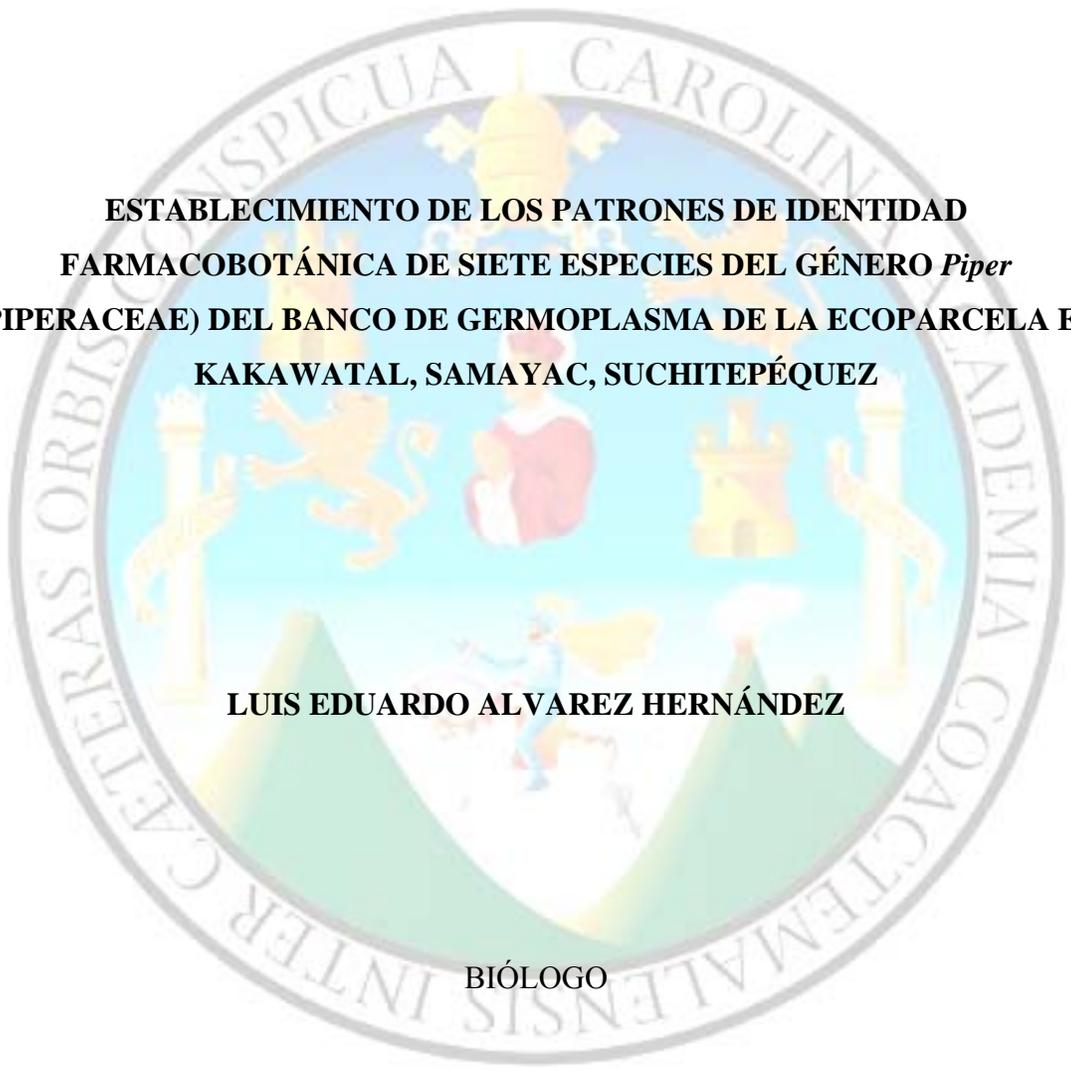


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACIA



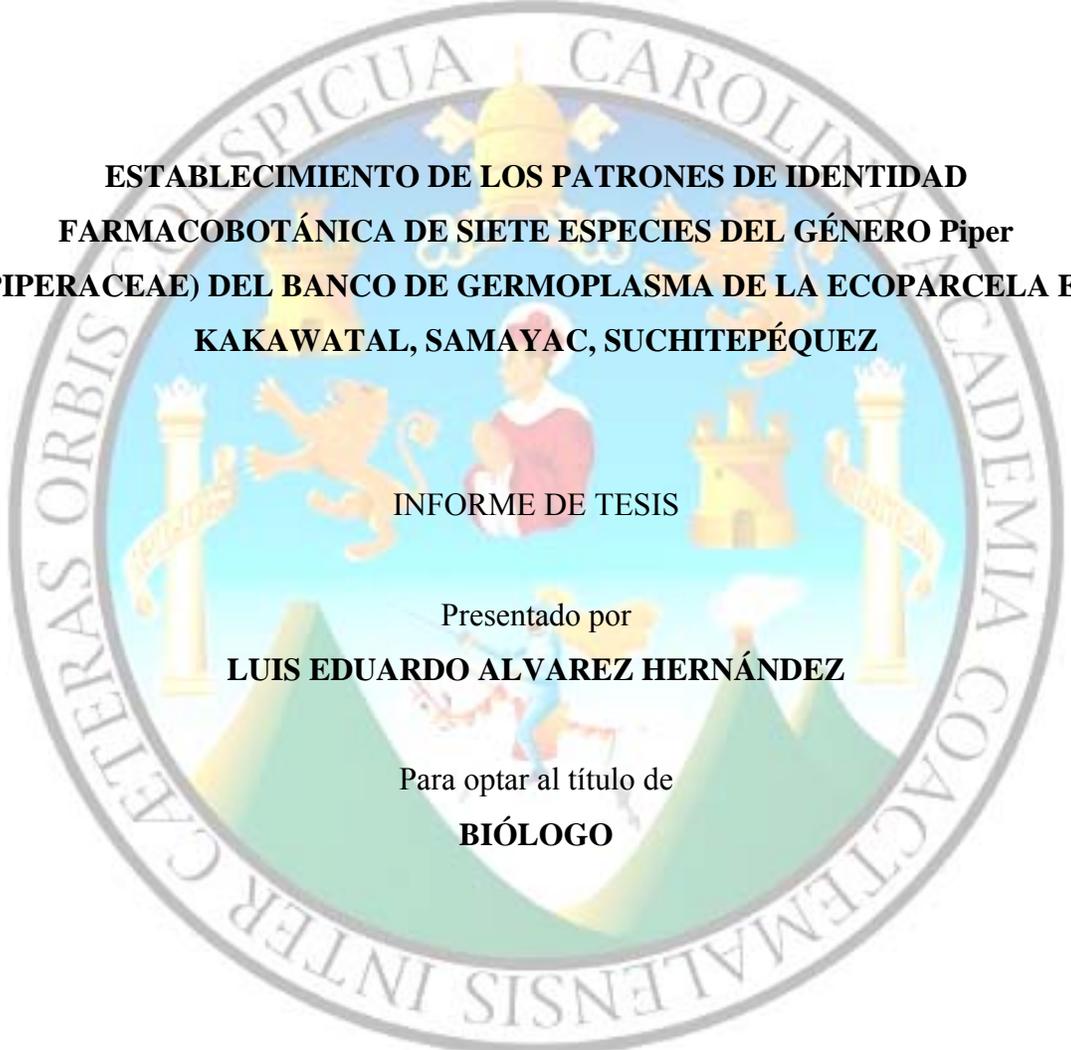
**ESTABLECIMIENTO DE LOS PATRONES DE IDENTIDAD
FARMACOBOTÁNICA DE SIETE ESPECIES DEL GÉNERO *Piper*
(PIPERACEAE) DEL BANCO DE GERMOPLASMA DE LA ECOPARCELA EL
KAKAWATAL, SAMAYAC, SUCHITEPÉQUEZ**

LUIS EDUARDO ALVAREZ HERNÁNDEZ

BIÓLOGO

Guatemala, marzo de 2012

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACIA

The seal of the University of San Carlos of Guatemala is a circular emblem. It features a central figure of a seated man in a red and white robe, holding a book. To his left is a golden lion rampant, and to his right is a golden castle. The background is a light blue sky with a golden sun. Below the central figure are two green hills. The entire scene is enclosed in a circular border with Latin text: 'UNIVERSITAS SAN CAROLINIENSIS' at the top and 'ACADEMIA COACTEMALENSIS INTER CÆTERAS ORBIS' at the bottom.

**ESTABLECIMIENTO DE LOS PATRONES DE IDENTIDAD
FARMACOBOTÁNICA DE SIETE ESPECIES DEL GÉNERO Piper
(PIPERACEAE) DEL BANCO DE GERMOPLASMA DE LA ECOPARCELA EL
KAKAWATAL, SAMAYAC, SUCHITEPÉQUEZ**

INFORME DE TESIS

Presentado por

LUIS EDUARDO ALVAREZ HERNÁNDEZ

Para optar al título de

BIÓLOGO

Guatemala, marzo de 2012

JUNTA DIRECTIVA

| | |
|---|------------|
| Óscar Manuel Cóbar Pinto, Ph.D | Decano |
| Lic. Pablo Ernesto Oliva Soto, M.A. | Secretario |
| Licda. Liliana Vides de Urizar | Vocal I |
| Lic. Sergio Alejandro Melgar Valladares | Vocal II |
| Lic. Luis Antonio Gálvez Sanchinelli | Vocal III |
| Br. Fausto René Beber García | Vocal IV |
| Br. Carlos Francisco Porras López | Vocal V |

ACTO QUE DEDICO

- A DIOS Por ser mi fortaleza y mi guía, porque por Él estoy aquí y por Él tengo la vida.
- A MI PADRE MARCELINO ÁLVAREZ DE LEÓN Por haber sido para mí un gran ejemplo de sencillez, por haberme educado y corregido cuando era necesario.
- A MI MADRE MARÍA DEL CARMEN HERNÁNDEZ ROSALES por ser el ser que me dio la vida, por su incondicional amor y por su entrega para que pudiéramos ser unos hombres de bien.
- A MIS HERMANOS CARMEN REGINA y CARLOS ENRIQUE Por su cariño y su amistad. En especial a mi hermano Carlos Enrique porque a pesar de que no está conmigo en este momento tan especial yo sé que estaría muy feliz y orgulloso.
- A MIS ABUELOS Y BISABUELA RUPERTO HERNÁNDEZ, GUILLERMO EDUARDO, ANGÉLICA DE LEÓN y VICTORIA FLORES Por su amor y sus consejos; porque ellos también fueron un gran ejemplo a seguir para mí y que desde el cielo están festejando este momento.
- A MI ABUELA MARÍA REGINA ROSALES FLORES quién el Señor ha permitido tenerla todavía con nosotros. A ella también le agradezco su cariño y sus sabios consejos que me ayudaron mucho en la vida.
- A TODA MI FAMILIA Porque han estado conmigo en los acontecimientos de alegría, pero más aún en los acontecimientos de dolor y tristeza.
- A MIS AMIGOS Que han estado conmigo en las buenas y en las malas.

