del género *Piper*. Albiero *et al.* (2005) afirman para el tallo de *P. gaudichaudianum* que estas fibras proceden de la lignificación progresiva de las células colenquimáticas adyacentes. Son también características comunes de *P. aduncum* con respecto a las especies del clado Enckea, la presencia del colénquima angular, las esclereidas de la zona floemática y los rafidios de oxalato cálcico (Quijano-Abril *et al.*, 2013). En las especies de *Piper* son comunes en la estructura caulinar la presencia de idioblastos secretores, en *P. aduncum* este tipo de células ubicadas en la médula presentan sus paredes lignificadas, como lo comprueba la reacción positiva de floroglucinol.

Entre los elementos celulares del macerado del tallo de *P. aduncum* destacan por sus mayores dimensiones los vasos del xilema punteados y escaleriformes. Entre los elementos esclerenquimáticos se reconocieron a las fibras xilemáticas como aquellas que se presentaron en mayor cantidad y se distinguieron por su menor longitud, menor ancho y mayor cantidad de punteaduras comparadas con las fibras corticales, de tamaño mas largo y mas gruesas. En particular las fibras xilemáticas son típicas del xilema de las plantas y son consideradas caracteres diagnósticos para muchas especies (Evans, 1991; Evert & Esau, 2008). Las escasas braquiesclereidas registradas corresponde a las ubicadas en el floema de la sección transversal del tallo y su presencia es común en la estructura caulinar de las especies del género *Piper* (Quijano-Abril *et al.*, 2013). No encontramos reportes de este tipo de elementos celulares del tallo por lo que constituyen un primer registro para *P. aduncum*.

Los tricomas tectores fueron los más abundantes, alcanzando un tamaño variable en su desarrollo, mientras que los glandulares fueron más escasos y uniformes en su forma globosa, esto último concuerda con Dousseau *et al.* (2014) quien afirma además que los tricomas sacciformes pueden llegar a ser de tipo pedunculados. Los tricomas tectores y glandulares hallados son comunes para varias especies del género (Albiero, de Souza, *et al.*, 2005; Albiero, Paoli, *et al.*, 2005). Es de especial importancia los tricomas glandulares, que conjuntamente con

los idioblastos secretores del mesófilo, están en relación a la presencia de compuestos terpénicos, responsables del aroma característico de la especie y que han sido reportados por Dousseau *et al.* (2014). La hoja bifacial de *Piper aduncum* es característica de las Piperaceae (Metcalf & Chalk, 1957). El reporte del parénquima en empalizada biestratificado es consistente con lo reportado para la misma especie por Gogosz *et al.* (2012), sin embargo, contrasta con Dousseau *et al.* (2014) quienes mencionan como característico de *P. aduncum* la presencia de una capa de parénquima en empalizada y le atribuyen mas bien una mayor variabilidad al número de capas del parénquima esponjoso. Especies afines como *Piper hispidinervium*, *P. crassinervium*, *P. gaudichaudianum*, *P. hispidum* y *P. solmsianum* presentan una o dos capas celulares en el parénquima en empalizada (Nascimento & Vilhena-Potiguara, 1999; Albiero, Paoli, *et al.*, 2005; Albiero, de Souza, *et al.*, 2005; Albiero *et al.*, 2006; Bertocco *et al.*, 2017), esta diferencia puede ser atribuida a la calidad de la luminosidad en los diferentes hábitats en que se desarrollan las especies y que influyen en la conformación del mesófilo foliar (Gogosz *et al.*, 2012), en ese sentido el registro del índice de empalizada, expresado como la relación del número de células del parénquima clorofiliano en empalizada en función de las células epidérmicas (Evans, 1991), es señalada como una medida morfométrica que puede diferenciar a *P. aduncum* de las especies afines del género. Metcalf & Chalk (1957) reportan para las Piperaceae hasta tres tipos de cristales de oxalato cálcico. Para las especies del género *Piper*, predominan los rafidios (Albiero, de Souza, *et al.*, 2005; Albiero, Paoli, *et al.*, 2005; Bertocco *et al.*, 2017). *P. aduncum* presenta rafidios a nivel de la nervadura central de la hoja y por ello confirmamos los reportes de Vianna y Akisue (1997, citado por (Dousseau *et al.*, 2014) y Dousseau *et al.* (2014).