AGRADECIMIENTOS

Por su apoyo, asesoría y orientación agradezco al Lic. Armando Cáceres y a la Licda. Carolina Rosales; que sin su ayuda esto no hubiera podido salir a flote.

A la Licda. Sully Cruz por haberme apoyado en proporcionarme las instalaciones del laboratorio de Fitoquímica, y por haberme dado de reactivos y equipo para toda la parte experimental de mi trabajo.

Al Departamento de Botánica, Recursos Naturales Renovables y Conservación de la Escuela de Biología, USAC por haberme proporcionado reactivos para la parte experimental.

A la Licda. Roselvira Barillas por haberme apoyado al proporcionarme un laboratorio y de equipo como un microscopio y de instrumentos para la toma de fotos de los cortes y mediciones microscópicas.

A Don Juan Santay de la Ecoparcela El Kakawatal por apoyarme en la colecta del material que se utilizó para la realización de este trabajo.

INDICE

| | Pag. |
|--|------|
| 1. Resumen | 1 |
| 2. Introducción | 3 |
| 3. Antecedentes | 5 |
| 3.1. Fitoterapia | 5 |
| 3.2. Situación general de la fitoterapia | 5 |
| 3.3. Parámetros de calidad para drogas vegetales y derivados | 7 |
| 3.4. Descripción general de las plantas en estudio | 8 |
| 3.5. Estudios previos realizados | 28 |
| 3.6. Descripción general del sitio de colecta | 29 |
| 4. Justificación | 31 |
| 5. Objetivos | 33 |
| 6. Hipótesis | 34 |
| 7. Materiales y métodos | 34 |
| 8. Resultados | 43 |
| 9. Discusión | 94 |
| 10. Conclusiones | 101 |
| 11. Recomendaciones | 106 |
| 12. Referencias | 107 |
| 13. Anexos | 117 |

1. RESUMEN

A nivel mundial, el género *Piper* tiene un amplio interés en la industria farmacéutica, cosmética y culinaria, existiendo muchos estudios científicos que demuestran este potencial. Las plantas de este género tienen una distribución pantropical y está entre los géneros que poseen la mayor cantidad de especies; incluso en Guatemala se ha reportado un aproximado de 80 especies.

Actualmente, de esas 80 especies, en Guatemala se están estudiando unas 16 especies nativas. Entre los estudios realizados se puede mencionar la actividad antimicrobiana y antioxidante. De este grupo se escogieron siete especies, las cuales han dado resultados positivos, tal es el caso de *P. amalago*, *P. hispidum*, *P. jacquemontianum*, *P. oradendron*, *P. patulum* y *P. umbellatum*. Además, *P. jacquemontianum* contiene un alto porcentaje del aceite esencial linalool (69.4%), el cual tiene mucha demanda en la industria cosmética. Además, se pretende realizar estudios con estas especies y otras nativas de Guatemala, para determinar si tienen actividad para el tratamiento de afecciones de la memoria.

Dada la gran importancia de las especies del género *Piper* incluidas en este estudio y al hecho de que existen muchas similitudes macro y micromorfológicas entre éstas, que pueden ocasionar problemas de adulteraciones, fue necesario realizar un estudio de caracterización farmacobotánica, con el fin de establecer sus patrones de identidad. Este estudio evaluó las características micromorfológicas del material en fresco del limbo, pecíolo y raíz y las características macromorfológicas del material en seco de las hojas; para poder describir las características similares y las características diagnósticas de las siete especies.

El estudio macroscópico se realizó en hoja y pecíolo; para ello el material se seco y posteriormente se tamizó para poder ser observado al estereoscopio. El estudio microscópico se hizo en material fresco de hoja, pecíolo y raíz, en donde se realizaron cortes transversales, diafanizado y disociado. Los cortes transversales se realizaron a mano alzada. Los métodos del diafanizado y disociado fueron los comúnmente aceptados. El material obtenido en las tres técnicas fue teñido con safranina al 1% y fijado en gelatina-glicerina. En el material seco de hojaPara el material

El análisis estadístico aplicado en este estudio fue descriptivo, en donde se trabajaron variables cualitativas y cuantitativas. Las variables cuantitativas fueron continuas, en donde se midió el rango, media y desviación estándar.

Como resultado de este estudio se encontraron los siguientes caracteres diagnósticos: en el estudio macroscópico de la lámina fresca fueron el(los) tipo(s) de tricoma en haz y/o envés y su distribución espacial; en el estudio microscópico de la lámina fueron el(los) tipo(s) de tricoma en haz y/o envés y su distribución espacial; en el estudio microscópico del pecíolo fueron la forma en vista lateral, el(los) tipo(s) de tricoma y su distribución espacial. En la raíz no se encontraron caracteres diagnósticos, con las variables utilizadas para este estudio.

2. INTRODUCCIÓN

Desde hace siglos el hombre le ha atribuido a las plantas una gran diversidad de propiedades curativas. Todo ese gran conocimiento, adquirido por cientos de generaciones, ha permanecido en forma oral y escrita; la cual fue transmitida de generación en generación. Es por eso, que muchos pueblos antiguos tienen un amplio conocimiento de las propiedades medicinales de las plantas. Gracias a la tecnología y desarrollo científico de estos últimos años, se ha podido comprobar y validar por medio de estudios experimentales dichas propiedades.

Para toda planta que pasa con éxito los estudios de validación farmacológica y clínica, es necesario realizar una monografía que pueda ser publicada en una Farmacopea. Entre los parámetros tomados en cuenta en las farmacopeas se pueden mencionar la identidad y definición de la droga vegetal, macroscopía, microscopía, pruebas histoquímicas de carácter cualitativo (World Health Organization [WHO], 1998; Solís, Guerrero, Gattuso, & Cáceres, 2004; WHO, 2007, Vol. 3). La Red Iberoamericana de Productos Fitofarmacéuticos (RIPROFITO), realizó una evaluación sobre las debilidades en dichos parámetros, detectando un gran vacío respecto a material informativo del análisis microscópico, dado que esta disciplina fue abandonada en la mayoría de Facultades de Farmacia (Gattuso & Gattuso, 1999).

El objetivo central del estudio fue el de determinar las características farmacobotánicas diagnósticas de siete especies del género *Piper*, para definir sus patrones de identidad y así contribuir en la elaboración de una monografía herbolaria de cada especie. Los análisis realizados para cumplir con este objetivo fueron el estudio macroscópico y microscópico de hoja y pecíolo y microscópico de raíz.

Se escogió este género porque tiene un amplio uso popular y existe evidencia científica de su gran potencial farmacéutico, aromático, culinario y en la industria cosmética; como los de Orjala, Erdelmeier, Wright, Rali, & Sticher (1993); Okunade, Hufford, Clark, & Lentz (1997); Danelutte, Lago, Young, & Kato (2003); The European Scientific Cooperative on Phytotherapy [ESCOP] (2003); Cruz (2005); Cruz, Solís, Vásquez, Calderón, Ortega, Gupta, et al. (2005); Germósen (2005); Cruz, Véliz, Gómez, Alvarez, Cáceres, Morales, et al. (2008); entre otros. A pesar de esto, muchas de las especies del género *Piper*, para las cuales se ha comprobado su enorme potencial en estudios científicos

recientes, tienen poca información micromorfológica y macromorfológica (organoléptica). Es por eso que es muy importante generar dicha información, de este promisorio género tropical, y documentarlo.

El material vegetal para los ensayos y las muestras botánicas para la referencia de herbario, se colectaron en la Ecoparcela el Kakawatal, Cantón Chiguaxté, Samayac, Suchitepéquez. Para los fines del estudio, se colectaron muestras de limbo, pecíolo y raíz; de las cuales se obtuvieron cinco réplicas, que fueron de utilidad para el análisis estadístico de las variables cuantitativas medidas. El material que se utilizó para el análisis macromorfológico se puso a secar y el material para el análisis micromorfológico e histoquímico se trabajó en fresco. Para el estudio macromorfológico se realizó un tamíz a las hojas secas de las siete especies, ya que la presentación de la materia prima es fragmentada. El tamizado se realizó con un cernidor y se aplicaron las técnicas generalmente aceptadas para este tipo de evaluación.

3. ANTECEDENTES

3.1. Fitoterapia

La fitoterapia es el estudio de las plantas como agentes terapéuticos, ya sea para prevenir, atenuar o curar un estado patológico, que en sentido general pueden estar en forma de planta fresca, droga cruda, producto intermedio y principio activo aislado y purificado (Goldberg, 1999; Cáceres, 2009).

Dado que los materiales vegetales son usados en muchos países desarrollados y en vías de desarrollo como remedios caseros y dado que representan una proporción sustancial del mercado global de drogas es esencial establecer guías internacionales reconocidas para determinar su seguridad, eficacia y calidad. Es por eso que la Organización Mundial de la Salud (OMS) enfatizó la necesidad de asegurar la calidad de las drogas vegetales, haciendo uso de técnicas de control moderno y aplicando estándares apropiados. Entre ellas podemos mencionar: buenas prácticas de colecta (etnobotánica, definición e identidad de la droga vegetal y toda la información botánica correspondiente), buenas prácticas agronómicas, buenas prácticas de manufactura, pruebas de identidad general (análisis microscópico, macroscópico, etc.), pruebas de pureza (cenizas, humedad, materia extraña, materia extraíble, ensayos microbiológicos, etc.), ensayos farmacológicos, toxicológicos, preclínicos, clínicos, etc (WHO, 1998; Soler, 2005).

3.2. Situación general de la fitoterapia

A nivel mundial, alrededor de 120 sustancias químicas puras usadas en medicina son extraídas de unas 90 especies de plantas. A nivel local, los grupos nativos que habitan en los bosques tropicales usan numerosas plantas como medicamentos. La OMS ha listado aproximadamente 21,000 nombres de plantas (incluyendo sinónimos) usadas como medicamentos en el mundo, aunque la mayor parte se utilicen en sistemas de la medicina tradicional. Sin embargo, muy pocas han sido investigadas como fuentes potenciales de nuevos fármacos, la mayoría de las cuales provienen de bosques templados, lo que evidencia que el potencial bioquímico de las plantas tropicales ha sido pasado por alto (Roig, 1988).

En muchos países estos fitomedicamentos no se expenden en farmacias sino en herbolarios, centros naturistas, tiendas dietéticas y otras. Esto se debe a la desconfianza y

escepticismo de muchos hacia las plantas como fuentes reales para el tratamiento de problemas de la salud. Además, en gran parte, a la falta de regulación actualizada (Goldberg, 1999).

De las 21,000 especies vegetales que se utilizan con fines medicinales, solamente unas pocas especies han sido científicamente evaluadas para sus posibles aplicaciones medicinales o aromáticas. Datos de seguridad y eficacia están disponibles solamente para algunas plantas. Información de sus extractos e ingredientes activos y de sus preparaciones son también desconocidas. Además, en muchos países los mercados de medicina vegetal están pobremente regulados y los productos herbolarios no están regulados ni controlados. Actualmente, la garantía de seguridad, calidad y eficacia de las plantas medicinales y productos herbolarios han llegado a ser parte importante en su industrialización (Roig 1988; WHO, 2007, Vol. 3).

En 1996, RIPROFITO realizó la I Reunión de Coordinación Internacional, en donde se hizo una evaluación de la situación de la industria fitofarmacéutica en Iberoamérica. Dicha evaluación detectó que existe amplia información sobre el control de calidad químico de las materias primas y productos derivados, pero existe un gran vacío respecto a material informativo sobre control de calidad micrográfico, dado que esta disciplina fue abandonada en la mayoría de facultades de Farmacia. Estas limitaciones dificultan la modernización del sector e impiden su desarrollo de acuerdo a las tendencias modernas (Gattuso & Gattuso, 1999).

Guatemala es un país rico en biodiversidad por la geomorfología que lo caracteriza. Además, es un país multiétnico con un conocimiento muy rico sobre plantas con propiedades medicinales. Varios estudios etnobotánicos se han hecho en Guatemala, los cuales han recopilado información de una diversidad de especies vegetales para uso terapéutico; como por ejemplo Blake (1922); Roque (1941); Mellen (1974) y Dieseldorff (1977).

A pesar de esto y de que Guatemala ha sido proveedor de materia prima, no hay mucha información sobre el estado actual de la industrialización de plantas medicinales, o si los hay son datos poco confiables que se presentan en forma desagregada. Por otra parte, Guatemala está dentro de los países en donde las técnicas y procedimientos de control de

calidad de las materias primas y productos fitofarmacéuticos son muy débiles (Gattuso & Gattuso 1999).

3.3. **Parámetros de calidad para drogas vegetales y derivados**

“Calidad es el principal requisito de los medicamentos fitoterápicos ya que es la base sobre la que reposan la seguridad y eficacia de un producto. Los aspectos que pueden influir en la calidad de las drogas vegetales son la identificación botánica, variabilidad del material vegetal (biodiversidad, quimiotipos, etc.), influencia en el proceso de recolección, secado y almacenamiento y la influencia del proceso de extracción” (Solís et al., 2004).

A causa del aumento del consumo de plantas medicinales y a la industrialización y comercialización de medicamentos a base de plantas, es necesario definir primero su calidad, empleando una metodología apropiada, consignadas en las monografías farmacopeicas (Internacional, Africana, Británica, China, Europea, Alemana, USP, etc.) o en las monografías de la OMS. Esta última es una monografía estándar (no es una monografía farmacopeica) que se realizó al revisar información de literatura científica, artículos, artículos obtenidos en bibliografías de otros artículos, muchas farmacopeas, así como otras revisiones en documentos (Soler, 2005; WHO, 2007, Vol. 3).

Los parámetros incluidos en estas monografías son convenientes para describir la calidad de un producto, los cuales son: Definición e identidad; sinonimias y nombres vernáculos; distribución geográfica; descripción botánica; pruebas de identidad general (las cuales incluyen las características macro y microscópicas, perfil cromatográfico y ensayos histoquímicos); pruebas de pureza (las cuales incluyen materia extraña, cenizas, constantes físicas, materia extraíble, pérdida por secado, contaminación microbiana, residuos tóxicos, metales pesados y radioactividad) y adulteración y valoración (WHO, 1998; Solís et al., 2004; Soler, 2005).

3.4. Descripción general de las plantas en estudio

La clasificación sistemática, según Cronquist (1981), de las plantas del género *Piper* es la siguiente:

División: Magnoliophyta Cronquist, Takht. & W. Zimm. ex Reveal

Clase: Magnoliopsida Brongn.

Subclase: Magnoliidae Novák ex Takht.

Orden: Piperales Lindl.

Familia: Piperaceae Giseke

Género: *Piper*

3.5.1. *Piper amalago* L.

3.5.1.1. Sinonimias. *Enckea ceanothifolia* (Kunth) Kunth, *E. sieberi* Miq., *Piper cubilquitizianum* C. DC., *P. gaumeri* Trel., *P. lundellii* Trel. & Standl., *P. lundelliifolium* Trel., *P. adenophlebium* Trel., *P. amalago* fo. *ceanothifolium* (Kunth) Steyer., *P. amalago* var. *medium* (Jacq.) Yunck., *P. berlandieri* C. DC., *P. calvescens* Trel., *P. ceanothifolium* Kunth, *P. cobanense* Trel., *P. comayaguanum* Trel. ex Yunck., *P. compactum* Trel., *P. conversum* Trel., *P. deamii* var. *yojoanum* Trel., *P. decrescens* (Miq.) C. DC., *P. decrescens* var. *ovatum* C. DC., *P. gracillimum* Trel., *P. henshenii* C. DC., *P. lundellianum* Trel., *P. nicoyanum* C. DC., *P. medium* Jacq., *P. plantagineum* Lam., *P. realgoanum* C. DC., *P. recuperatum* Trel., *P. reticulatum* L., *P. saururoides* Desv. ex Ham., *P. sieberi* (Miq.) C. DC., *P. siguatepequense* Trel., *P. syringaefolium* Balb. ex Kunth, *P. tenuipes* C. DC., *P. tiguano* C. DC., *P. tigerianum* C. DC. *P. tilaranum* Trel., *P. vaccinum* Standl. & Steyer., *P. wilsonii* Trel., *P. xanthoneurum* Trel (Standley & Steyermark, 1952; Stevens, Pool, & Montiel, 2001; Missouri Botanical Garden [MOBOT], 11 mar. 2009).

3.5.1.2. Descripción botánica. Arbusto alto y muy ramificado, de aproximadamente 1.5-3 m de alto o algunas veces hasta 6 m. Pecíolos cortos, glabros y vaginados solamente en la base. Hojas palmatinervias, delgadas pero muy firmes y rígidas, variables en forma, lanceolado-elípticas a ovado-elípticas o redondo-ovadas, 7-14 cm de largo y 3.5-7 cm de

ancho, gradualmente o abruptamente acuminadas o largamente acuminadas, obtusas o redondeadas en la base, glabras o a veces diminutamente puberulentas en los nervios del envés. Pedúnculos delgados, de igual tamaño o incluso más grandes que el pecíolo, glabros o puberulentos. Inflorescencias delgadas en espigas solitarias, de 3-7 cm de largo o más, el raquis puberulento o hirteloso, brácteas ciliadas, algunas veces hirtelosas, estambres cuatro, anteras reniformes, fruto glabro (Standley & Steyermark, 1952).

3.5.1.3. Datos agrotecnológicos

3.5.1.3.1. Hábitat. Matorrales húmedos o lluviosos o bosques mixtos, bosques húmedos y premontanos o bosques secos, en sitios parcialmente sombreados (Standley & Steyermark, 1952; Stevens et al., 2001).

3.5.1.3.2. Altura y distribución geográfica. Se encuentra a una altura de 2,600 msnm o menos. Se reporta para el sur de México, Guatemala (Petén, Alta Verapaz, Baja Verapaz, Izabal, Zacapa, Escuintla, Guatemala, Sacatepéquez, Chimaltenango, Sololá, Suchitepéquez, Retalhuleu, Quetzaltenango, San Marcos, Huehuetenango), Belice, Jamaica y el resto de Centroamérica hasta Suramérica (Standley & Steyermark, 1952; Stevens et al., 2001; Nuñez, 2005; Chicago Field Museum [FIELDMUSEUM], 9 mar. 2009; MOBOT, 11 mar. 2009).