La presencia de las capas sub-epidérmicas hialinas en ambas superficies foliares es una característica de *P. aduncum*, destacando por su mayor envergadura la capa sub-epidérmica adaxial que es biestratificada. Estas capas sub-epidérmicas han sido descritas tempranamente como una hipodermis para las especies del género *Piper* (Metcalf & Chalk, 1957) y su naturaleza uní o biestratificada es registrada por diversos autores que han tratado la anatomía foliar de las especies del género (Nascimento & Vilhena-Potiguara, 1999; Albiero, Paoli, *et al.*, 2005; Albiero, de Souza, *et al.*, 2005; Albiero *et al.*, 2006; Bertocco *et al.*, 2017). En base a un estudio anatómico de ontogenia foliar de especies de *Piper*, incluyendo *P. aduncum*, Nakamura *et al.* (2015) proponen la denominación de hipodermis. A diferencia de nuestro reporte, Dousseau *et al.* (Dousseau *et al.*, 2014) describe para *P. aduncum* una capa sub-epidérmica (hipodermis) uniestratificada. Esta capa sub-epidérmica es considerada variable en su desarrollo debido a la influencia que ejerce el medio ambiente (Duarte & Siebenrock, 2010; dos Santos *et al.*, 2015, 2018) y también le atribuyen un carácter diagnóstico para las especies de *Piper* (Nakamura *et al.*, 2015).

En la superficie foliar, la disposición de los estomas hacia la cara abaxial y la presencia de los tipos de estomas anomocíticos y tetracíticos coincide con las observaciones reportadas para *P. Aduncum* por Vianna y Akisue (1997, citado por (Dousseau *et al.*, 2014), otros reportes para la misma especie sólo reportan estomas tetracíticos. (Dousseau *et al.*, 2014) solo reportan estomas tetracíticos para la especie. Otros tipos de estomas como los ciclocíticos y anisocíticos han sido reportados para las especies del género *Piper* como *P. diospyrifolium*, y *P. hispidinervium* (Nascimento & Vilhena-Potiguara, 1999; Souza *et al.*, 2004). Todo ello revelan una variabilidad que lo hacen difícil de considerar como carácter diagnóstico. El número estomático en la superficie abaxial de la hoja de *P. aduncum* (760.0 est/mm<sup>2</sup>), refleja la alta densidad estomática que presenta esta especie y está en relación a su hábitat húmedo, propio de los bosques secundarios donde se desarrolla habitualmente, sin embargo este valor suele ser afectado por el medio ambiente (Gogosz *et al.*, 2012), por lo que el registro del índice estomático y el índice de empalizada se señalan como características constantes y pueden ser útiles para la identificación microscópica (Evans, 1991). No hay reportes previos de estas medidas morfométricas foliares para *P. aduncum*, por lo que este estudio constituye su primer registro y permitirá diferenciarlas de las especies afines del género.

El número de haces colaterales de la nervadura central disminuye desde la base hacia el ápice, esto concuerda con las observaciones de Dousseau *et al.* (2014). El patrón de nervadura eucamptodroma (Ash *et al.*, 1999), a nivel de la nerviaciones de 1° y 2° orden, es consistente en las muestras de hojas estudiadas en varias de las especies del género *Piper* (Tebbs, 1993), sin embargo es notable en *P. aduncum* la variabilidad observada a nivel de las nervaduras terciarias, donde el patrón formado por este tipo de nervaduras, dispuestas en ángulo recto con respecto a la vena primaria y cercanamente paralelos entre ellas, es similar a lo reportado para *P. aduncum* subespecie *Ossanum* (Abreu Guirado *et al.*, 2012) y marcadamente diferente a lo observado para la misma especie por Dousseau *et al.* (2014). Se requiere profundizar en los estudios sobre la arquitectura foliar en las especies del género debido a que se reconoce que la morfología en la familia Piperaceae puede llegar a ser muy compleja (Jaramillo & Callejas, 2004).