3.5.1.4. Usos populares. Utilizado para el dolor de cuerpo, dolor de estómago, dolor de pecho, tos, detener hemorragias nasales, mordeduras de serpientes, antiabortivo, enfermedades psicológicas y sus síntomas, dismenorrea, edema, fiebre, antiveneno, vértigo; y como repelente de serpientes (Asprey & Thornton, 1955; Stimson, 1971; Domínguez & Alcorn, 1985; Domínguez, Verde, Sucar, & Treviño, 1986; Zamora-Martínez & Pola, 1992; Selvanayahgam, Gnanavendhan, Balakrishna, & Bhima-Rao, 1994; Comerford, 1996).

3.5.1.5. Composición química. Sus hojas contienen alcaloides (4,5-dihidropiperlonguminina, N-(3,4-dimetoxil) isobutil-amina, N-(3',4-dimetoxicinamonil)-isobutilamina, N-(3',5-dimetoxicinamonil)-pirrolidina, 2,11-eicosadienoilpirrolidina, 3,6-eicosadienoilpirrolidina, eicosanoilpirrolidina, 2-eicosenoilpirrolidina, 3,6-hexadecadienoilpirrolidina, hexadecanoilpirrolidina, 2-hexadecenoilpirrolidina, 6-metoxipiperolisobitilamina, 2'-metoxi-

3',4'-metilendioxi-cinamoillisobutilamina, 2'-metoxi-4'5'metilendioxi-trans-cinamoilpiperidina, 2'-meoxi-4',5'-metilendioxi-trans-cinamoilpirrolidina, 2'-metoxi-3'4'-metilendioxi-cinamoilpirrolidina, 3',4'-metilenedioxicinamoillisopentil-amina, 3',4'-metilendioxicinamoil-n-pentilamina, 3',4'-metilendioxicinamoilpirrolidina, 17-(metilendioxifenil)-16-heptadecenoilpirrolidina, 15-(3,4-metilendioxifenil)-14-pentadecenoilpirrolidina, 3,6-octadecadienoilpirrolidina, octadecanoilpirrolidina, 2-octadecenoilpirrolidina, 9-octadecenoilpirrolidina, piperoilisopentilamina, piperlongumina, 2,4-tetradecadienoilpirrolidina, trichostachina, 3',4',5'-trimetoxicinamoillisobutilamina, 3',4',5'-trimetoxicinamoilpirrolidina y wisanidina), terpenos (ishwarol), esteroides (β -amirina y sitosterol), compuestos micelaneos (γ -ácido aminobutitrico y dopamina), ácido cinámico (Achenbach, Fietz, Wörth, Waibel, Portecop, 1986; Domínguez et al., 1986; Parmar, Jain, Bisht, Jain, Taneja, Jha, et al., 1997).

3.5.1.6. Farmacología y toxicología. Posee actividad moluscocida, antiinflamatoria, antihipertensiva, vasoconstrictora y espasmolítica (Durand, Ellington, Feng, Haynes, Magnus, & Philip, 1962; Feng, Haynes, Magnus, Plimmer, & Sherratt, 1962; Domínguez & Alcorn, 1985).

3.5.2. *P. auritum* HBK.

3.5.2.1. Sinonimias. *Artanthe aurita* Miq., *A. seemanniana* Miq., *Piper alstonii* Trel., *P. auritilaminum* Trel., *P. auritilimum* Trel., *P. auritum* var. *amplifolium* C. DC., *P. auritum* var. *seemannianum* (Miq.) Trel., *P. heraldi* Trel., *P. perlongipes* Trel., *Schilleria aurita* (Kunth) Kunth. (Standley & Steyermark, 1952; Stevens et al., 2001; MOBOT, 11 mar. 2009).

3.5.2.2. Nombres vernáculos. Santa María, cordoncillo, hoja de jute, juniapra, xaclipur, obet, caña de oro, bullhoof, maculán, matarro, momo, acoyo, hierba santa, hunierpa, jinan, omequelite, coyoquelite, acoyo cimarrón, jina, jinat, omequilet xalcuahuatl, xmakulam (Standley, 1926; Standley, 1930; Roque, 1941; Stimson, 1971; Aguilar, Camacho, Chino, Jáquez, & López, 1994; Martínez, 2009).

3.5.2.3. Hábitat. Matorrales húmedos o lluviosos, bosques húmedos o lluviosos, bosques premontanos, frecuentemente en sitios expuestos de bosques de crecimiento secundario y en bosques tropicales subcaducifolios (Standley & Steyermark, 1952; Martínez, 1979; Roig, 1988; Stevens et al., 2001).

3.5.2.4. Altitud y distribución geográfica. La altitud está entre los 1,800 msnm o más bajo; más comúnmente en los 900 o por debajo de esta altitud. *P. auritum* se reporta para el sur de México, Guatemala (Petén, Alta Verapaz, Izabal, Zacapa, Santa Rosa, Escuintla, Guatemala, Sacatepéquez, Chimaltenango, Sololá, Suchitepéquez, Retalhuleu, Quetzaltenango, San Marcos), Belice, el resto de Centroamérica, Caribe, Colombia. Cultivada y naturalizada en Cuba y Florida (EEUU) (Standley & Steyermark, 1952; Stevens et al., 2001; Germósen, 2005; FIELDMUSEUM, 9 mar. 2009; MOBOT, 11 mar. 2009; New York Botanical Garden [NYBG], 13 mar. 2009; Smithsonian Institution [SI], 14 mar. 2009).

3.5.2.5. Descripción botánica. Arbusto muy poco ramificado de tallo succulento, algo leñoso en la base, de 2 m de alto o a veces hasta los 6 m. Pecíolo grueso, corto, o alongado, más o menos dilatado y vaginado en la base. Hoja penninervia tan grande como 60 cm de largo y 35 cm de ancho (pero usualmente más pequeñas), delgada y suave, ampliamente ovada y oblongo-ovada, aguda o abruptamente acuminada en el ápice, profundamente cordada en la base, los lóbulos basales redondeados, marcadamente desiguales, uno de los lóbulos se extiende 1.5-3 cm por debajo, levemente pálida en el envés, suavemente puberulenta o corto-pilosuloso en ambas superficies. Pedúnculo simple, cerca de 3 cm de largo. Inflorescencia en espiga solitaria, comúnmente 20-25 cm de largo (Standley & Steyermark, 1952).

3.5.2.6. Usos medicinales atribuidos. Según la farmacopea vegetal caribeña, la infusión de la hoja, por vía oral, se utiliza para la hipertensión. La encuesta TRAMIL, detectó que en Guatemala la decocción de las hojas, vía oral, se utiliza para la presión alta y para el dolor de ovario. Dentro de la cuenca del Caribe se detectaron las siguientes aplicaciones: en Honduras se utilizan las hojas y raíz para los dolores; en Yucatán la hoja se utiliza como sudorífico, diurético, para combatir las fiebres, erisipela, angina y como anestésico local; en

Cuba la hoja se utiliza como emoliente; y en Costa Rica la hoja se utiliza para el dolor de cabeza (Germósen, 1995; Germósen, 2005).

Aguilar et al. (1994) encontraron los siguientes usos: antivomitivo, para el apetito, flujo blanco, para las parturientas, quemaduras, calentura, inflamaciones, cólico, recaída de señoras, resfrío, infecciones de la piel, susto, granos, manchas blancas de la piel y baños postparto. Roig (1988) indicó que las hojas las utilizan como antídoto en las mordeduras de culebras; además se le atribuyen propiedades diaforéticas y diuréticas. También son empleadas en el tratamiento de las anginas, erisipelas, fiebres, gota, reumatismo.

3.5.2.7. Farmacología experimental. El safrol y la elemicina producen efectos sicotrópicos o alucinógenos en dependencia de su concentración. El eugenol es anestésico local, analgésico dental, espasmolítico, parasimpaticolítico, vasodilatador, periférico, antiséptico, activo contra *Trichomonas vaginalis*. En dependencia de su concentración, puede producir una actividad sicotrópica o alucinógena. El borneol es hepatoprotector, antiséptico y espasmolítico. El paracimeno es analgésico local, bactericida, virucida y antihelmíntico. El limoneno es expectorante, desodorante y disolvente de cálculo biliares. El mirceno es antimicrobiano frente a *Escherichia coli*, *Bacillus subtilis* y *Staphylococcus aureus*; además, se le atribuye efecto agonista α -2-adrenérgico sobre la tensión arterial y agonista opioide sobre la respuesta nociceptiva (Germósen, 1995; Germósen, 2005).

El extracto acuoso de hoja y rama administrado vía intravenosa en perro (0.1 mL/kg), mostró actividad hipotensora. El extracto etanólico (95%) de hoja y rama *in vitro* (0.33 mL/L), fue espasmogénico sobre ileón aislado de cobayo y estimulante sobre útero aislado de rata; el mismo extracto resultó vasodilatador *in vitro* (3.3 mL/L) (Germósen, 1995; Germósen, 2005).

3.5.2.8. Toxicología. Un ensayo realizado en ratones no presentó mortalidad ni signos de toxicidad en los parámetros evaluados. El safrol es un agente mutagénico y cancerígeno, si se emplea por tiempo prolongado. El eugenol es uno de los agentes responsables de la irritabilidad cutánea de algunas especies, ya que su contacto con la piel puede provocar dermatitis. No se dispone de información que documente la seguridad de su uso en niños, durante el embarazo o la lactancia (Germósen, 2005).

3.5.2.9. Composición química. La hoja contiene un aceite esencial rico en lignanos, monoterpenos, diterpenos y sesquiterpenos, el principal de los cuales es el safrol (70-85% del contenido total del aceite esencial), elemicina, eugenol y miristicina, borneol, acetato de borneol, δ -cadineno, canfeno, acadina-1,4-dieno, β -bisaboleno, β -borboneno, β -cariofileno; diterpenos: transfitol; fenólicos: aurantiamida I y II; esteroides: β -sitosterol; bencenoides: ácido piperico; flavonoides: derivados de flavona; alcanos: n-hexadecano, nonan-2-ona; heterocíclicos oxigenados: ácido piperocromanoico y piperocromenoico. Entre otros podemos mencionar: alcanfor, α y β -pineno, sabineno, cis-hidrato sabineno, etc. (Germósen, 1995; Germósen, 2005).

La planta entera contiene el alcaloide aporfina y rinde un aproximado de 0.47-0.58% de un aceite esencial de color amarillo que entre otros compuestos contiene cefaradiona A y B. El fruto contiene alcaloides denominados piperina, piperetina y silbatina, ácidos esteárico y linoleico, triacontano, colestanol, colesterol y β -sitosterol (Germósen, 1995; Germósen, 2005).

El análisis proximal de 100 g de hoja contiene agua (80.4 g), proteína (4.25 g), grasa (1.82 g), carbohidrato (8.25 g), fibra (2.8 g), ceniza (2.48 g), calcio (317 mg), fósforo (49 mg), hierro (4.8 mg), sodio (18 mg), potasio (373 mg), caroteno (5.95 mg), tiamina (0.12 mg), riboflavina (0.28 mg), niacina (1.97 mg), ácido ascórbico (49.0 mg) (Duke & Atchley, 1986).

3.5.3. *P. hispidum* Swartz.

3.5.3.1. Sinonimias. *Artanthe asperifolia* (Ruiz & Pav.) Miq., *A. hirsuta* (Sw.) Miq., *A. olfersiana* (Kunth) Miq., *A. scabra* (Kunth) Miq., *Piper adornatispicum* Trel., *P. albuginiferum* Trel., *P. alluicola* C. DC., *P. angremondii* C. DC., *P. angustifolium* L., *P. apertum* Trel., *P. argentamentum* Trel. & Yunck., *P. articulatum* Trel., *P. aspericaule* Trel., *P. asperifolium* Ruiz & Pav., *P. baculiferum* Trel., *P. barbirostre* Trel., *P. bayamonanum* Trel., *P. carminis* Trel., *P. cartagoanum* C. DC., *P. casitense* Trel., *P. cataractarum* Trel., *P. caudatifolium* Trel., *P. cerro-puntoense* Trel., *P. chanekii* Trel., *P. coronatibracteum* Trel., *P. curridabatanum* Trel., *P. erectamentum* C. DC., *P. fraguanum* Trel., *P. fusco-bracteatum* Trel., *P. genuflexum* Trel., *P. gonagricum* Trel., *P. hirsutum* var. *tonduzii* C. DC., *P. hispidiseptum* Trel., *P. hispidum* var. *ellipticifolium* Yunck., *P.*

hispidum var. *lanceolatum* Trel. & Yunck. *P. hispidum* var. *magnifolium* C. DC., *P. hispidum* var. *obliquum* Trel. & Yunck., *P. hispidum* var. *trachydermum* (Trel.) Yunck., *P. humoense* Trel., *P. imperspicuibracteum* Trel., *P. inhorrescens* Trel., *P. injucundum* var. *praecalvinervium* Trel., *P. injucundum* var. *praepubinervium* Trel., *P. killipii* Trel., *P. konkintoense* Trel., *P. lanatibracteum* Trel., *P. lancetillanum* Trel., *P. lanosibracteum* Trel., *P. maestranum* Trel., *P. margaretae* Trel., *P. meritum* Trel., *P. obsessum* Trel., *P. pavasense* Trel., *P. pejivallense* Trel., *P. pergeniculatum* Trel., *P. perspicuibracteum* Trel., *P. pervicax* Trel., *P. phaeophyllum* Trel. & Standl., *P. phanerolepidum* Trel., *P. prodigum* Trel., *P. pseudoviridicaule* var. *nievecitanum* Trel., *P. pullibracteatum* Trel., *P. punctiunculatum* Trel., *P. revi-vetusti* Trel., *P. rivialbi* Trel. & Yunck., *P. rivi-vetusti* Trel., *P. roseovenulosum* Trel., *P. sabanillanum* Trel., *P. sancti-felicis* Trel., *P. scabrilimbus* C. DC., *P. scabriseptum* Trel., *P. scabrum* Sw., *P. scalpens* Trel., *P. sepicola* C. DC., *P. speratum* Trel., *P. subasperatum* Trel., *P. sumideranum* Trel., *P. tenuiculispicum* Trel. ex Yunck., *P. torresanum* Trel., *P. trachydermum* Trel., *P. trichophlebium* Trel., *P. valetudinari* Trel., *P. williamsii* Trel., *P. yoroanum* Trel., *Steffensia scabra* Kunth, *S. hirsuta* (Sw.) Miq. (Standley & Steyermark, 1952; Stevens et al., 2001; MOBOT, 11 mar. 2009).

3.5.3.2. Nombres vernáculos. Cordoncillo, xalcuahuit (palo arenoso), tilticxalcuahit (palo arenoso negro), cordoncillo blanco, pie de guicharo, tripa de zopilote (Sinaloa); lutu, cordoncillo (Ecuador); cordoncillo, matico, moqo-moqo (quechua), mogo-mogo, mohomoho, hierba del soldado, ocuera, ambaybillo (Perú) (Standley, 1926; Standley & Steyermark, 1952; Martínez, 1979; Aguilar et al., 1994; Villacres, 1995; Stevens et al., 2001; Villar & Villavicencio, 2001; MOBOT, 11 mar. 2009).

3.5.3.3. Descripción botánica. Arbustos profusamente ramificados de 1-4 m de alto. Hojas pinnatinervias, asimétricas, elíptico-ovadas, ovadas o ampliamente ovadas, ocasionalmente obovadas, (9-) 11-18 (-20) cm de largo y (4.5-) 6-8 (-9.5) cm de ancho, acule cilíndrico color verde claro, nodoso, áspero, ramos jóvenes pubescentes. Hojas con ápice acuminado, base inequilátera, el lado más largo obtuso, el más corto cuneado, ocasionalmente cuneadas sobre ambos lados, densamente punteado-glandulares en ambas superficies, particularmente en el envés, verde nítidas en ambas superficies, cartáceas, verde cafés y opacas en ambas

superficies cuando secas, tardíamente rugosas, estrigosas o híspidas en la haz, híspido adpresas en el envés. Pecíolos 0.3-0.7 cm de largo, densamente estrigosos, con un desarrollo estipular prominente, 6-8 mm de largo, caduco. Inflorescencias erectas en todos los estadios, blanco-amarillentas en la antesis, verde pálidas en fruto. Pedúnculo 0.5-0.7 (-1) cm de largo, híspido-estrigoso, glabrescente. Raquis 6-7.5 (-11) cm de largo, glabro. Brácteas florales triangulares, 0.2 mm de ancho, dorsal y marginalmente fimbriadas. Flores densamente agrupadas en el raquis formando bandas alrededor de la espiga, sésiles. Estambres 4, filamentos tan largos como las anteras, éstas con dehiscencia horizontal. Pistilo oblongo con 3 estigmas sésiles. Frutos ovoides, 0.6-0.8 mm de largo, comprimidos lateralmente, apicalmente obtusos, estrigosos, granuloso, café oscuros cuando secos (Stevens et al., 2001). Raíces adventicias con estructura primaria con epidermis uniestratificada y corteza parenquimatosa la cual contiene ideoblastos con material lipofílico (Albiero et al., 2006).

3.5.3.4. Datos agrotecnológicos.

3.5.3.4.1. Hábitat. Frecuente en matorrales, pasto grueso o bosques húmedos, lluviosos o secos, bosques premontanos. Común en sitios expuestos o en sombrío de bosques secundarios (Standley & Steyermark, 1952; Adams, 1972; Stevens et al., 2001).

3.5.3.4.2. Altura y distribución geográfica. Se encuentra a 1,900 m o más bajo; más comúnmente debajo de los 1,000 m. Se reporta para el sur de México (Veracruz), Guatemala (Peten, Alta Verapaz, Izabal, Santa Rosa, Escuintla, Sacatepéquez, Chimaltenango, Suchitepéquez, Retalhuleu, Quetzaltenango, San Marcos, Quiché, Huehuetenango), Belice, Caribe y toda Centroamérica hasta Suramérica (Standley, 1926; Standley & Steyermark, 1952; Adams, 1972; Aguilar et al., 1994; Stevens et al., 2001; FIELDMUSEUM, 9 mar. 2009; MOBOT, 11 mar. 2009; NYBG, 13 mar. 2009; SI, 14 mar. 2009;).

3.5.3.4.3. Época de floración y fructificación. Florece en los meses de noviembre y de febrero a agosto (Adams, 1972; Stevens et al., 2001).

3.5.3.5. Usos medicinales atribuidos. La infusión de hojas se usa para regular la menstruación y proteger de caries la dentadura. Los Achuales, del río Huasaga mastican las hojas para ennegrecer los dientes y protegerlos de la caries. Los Boras usan un baño de las hojas para tratar las llagas en la boca de los niños. Además es utilizado como repelente de insectos, y para las picaduras de insectos. La hoja es astringente, cicatrizante y para el tratamiento de las úlceras (Standley & Steyermark, 1952; MOBOT, 11 mar. 2009).

3.5.3.5.1. Partes aéreas: Se usa para mordedura de serpiente e insectos, limpiador de piel, matar piojos, dolores generales, dolor de estómago y úlceras, fiebre, regular la menstruación, fuego bucal, fiebre por malaria, amigdalitis, paperas, blanquear dientes, favorece la digestión (digestivo). Se utiliza también en el veneno de flechas (Schultes 1975; Martínez, 1984; Duke & Vásquez, 1994; Coe & Anderson, 1996; Lentz, Clark, Hufford, Meurer-Grimes, Passreiter, Cordero, et al., 1998; Otero, Fonnegra, Jiménez, Núñez, Evans, Alzate, et al., 2000).