En este estudio fue verificado el perfil fitoquímico para las hojas y tallos de *Piper aduncum* con el reconocimiento de alcaloides, esteroides, terpenos, flavonoides y taninos (Tabla 3) lo que concuerda con estudios previos de la especie (Lock & Rojas, 2004; Soto-Vásquez, 2015). Histoquímicamente se corroboró también la presencia de alcaloides en los tejidos de tallos y raíces así como de esteroides y compuestos terpenicos en tallos y hojas, en estos últimos de una forma muy clara y en concordancia con lo reportado por otros autores (Dousseau *et al.*, 2014). Compuestos triterpenoides fueron reconocidos en idioblastos de tallos y raíces, aunque no en las hojas. Los almidones reconocidos fueron de tipo simple y se registraron abundantes en la raíz y en menor cantidad en el tallo. La presencia de elementos esclerenquimáticos y vasos xilemáticos fueron reconocidos positivamente con la prueba de floroglucinol en raíces y tallos. Así mismo con este reactivo se verificó la naturaleza lignificada de las paredes engrosadas de los idioblastos secretores del parénquima medular. La presencia de idioblastos de paredes lignificadas no han sido reportados para *P. aduncum*, sin embargo (Evert & Esau, 2008) menciona que es este tipo de células suelen presentarse en la medula de tallos.

## CONCLUSIONES

En este estudio establecemos, en base a las descripciones y mediciones morfométricas realizadas, el reporte de las características histológicas para los órganos vegetativos de especímenes de *Piper aduncum* que se desarrollan en la Amazonia peruana, consistente en la presencia de almidones simples de forma poliédrica e idioblastos secretores en las raíces, elementos xilemáticos y esclerenquimáticos en los macerados del tallo así como los índices estomático y del parénquima de empalizada determinados para la hoja, todos los cuales constituyen caracteres diagnósticos que pueden ser empleados en la diferenciación de *P. aduncum* con otras especies afines del género.

## AGRADECIMIENTOS

Al Fondo para la Innovación, la Ciencia y la Tecnología (FINCyT), Contrato N°005- FINCyT-PIBAP-2008 y a la Cátedra de Farmacognosia y Laboratorio de Farmacognosia y Productos Naturales de la Facultad de Farmacia y Bioquímica de la UNMSM.

## LITERATURA CITADA

Abreu Guirado, O. A., Rodríguez T. A. A., Morgado M. M., & Cao. V. L. B. (2012). Farmacognosia, farmacobotánica, farmacogeografía y farmacotimología del platanillo de Cuba (*Piper aduncum* subespecie *ossanum*). In *Revista Cubana de Plantas Medicinales* (Vol. 17, Issue 2). <http://scielo.sld.cu/http://scielo.sld.cu>