3.5.3.5.2. Hojas, tallos y raíces: Tradicionalmente se utilizan en afecciones respiratorias, contusiones, luxaciones, conjuntivitis, trastornos digestivos, hemostáticos, como carminativo, antidiabético, sedante, antihemorroidal, en insomnio, eccemas, malaria, antiinflamatorio ocular y bucal, piel y mucosas, cicatrizante, antiulceroso, hemorragias, diarreas sanguinolentas, antitusígeno y expectorante (Villar & Villavicencio, 2001). Se usa en el tratamiento de diabetes, diarrea, puerperio, parasitosis, anginas, paperas y empacho (Adams, 1972).

La decocción se usa en lavados locales, como desinflamante de afecciones de la piel, favorece la cicatrización de heridas; administrado por vía oral es útil en el tratamiento de úlceras y gastritis. La infusión se usa en gargarismos como antiinflamatorio bucal; tomado como agua de tiempo se utiliza para afecciones urinarias, úlceras gástricas y diarreas infantiles (Villar & Villavicencio, 2001).

3.5.3.6. Composición química. En una investigación fitoquímica preliminar, en toda la planta se identificaron alcaloides, flavonoides, taninos, antocianinas, saponinas, esteroides

sesquiterpenlactonas, cumarinas y glicósidos cardiotónicos; aceites esenciales (germacreno D, β -cariofileno y α -farneseno) (Ríos, 1993; Cruz et al., 2008).

3.5.3.6.1. Hojas: Contiene alcaloides, saponinas, esteroides, taninos flavónicos, flavonoides (kaempferol), flavanonas (6-hidroxi-5,7-dimetoxiflavona, 5-hidroxi-5,7-dimetoxiflavona, pinostrobina, 5,7,8-trimetoxiflavona), aceites esenciales, fenoles, esteroides, diterpenos, triterpenos (friedilenol, friedelina, d-amirenona, dammaradienilo), azúcares reductores y glicósidos, guayanólidos, eupatorina, eupatilina, cumarinas, emodina, antracenos, ácidos y vitamina K y compuestos reductores, vaticina, éter matíxico, cínelo, ácido tartárico, chalconas (2',3'-dihidroxi-4',6'-dimetoxichalcona y 2'-hidroxi-3'4'6'-trimetoxichalcona) (6,12,32-34). El aceite esencial contiene ácido benzoico, acetato de borneol, γ -cadineno, canfeno, β -cariofileno, α -guaiano, mirceno, α -felandreno, β -felandreno, α - y β -pinenos, pinostrobina, 3,7metil-1,3,6octatrieno, linalool, biciclo-heptan-2-canfor, β -selineno, 2-5-6trimetil-1,3,6heptatrieno,2,4diisopropenil-1-metil-1-vinilo, benzociclo-heptano, biciclogermacrano, α -copaeno, 1,6,10 dodecatrien-3-ol, (-)-espatulenol, α -guaiano, β -sesquifelandreno (Machado, Militão, Morais, & Machado, 1994; Cruz, 2005).

3.5.3.6.2. Tallos y raíces: Contiene aceites esenciales y un principio semejante al ácido tartárico; fenoles, esteroides, monoterpenos (α - y β -pineno), hidrocarburos sesquiterpénicos (β - y δ -elemeno, α -cubeneno, isobornil isobutirato, nerilacetona, (Z)- β -farneseno, (E)-murolo-4-(14),5-diene, γ -gurjunena, germacreno A, B y D, (E,E)- α -farneseno, δ -cadieno, (E)-nerolidol, oxido cariofileno, globulol, humuleno epóxido II, (1,10-di-epi)-cubenol, cubenol) terpenos (α -felandreno, p-cimeno, limoneno, α -murolo, elemicina, dilapiol, apiol), azúcares reductores y glicósidos, alcaloides, saponinas, esteroides, taninos flavónicos, flavonoides y fenilpropanoides (Machado et al., 1994; Días dos Santos, de Lima Moreira, Guimarães, & Coelho, 2001; Villar & Villavicencio, 2001; Facundo, Polli, Rodrigues, Militão, Stabelli, & Cardoso, 2008).

3.5.3.6.3. A partir del extracto etanólico de las inflorescencias fueron aislados tres flavonoides: 5-hidroxi-7-metoxi-flavanona, 5-hidroxi-4',7-dimetoxiflavanona y 2',4',6'-

trimetoxidihidrochalcona. De las flavanonas aisladas fueron obtenidos los derivados acetilados 5-acetoxi-7-metoxiflavanona y 5-acetoxi-4',7'- dimetoxiflavanona (Plazas, Cuca & Delgado, 2008).

3.5.3.7. Farmacología y toxicología

3.5.3.7.1. Toxicología. En pruebas de gastroprotección en ratones albinos, al aplicar dosis excesivas del extracto (5 g/kg) no se observaron señales de toxicidad en los animales. En el estudio preliminar de la toxicidad del extracto liofilizado de hojas se determinó que la administración de 3.91, 1.95 y 0.98 g de extracto por kg de peso corporal, provoca muertes en el 100% de los especímenes y con 0.49g/kg se observa 66% de muertes a las 24 horas. Para la fase definitiva se utilizaron 39 especímenes de *Mus musculus* cepa Balb/c, en siete grupos a los que se les administró extracto liofilizado de hojas a dosis de 0.75 y 0.125 g de extracto por kg de peso corporal máxima y mínima respectivamente; observándose: 100% de muertes, a las 24 horas, con la dosis máxima y 16.67% de muertes, a las 72 horas, con la dosis mínima. La DL₅₀ a las 72 horas fue 0.2654 g de extracto liofilizado de hojas por kg de peso corporal. Los análisis realizados a través de bioensayos de toxicidad de los extractos metabólicos, diclorometánicos e infusiones arrojaron resultados positivos (Villar & Villavicencio, 2001).

3.5.3.7.2. Datos farmacológicos. Se le atribuye actividad antiinflamatoria y repelente. Tiene propiedad antifúngica y antilevadura (Gupta, 2008). El extracto etanólico total (5000 ppm) presenta actividad antibacteriana del 100% sobre *Bacillus subtilis*, y del 50% sobre *Staphylococcus aureus*, *S. epidermidis*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Escherichia coli*, *Salmonella typhi* y *Proteus vulgaris*. Presenta actividad contra *Microsporium canis*, *Trichophyton tonsurans*, *T. mentagrophytes*, y del 25% sobre *T. rubrum*. Presenta una actividad antiherpética sobre *Herpes simplex* tipo 1 del 14.2% a una MCNC de 0.25 µg/mL (Martínez, 1979).

Las amidas pirrolidinicas: N-[3'4'-metilendioxfenil)-2-(Z),4(Z).heptadienoil] pirrolidina, (3Z, 5Z)-N-isobutil-8-(3'4'-metilenedioxifenil)-heptadienamida, N-[3-(6'-

metioxi-3',4'-metilendioxfenil)-2-(Z)-profenolil]pirrolidina, N-[2-(3'-4'-metilendil-oxi-6-metoxi-fenil)-prop-cis-2-enoil]pirrolidina, N-[5-(3'-4'-metilendil-oxi-fenil)-penta-trans-2-dienoil] pirrolidina y piperamina aisladas de hojas tienen actividad contra *Chaetomium sphaerpermum* (Alécio, Bolzani, Young, Kato, & Burlan, 1998; Hosana, Alécio, Kato, Bolzani, Young, & Cavalheiro, 2000).

Por fraccionamiento bioguiado se aisló la aseborgenina como componente activo contra *Plasmodium falciparum* (Jenett-Siems, 1999).

Un estudio determinó que tiene actividad antiinflamatoria por una disminución del edema en ratones albinos raza Swiss al administrar vía tópica la decocción (en NaCl) del polvo-cernido (100 mg/kg), se comparó con un grupo control que recibió diclofenaco y hubo una diferencia significativa entre la dosis de *P. falciparum* y el diclofenaco. En un ensayo en conejos con grupo problema y control, se determinó que los extractos acuoso y crudo (250 mg/kg) p.c. pueden ser utilizados para detener la sangría anormal. Ensayos *in vitro* han demostrado que posee actividad contra bacterias Gram-positivo. Otro estudio demostró que el infuso al 10%, luego de filtrado y liofilizado, resultó ser efectivo en un 67.5% de los casos luego de la administración a la dosis de 1 g/kg por vía oral, a ratones con lesiones gástricas necrosantes inducidas por etanol (Villar & Villavicencio, 2001).

Su aceite esencial presentó actividad contra *Aedes aegypti* y *Anopheles albimanus* a una concentración de 0.5 mg/mL en su primer y segundo estadio y actividad citotóxica a 0.5 mg/mL contra nauplios de *A. salina* (Cruz, 2005).

En extractos de hojas se aislaron tres butenólidos incluyendo un nuevo compuesto, 9,10-methylenedioxy-5,6-Z-fadienolido. En este estudio se encontró ser un agonista parcial del receptor 5-HT₇. Los otros dos butenólidos (el 5,6-Z-fadienolido y el piperolido) demostraron un efecto agonista estrogénico (Michel, Chen, Zhang, Huang, Krunic, Orjala, et al., 2010).

3.5.3.7.3. Farmacología clínica. Un estudio realizado en 20 pacientes con el diagnóstico de úlcera péptica, sometidos a tratamiento con el micronizado de hojas en forma de cápsula de 300 mg administrados por vía oral durante 15 días para úlcera duodenal y 28 días para úlcera gástrica. Los resultados indican que en dosis de 900 mg cada 8 horas, cicatrizaron a

2 y 4 semanas de tratamiento, la úlcera duodenal y gástrica respectivamente (Villar & Villavicencio, 2001).

3.5.4. *P. jacquemontianum* Kunth.

3.5.4.1. Sinonimias. *Piper actae* Trel., *P. aeruginosibaccum* Trel., *P. allatum* Trel., *P. arenicola* Trel., *P. bakeri* C. DC., *P. barbulatorum* C. DC., *P. catalinianum* Trel., *P. citrifolium* var. *cookii* C. DC., *P. dedititium* Trel., *P. dimorphophyllum* Trel. in Standl., *P. discolor* Trelease ind Standl., *P. emancipationis* Trelease in Standl., *P. emancipationis* var. *longum* Trel. in Standl., *P. evulsipilosum* Trel., *P. gentlei* Trelease, *P. gleasonii* Yunck., *P. jactatum* Trel. & Standl., *P. kantelulense* Trel., *P. kantelulense* var. *gentlei* Trel. in Standl., *P. nitidulifolium* Trel. in Standl., *P. nitidulilaminum* Trel. in Standl., *P. onerosum* Trel., *P. orosianum* Trel., *P. paludicola* Trel. ex Yunck., *P. panamense* C. DC., *P. pilibaccum* C. DC., *P. plumbeicolor* Trel., *P. praeterlatum* Trel., *P. plumbeicolor* Trel. in Standl., *P. sagax* Trel., *P. siquirresense* Trel., *P. subcitrifolium* C. DC., *P. tabanicidum* Trel., *P. triumphale* Trel., *P. tumidipedunculum* Trel., *P. uvitanum* C. DC., *P. vexans* Trel (Standley & Steyermark, 1952; Stevens et al., 2001; MOBOT, 11 mar. 2009).

3.5.4.2. Nombres vernáculos. Cordoncillo, poozcuyaax (Standley & Steyermark, 1952).

3.5.4.3. Descripción botánica. Arbustos profusamente ramificados de 1-4 m de alto. Hojas pinnatinervias, asimétricas, elíptico-ovadas, elíptico-lanceoladas a obovadas o incluso oblanceoladas, (9-) 10-15 (-21) cm de largo y (3.5-) 5-8 (-9.5) cm de ancho, ápice largamente acuminado, base inequilátera, el lado más largo obtuso, el más corto cuneado, pelúcido-punteadas en el envés, verde nítidas y lustrosas en la haz y verde pálidas en el envés, cartáceas o coriáceas, verde-grisáceas discoloras y lustrosas en la haz y amarillentas en el envés cuando secas, glabras en la haz, cortamente pilosas o hirsutas en el envés a lo largo de los nervios secundarios. Pecíolos 0.3-0.6 cm de largo (hasta 1.5 cm en nudos estériles), densamente pilosos, pubescencia a menudo en líneas discretas, con un desarrollo estipular discreto, 0.5 mm de largo en nudos floríferos, hasta 4 mm en nudos estériles, caduco. Inflorescencias erectas en todos los estadios, blancas en la anthesis, verde pálidas en fruto, pedúnculo 0.3-0.7 cm de largo, densa y cortamente piloso, glabrescente, raquis (3.5-)

5-7 cm de largo, glabro. Brácteas florales triangulares a deltoides, 0.2 mm de ancho, cortamente fimbriadas. Flores densamente agrupadas en el raquis formando bandas discretas tempranamente en antésis, sésiles. Estambres 4, filamentos tan largos como las anteras, éstas con dehiscencia vertical. Pistilo umbonado con 3 estigmas sésiles. Frutos obovoides, 1 mm de largo, apicalmente obtusos y parcialmente inmersos en el raquis, apicalmente pubescentes, indumento amarillo cuando seco, cuerpo del fruto café oscuro (Stevens et al., 2001).

3.5.4.4. Datos agrotecnológicos

3.5.4.4.1. Hábitat. Frecuente en sotobosque de matorrales o bosques húmedos o lluviosos y premontanos; algunas veces en bosques de pino o en marismas de *Manicaria* (Standley & Steyermark, 1952; Stevens et al., 2001).

3.5.4.4.2. Altura y distribución geográfica. Se encuentra a una altura desde 0-900 msnm, a temperaturas de 23-34°C y humedad relativa entre 51-85% (Martínez et al., 2009). Se reporta para el sur de México, Guatemala (Petén, Alta y Baja Verapaz, Izabal, Petén, Escuintla, Guatemala, Suchitepéquez, Retalhuleu, Quetzaltenango, San Marcos), Belice, Caribe, El Salvador e incluso más al sur (Standley & Steyermark, 1952; Stevens et al., 2001; FIELDMUSEUM, 9 mar. 2009; Martínez, 2009; MOBOT, 11 mar. 2009; NYBG, 13 mar. 2009; SI, 14 mar. 2009).

3.5.4.5. Usos populares. Se utiliza para el dolor de estómago (digestivo), catarros, fiebre, dolor de cabeza, dolor, diabetes, enfermedades renales y nerviosas (Barrett, 1994; Coe & Anderson, 1996).

3.5.4.6. Composición química. Las hojas contienen nerolidol, α -pineno y linalool (en un porcentaje elevado). El aceite esencial de las hojas contiene citonelal, linalool (69.4%), nerolidol (8%) α -pineno (3.2%) y cineol, limoneno y citral, β -pineno, δ -3-careno, bornileno, δ -elemeno, 1,5 ciclodecadieno, β -cariofileno y D-germacrano (Cruz et al., 2008; Cruz, 2005; Cruz et al., 2005; Martínez, 2009; Véliz, Cruz, Gómez, García, Alvarez, Cáceres, et al., 2006).

3.5.4.7. Farmacología y toxicología. El extracto etanólico tiene una amplia actividad contra microorganismos a dosis <1 mg/mL; en el tamizaje contra protozoos se encontró potente actividad contra *P. falciparum* (11 µg/mL), *Trypanosoma cruzi* (12 µg/mL) y *Leishmania mexicana* (24 µg/mL). Del extracto etanólico se prepararon particiones con diferentes disolventes (hexano, cloroformo y acetato de etilo) y se determinó la concentración mínima inhibitoria (MIC), encontrándose que la partición hexánica es activa contra *Candida albicans* (0.50 mg/mL); *S. aureus* y *E. coli* (0.25 mg/mL); *Mycobacterium smegmatis* y *Bacillus subtilis* (0.125 mg/mL); *P. falciparum* (14 µg/mL) y *T. cruzi* (24 µg/mL). La partición clorofórmica fue activa contra *S. aureus* (0.5 mg/mL); *M. smegmatis* (0.125 mg/mL); *B. subtilis* y *C. albicans* (0.0625 mg/mL); *P. falciparum* (11 µg/mL) y *T. cruzi* (8 µg/mL). La partición con acetato de etilo fue activa contra *S. aureus* y *M. smegmatis* (0.5 mg/mL); *B. subtilis* y *C. albicans* (0.0625 mg/ml) y *P. falciparum* y *T. cruzi* (22 µg/mL) (Cruz, et al., 2005). El extracto diclorometánico tiene actividad contra *B. subtilis*, *M. smegmatis* y *Cryptococcus neoformans* (Barroso, Guimarães, Ichaso, Costa, Peixoto, & Lima, 1978). Los extractos diclorometánicos y metanólicos presentaron actividad contra *B. subtilis*, *P. aeruginosa* y *M. smegmatis* (Gómez, 2008).

La infusión de hojas al 10% es antiinflamatoria *in vivo* a dosis de 750 y 1000 mg/kg de peso corporal (Hernández, 2007).

Su aceite esencial posee actividad larvicida contra *A. albimanus* y *A. aegypti* y actividad citotóxica (Cruz et al., 2005).

3.5.5. *P. oradendron* Trel. & Standl.

3.5.5.1. Sinonimias. No hay información disponible.

3.5.5.2. Nombres vernáculos. Cordoncillo (Standley & Steyermark, 1952).

3.5.5.3. Descripción botánica. Arbusto de 1-2.5 m de alto. Ramas delgadas, densamente hispidulosas con pelos cortos, spreading o reflexos, usualmente fulvous. Pecíolos delgados, 1-2 cm de largo, no alados, hispidulosos, dilatados en la base. Hojas delgadas, usualmente verdes o verde oscuras cuando están secas, densa y diminutamente pellucido-puntado, nada o levemente lustrosas, ovadas u ovado-elípticas, principalmente 13-18 cm de largo y 6-9

cm de ancho, abruptamente acuminadas o largamente acuminadas, oblicuas y conspicuamente desiguales en la base, usualmente agudas en un lado y obtusas o aún redondeadas en el otro, no buladas, escabrosas o hirtelosas en el haz a lo largo de la costa, en cualquier otro lado glabras o casi glabras, usualmente muy suaves al tacto, esparcidamente estrigilosas en el envés en los nervios y venas o en edad glabras, suaves al tacto, peninervias. Los nervios 3-4 en cada lado, ascendiendo en un ángulo usualmente menor de 45°, levemente arqueados o casi erectos, muy delgados, prominentes, las venas prominentes, usualmente pálidas, laxamente reticuladas. Pedúnculos opuestos a las hojas, algo gruesos, cerca de 6mm de largo, hispidulosos o glabros. Espigas delgadas, las inmaduras 5-6 cm de largo y 2 mm de diámetro, obtusas. Brácteas densamente pubescentes (Standley & Steyermark, 1952).

3.5.5.4. Datos agrotecnológicos

3.5.5.4.1. Hábitat. Matorrales húmedos a secos o bosques mixtos. Es un arbusto común de las colinas y llanuras del declive del Pacífico (Standley & Steyermark, 1952).

3.5.5.4.2. Altura y distribución geográfica. Se encuentra a una altura de 1,200 msnm o menos a temperaturas de 23-34°C y humedad relativa entre 51-85%. Se cree que es una especie endémica de Guatemala, se ha reportado para Izabal, Santa Rosa, Escuintla, Guatemala, Sacatepéquez, Retalhuleu, San Marcos y Suchitepéquez (Standley & Steyermark, 1952; Martínez, 2009; MOBOT, 11 mar. 2009).

3.5.5.5. Usos populares. No hay información disponible

3.5.5.6. Composición química. Las hojas contienen alcaloides, flavonoides, antraquinonas, saponinas, principios amargos, aceite volátil y cumarinas. El aceite esencial contienen β -pineno, germacreno e iso-espatulenol se presentan como mayoritarios y citonelal, linalool, cineol, limoneno y citral (Cruz et al., 2008; Martínez, 2009).