- Albiero, A. L. M., de Souza, L. A., Mourão, K. S. M., García De Almeida, O. J., & Lopes, W. A. L. (2005). Morfo-anatomia do caule e da folha de *Piper gaudichaudianum* Kuntze (Piperaceae). *Acta Farmaceutica Bonaerense*, 24(4).
- Albiero, A. L. M., Paoli, A. A. S., Souza, L. A., & Mourão, K. S. M. (2005). Morfoanatomia dos órgãos vegetativos de *Piper crassinervium* H.B. & K. (Piperaceae). *Acta Botanica Brasilica*, 19(2), 305–312. <https://doi.org/10.1590/S0102-33062005000200013>
- Albiero, A. L. M., Paoli, A. A. S., Souza, L. A., & Mourão, K. S. M. (2006). Morfoanatomia dos órgãos vegetativos de *Piper hispidum* Sw. (Piperaceae). *Revista Brasileira de Farmacognosia*, 16(3), 379–391. <https://doi.org/10.1590/S0102-695X2006000300016>
- Albrecht, R. A., Bassols, G. B., & Gurni, A. A. (2005). *Aplicación de Parámetros Cuantitativos en el Estudio de Aloysia citrodora Palau (Verbenaceae)*. *Acta Farmaceutica Bonaerense* 24(2). [https://www.researchgate.net/publication/266355608\\_Aplicacion\\_de\\_Parametros\\_Cuantitativos\\_en\\_el\\_Estudio\\_de\\_Aloysia\\_citrodora\\_Palau\\_Verbenaceae](https://www.researchgate.net/publication/266355608_Aplicacion_de_Parametros_Cuantitativos_en_el_Estudio_de_Aloysia_citrodora_Palau_Verbenaceae)
- Arroyo, J., Bonilla, P., Moreno-Exebio, L., Ronceros, G., Tomás, G., Huamán, J., Raez, E., Quino, M., Rodríguez, J., Peru, R., Exp, M., Publica, S., & Original, A. (2013). Efecto gastroprotector y antisecretor de un fitofármaco de hojas de matico (*Piper aduncum*) Gastroprotective and antisecretory effect of phytochemical made from Matico leaves (*Piper aduncum*). In *Rev Peru Med Exp Salud Publica* (Vol. 30, Issue 4).
- Arroyo, J., Herrera-Calderón, O., Chávez-Asmat, R., Ventura, E., Buendía, J., Pacheco, J., & Palomino, R. (2014). *Efecto antitumoral in vitro del aceite esencial de Piper aduncum L. (matico) y su toxicidad oral en ratones*.
- Artiaga de Santiago, J. E., Pereira P. E., Mauro C. E., Alvez L. O., Oliveira C. H. E., & Losada G.M. (2001). Aspectos da anatomia foliar da pimenta-longa (*Piper hispidinervium* C.DC.) sob diferentes condições de luminosidade. *Ciênc. Agrotec., Lavras*, 25 (5), 1035–1042.
- Ash, A., Ellis, B., Hickey, L. J., Johnson, K., Wilf, P., & Wing, S. (1999). *Manual of leaf architecture: morphological description and categorization of dicotyledonous and net-veined monocotyledonous angiosperms by Leaf Architecture Working Group. Smithsonian Institution, Washington, DC, USA. 65 pp.* Smithsonian Institution, Washington, DC, USA. . <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.13140/2.1.3674.5282>
- Bertocco, A. R. P., Migacz, I. P., Santos, V. L. P., Franco, C. R. C., Silva, R. Z., Yunes, R. A., Cechinel-Filho, V., & Budel, J. M. (2017). Microscopic diagnosis of the leaf and stem of *Piper solmsianum* C.DC. *Microscopy Research and Technique*, 80(8), 831–837. <https://doi.org/10.1002/jemt.22870>
- Brako, L., & Zarucchi, J. L. (1993). Catálogo de las angiospermas y gimnospermas del Perú. *Monogr. Sist. Bot. Missouri Botanical Garden.*, 1286.
- D' Ambrogio de Argüeso, A. (1986). Manual de técnicas en histología vegetal. In *Editorial Hemisferio sur*.
- de Oliveira Machado, N. S., Pereira, F. G., de Queiroz, G. A., Guimarães, E. F., & Costa, C. G. (2017). Morfoanatomia comparativa das folhas de *Piper arboretum* Aubl. e *Piper tuberculatum* Jacq. *Iheringia - Serie Botanica*, 72(1), 106–113. <https://doi.org/10.21826/2446-8231201772109>
- Dizeo de Strittmatter, C. (1973). Nueva Técnica de Diafanización. *Boletín de La Sociedad Argentina de Botánica*.
- dos Santos, V. L. P., Franco, C. R. C., Amano, E., Messias-Reason, I. J., & Budele, J. M. (2015). Anatomical investigations of piper amalago (Jaborandi-manso) for the quality control. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, 25(2), 85–91. <https://doi.org/10.1016/j.bjp.2015.03.001>
- dos Santos, V. L. P., Raman, V., Bobek, V. B., Migacz, I. P., Franco, C. R. C., Khan, I. A., & Budel, J. M. (2018). Anatomy and microscopy of piper caldense, a folk medicinal plant from Brazil. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, 28(1), 9–15. <https://doi.org/10.1016/j.bjp.2017.11.004>
- Dousseau, S., de Souza C, I., de Castro, M., Alves A, A., Alves, E., Pereira, P, B. E J, Silva, J. J. M., & Pereira, V. B. (2014). Caracterización del limbo de *Piper aduncum* L.

- (Piperaceae): Análisis estructurales, histoquímicos y de sus aceites esenciales. *Gayana Bot*, 71(1), 147–162.
- Duarte, M. D. R., & Siebenrock, M. C. N. (2010). Caracteres anatômicos de folha e caule de *Piper mikanianum* (Kunth) Steud., Piperaceae. *Latin American Journal of Pharmacy*, 29(1).
- Esau, K. (1977). Anatomy of Seed Plants, 2nd Edition. *Anatomy of Seed Plants, 2nd Edition*.
- Evans, W. Charles. (1991). *Trease y Evans Farmacognosia* (13a. ed.). Interamericana-McGraw-Hill.
- Evert, R. Franklin., & Esau, K. (2008). *Esau anatomía vegetal: meristemas, células y tejidos de las plantas: su estructura, función y desarrollo*.
- Gogosz, A. M., Boeger, M. R. T., Negrelle, R. R. B., & Bergo, C. (2012). Anatomia foliar comparativa de nove espécies do gênero *Piper* (Piperaceae). *Rodriguésia*, 63(2). <https://doi.org/10.1590/s2175-78602012000200013>
- Hickey, L. J. (1973). Classification of the Architecture of Dicotyledonous Leaves. *American Journal of Botany*, 60(1). <https://doi.org/10.2307/2441319>
- Jaramillo, M. A., & Callejas, R. (2004). Current Perspectives on the Classification and Phylogenetics of the Genus *Piper* L. In *Piper: A Model Genus for Studies of Phytochemistry, Ecology, and Evolution*. [https://doi.org/10.1007/978-0-387-30599-8\\_10](https://doi.org/10.1007/978-0-387-30599-8_10)
- Jaramillo, M. A., & Manos, P. S. (2001). Phylogeny and patterns of floral diversity in the genus *Piper* (Piperaceae). In *American Journal of Botany* (Vol. 88, Issue 4).
- Kloucek, P., Polesny, Z., Svobodova, B., Vlkova, E., & Kokoska, L. (2005). Antibacterial screening of some Peruvian medicinal plants used in Callería District. *Journal of Ethnopharmacology*, 99(2), 309–312. <https://doi.org/10.1016/J.JEP.2005.01.062>
- Lentz, D. L., Clark, A. M., Hufford, C. D., Meurer-Grimes, B., Passreiter, C. M., Cordero, J., Ibrahim, O., & Okunade, A. L. (1998). Antimicrobial properties of Honduran medicinal plants. *Journal of Ethnopharmacology*, 63(3), 253–263. [https://doi.org/10.1016/S0378-8741\(98\)00100-7](https://doi.org/10.1016/S0378-8741(98)00100-7)
- Lock, O. (1994). *Investigación Fitoquímica: Métodos en el Estudio de Productos Naturales* (2a. ed.). Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Lock, O., & Rojas, R. (2004). *Química y Farmacología del Piper aduncum* L. (“Matico”).
- Maia, J. G. S., Silva, M. L., Luz, A. I. R., Zogbi, M. G. B., & Ramos, L. S. (1987). Espécies de *Piper* da Amazônia ricas em safrol. *Química Nova*, 10(3), 200–204. [http://quimicanova.s bq.org.br/detalhe\\_artigo.asp?id=4902](http://quimicanova.s bq.org.br/detalhe_artigo.asp?id=4902)
- Martins, A. P., Salgueiro, L., Vila, R., Tomi, F., Cañigual, S., Casanova, J., Proença Da Cunha, A., & Adzet, T. (1998). Essential oils from four *Piper* species. *Phytochemistry*, 49(7), 2019–2023. [https://doi.org/10.1016/S0031-9422\(98\)00391-4](https://doi.org/10.1016/S0031-9422(98)00391-4)
- Mejia, K., & Rengifo, E. (2000). *Plantas Medicinales de uso Popular en la Amazonia Peruana*. 2da. ed. Instituto de Investigaciones de La Amazonia Peruana.
- Metcalf, C. R., & Chalk, L. (1957). *Anatomy of the Dicotyledons, 2 Vols., 1st ed.* Clarendon Press.
- Nakamura, A. T., Simão, E., Silva, L., & Torres, G. A. (2015). Origin of the subepidermal tissue in *Piper* L. Leaves. *Brazilian Journal of Biology*, 75(2), 368–371. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.13713>
- 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 (1). <https://repositorio.museu-goeldi.br/handle/mgoeldi/619>
- Paco, K., Ponce-Soto, L. A., Lopez-Illasaca, M., & Aguilar, J. L. (2016). Determination of the healing effect of *Piper aduncum* (spiked pepper or matico) on human fibroblasts. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Publica*, 33(3), 438–447. <https://doi.org/10.17843/rpmpesp.2016.333.2329>
- Parmar, V. S., Jain, S. C., Gupta, S., Talwar, S., Rajwanshi, V. K., Kumar, R., Azim, A., Malhotra, S., Kumar, N., Jain, R., Sharma, N. K., Tyagi, O. D., Lawrie, S. J., Errington, W., Howarth, O. W., Olsen, C. E., Singh, S. K., & Wengel, J. (1998).

**Recibido:**  
13/octubre/2021

**Aceptado:**  
17/mayo/2022

- Polyphenols and alkaloids from piper species. *Phytochemistry*, 49(4), 1069–1078. [https://doi.org/10.1016/S0031-9422\(98\)00208-8](https://doi.org/10.1016/S0031-9422(98)00208-8)
- 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. *Acta Farmaceutica Bonaerense*, 22(3).
- Quijano-Abril, M. A., Silva-Sierra, D., & Callejas-Posada, R. (2013). Caracterización anatómica de los ejes caulinares en las especies de *Piper* (L.) Clado Enckea (Piperaceae). In *Actual Biol* (Vol. 35, Issue 99).
- Silva, E. María., & 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(2), 117–124. <https://doi.org/10.1590/S0100-84041999000200002>
- Silva-Alarcón, J., Cabrera Meléndez, J., Trujillo Villaruel, O. v., & Reyes-Mandujano, I. F. (2019). Características de las plantas medicinales comercializadas en diferentes mercados de Lima Metropolitana y sus efectos sobre el medio ambiente y la salud pública. *Horizonte Médico (Lima)*, 19(4), 63–69. <https://doi.org/10.24265/horizmed.2019.v19n4.09>
- Soto-Vásquez, M. R. (2015). Estudio fitoquímico y cuantificación de flavonoides totales de las hojas de *Piper peltatum* L. y *Piper aduncum* L. procedentes de la región Amazonas. In *Crescendo*, 6(1). <https://doi.org/10.21895/incre.2015.v6n1.04>
- Soukup, J. (1987). *Vocabulario de los nombres vulgares de la flora peruana y Catálogo de los géneros*. Editorial Salesiana.
- Souza, L. A., Moscheta, I. S., & Oliveira, J. H. G. (2004). Comparative Morphology and Anatomy of the Leaf and Stem of *Peperomia dahlstedtii* C.DC., *Ottonia martiana* Miq. and *Piper diospyrifolium* Kunth (Piperaceae). *Gayana Bot*, 61(1), 6–17.
- Tebbs, M. C. (1993). Revision of *Piper* (Piperaceae) in the New World 3. The taxonomy of *Piper* sections *Lepianthes* and *Radula*. *Bulletin of the Natural History Museum. Botany Series*, 23, 2–51.
- Tirillini, B., Velasquez, E. R., & Pellegrino, R. (1996). Chemical composition and antimicrobial activity of essential oil of *Piper angustifolium*. *Planta Medica*, 62(4), 372–373. <https://doi.org/10.1055/S-2006-957911/BIB>
- Trelease, W. (1950). *The Piperaceae of northern South America*. University of Illinois Press.
- Vásquez, R. (Vásquez M., Rudas Lleras, A., Taylor, C. M. (Charlotte M., John D. and Catherine T. MacArthur Foundation., & Missouri Botanical Garden. (1997). *Flórula de las reservas biológicas de Iquitos, Perú: Allpahuayo-Mishana, Explornapo Camp, Explorama Lodge* (Vol. 63). Missouri Botanical Garden.
- Zaa, C., Valdivia, M., & Marcelo, Á. (2012). Efecto neuroprotector del extracto hidroalcohólico de *Piper aduncum* “matico” en un modelo *in vitro* de neurodegeneración. *Revista Peruana de Biología*, 19(3). <https://doi.org/10.15381/rpb.v19i3.997>