3.5.5.7. Farmacología y toxicología. No hay información disponible

3.5.6. *P. patulum* Bertol.

3.5.6.1. Sinonimias. *Piper quiriguatum* Trel. & Standl. (Standley & Steyermark, 1952; MOBOT, 11 mar. 2009).

3.5.6.2. Nombres vernáculos. Cordoncillo (Standley & Steyermark, 1952).

3.5.6.3. Descripción botánica. Árbol pequeño, muy ramificado de 3-4 m de alto, tallo leñoso y grueso. Pecíolos delgados y largos, principalmente 2.5-7 cm de largo, vaginado por la mitad de su longitud o incluso casi en todo. Hojas palmatinervias, delgadas y cuando están frescas son flácidas, se oscurecen al secarse, finamente y densamente pelúcido-punteadas, cordado-ovadas a redondo-cordado, comúnmente 10-20cm de largo y 7.5-15 cm de ancho, abruptamente acuminado o largo-acuminado, cordadas en la base con lóbulos basales redondeados y muy separados entre sí, verde oscuro en la haz y algo pálido en el envés. Pedúnculo grueso cerca de 1cm de largo o menos. Inflorescencias en espigas solitarias, largas, delgadas, frecuentemente o usualmente curvadas, cerca de 12-16 cm de largo, las brácteas densamente pilosuloso o tomentuloso (Standley & Steyermark, 1952).

3.5.6.4. Datos agrotecnológicos

3.5.6.4.1. Hábitar. Montañas, bosques de tierras bajas y matorrales húmedos, lluviosos o secos. Crece en sitios con abundante sombra y se ha observado que son más abundantes en bordes de cuerpos de agua como ríos y lagunas temporales (Standley & Steyermark, 1952).

3.5.6.4.2. Altura y distribución geográfica. Se encuentra a 1,200 m o menos. Se reporta para el sur de México, Guatemala (Alta Verapaz, Jutiapa, Santa Rosa, Escuintla, Chimaltenango, Suchitepéquez, Retalhuleu, Quetzaltenango), El Salvador, Honduras y probablemente aún más hacia el sur (Standley & Steyermark, 1952; MOBOT, 11 mar. 2009).

3.5.6.5. Usos populares. No hay información disponible.

3.5.6.6. Composición química. La hoja contiene alcaloides, flavonoides, antraquinonas, saponinas, principios amargos, aceite volátil y cumarinas (Cruz et al., 2008). El aceite esencial contiene α - y β -pineno, α -terpineno, 1-metil-5-ciclohexano, (+)-3-careno, α -

terpinoleno, transanetol, β -cariofileno, miristicina, α -humuleno, benzonitrilo, 1,6,10-dodecatrien-3-ol, biciclo-germacrano, trans-azarona, β -eudismol (Cruz, 2005; Cruz et al., 2008).

3.5.6.7. Farmacología. El aceite esencial de las hojas posee actividad citotóxica contra nauplios de *A. salina* a una concentración de 0.5 mg/mL y actividad antibacteriana contra *M. smegmatis* y *B. subtilis* a 100 μ g/mL (Cruz, 2005).

2.5.7. *P. umbellatum* L.

3.5.7.1. Sinonimias. *Heckeria subpeltata* (Willd.) Kunth, *H. umbellata* (L.) Kunth, *Lepianthes umbellata* (L.) Raf. ex Ramamoorthy, *Peperomia umbellata* (L.) Kunth, *Piper postelsianum* Maxim., *P. subpeltatum* Willd., *P. umbellatum* var. *subpeltatum* (Willd.) C. DC., *Pothomorphe dombeyana* Miq., *P. subpeltata* (Willd.) Miq., *P. umbellata* (L.) Miq., *P. umbellata* var. *cuernavacana* (C. DC.) Trel. & Yunck., *P. umbellata* var. *glabra* (C. DC.) Trel. & Yunck. (Standley & Steyermark, 1952; Stevens et al., 2001; MOBOT, 11 mar. 2009).

3.5.7.2. Nombres vernáculos. Santa María, Santa María del zope, jute, obet, obbel (Guatemala); da hu jiao (Pinyin, China); estrella, santa maría, cordoncillo (Costa Rica); maría panga (Ecuador) (Standley, 1937; Villacres, 1995; MOBOT, 11 mar. 2009).

3.5.7.3. Descripción botánica. Plantas erectas, de tallos, pecíolos y hojas carnosas, herbáceas casi en todo, pero frecuentemente algo leñosas abajo, las ramas jóvenes densamente viloso-piloso. Pecíolos 20 cm de largo o más cortos, vaginados por casi o toda su longitud. Hojas palmatinervias, grandes, delgadas, flácidas, ovado-orbiculares, principalmente 20-30 cm de largo y de igual o incluso ancho mayor, agudas o abruptamente corto agudas en el ápice, profunda y estrechamente cordadas en la base, con largos lóbulos basales redondeados, verde en la haz, glabro a densamente vilosuloso, algo pálido en el envés, esparcidamente o densamente pubescente o vilosuloso, pelúcido-punteado. Inflorescencias cortamente pedunculadas, umbeladas al final de un corto pedúnculo axilar, estambres dos, estigmas tres, estilos ausentes, recurvados. Frutos pequeños (Standley & Steyermark, 1952).

3.5.7.4. Datos agrotecnológicos

3.5.7.4.1. Hábitat. Arbusto muy común y ampliamente extendido en comunidades secundarias, bosques o matorrales húmedos o lluviosos; frecuentemente crecen en sitios parcialmente expuestos, generalmente en remanentes de bosques nublados o premontanos y en bosques de crecimiento secundario (Standley & Steyermark, 1952; Adams, 1972; Stevens et al., 2001).

3.5.7.4.2. Altura y distribución geográfica. Se encuentra a 1,500 msnm o menos. Se reporta para Estados Unidos, México, Guatemala (Alta Verapaz, Baja Verapaz, Izabal, Petén, Chiquimula, Jalapa, Jutiapa, Escuintla, Guatemala, Sacatepéquez, Chimaltenango, Suchitepéquez, Retalhuleu, Santa Rosa, Quetzaltenango, San Marcos), Belice, Caribe, El Salvador hasta Suramérica, e incluso el viejo mundo (países africanos como Zaire, Uganda, Mozambique, etc.) (Standley & Steyermark, 1952; Stevens et al., 2001; MOBOT, 11 mar. 2009; NYBG, 13 mar. 2009; SI, 14 mar. 2009).

3.5.7.5. Usos medicinales. Las hojas se utilizan para limpieza de la piel, esto prevendrá el ataque de ácaros o pequeñas garrapatas. Además, se reporta que el caldo hecho de jutes o caracoles y hojas lo utilizan para incrementar el flujo de la leche (Standley & Steyermark, 1952; MOBOT, 11 mar. 2009).

La planta completa tiene efecto antiabortivo y se utiliza como pesticidas naturales (Grainge & Ahmed, 1988; Valadeau, Pabon, Deharo, Albán-Castillo, Estevez, Lores, et al., 2009).

Sus hojas son emenagogas, utilizadas para el tratamiento de cólicos, flatulencia, fiebre, enfermedades relacionadas con el aparato reproductor femenino, laxante, malaria, granos, enfermedades psiquiátricas (calmante), quemaduras, sanar heridas, raspones, esguinces, irritaciones de la piel, diarrea, acelerar el parto, dolor de cuerpo (Vasilev, 1969; Browner, 1985; Roig, 1988; Bioka & Abena, 1990; Zamora-Martínez & Pola, 1992; Hammer & Johns, 1993; Akendengue & Louis, 1994; Stehmann & Brandao, 1995; Noumi & Yomi, 2001; Roersch, 2010).

La corteza se ha utilizado como diurético y depresor del sistema nervioso (Bouquet & Debray, 1974; Schultes, 1975; Schultes, 1980; Schultes & Raffauf, 1990; Roersch, 2010).

La raíz es afrodisiaca, utilizada junto con *Hyptis pectinata* (L.) Poit. acelera la expulsión de la placenta. Se utiliza para el tratamiento de desordenes hepáticos, diarrea, epilepsia y es antiinflamatorio. Se reporta que es antiinflamatorio, analgésico local, antiasmódico y refrescante para los problemas hepáticos (Kerharo & Bouquet, 1950; Kokwaro, 1976; Kjjoa, Giesbrecht, Akisue, Gottlieb, & Gottlieb, 1980; Hammer & Johns, 1993; Desmarchelier, Barros, Repetto, Latorre, Kato, Coussio, et al., 1997; Martins, Salgueiro, Vila, Tomi, Cañigueral, Casanova, et al., 1998; Figueroa, 2008).

3.5.7.6. Composición química. E-nerolidol, germacrano D y β -cariofileno. Se aislaron de sus ramas cuatro alcaloides: piperumbelactamas de la A a la D junto con N-hidroxiaristolam II, N-p-coumaroiltiramina, 4-nerolidilcatecol, N-trans-feruloiltiramina, E-3-(3,4-dihidroxifenil)-N-2-[4-hidroxifeniletíl]-2-propenamida, β -amirina, friedelina, apigenina 8-neohespe-ridosida, acacetin 6c- β -d-glucopiranosido, β -sitosterol, 3-o- β -d-glucopiranosido, 3-o- β -d-[6'-dodecanoil]-glucopiranosido (Cruz et al., 2008; Tabopda, Ngoupayo, Liu, Mitaine-Offer, Tanoli, Khan, et al., 2008; Roersch, 2010).

Su aceite esencial contiene linalool, E-nerolidol, α -pineno y β -pineno (Figueroa, 2008; François, Pierre, Lambert, Ndifor, Arlette, Paul, et al., 2009).

3.5.7.7. Farmacología y toxicología. Las piperumbelactamas A, B y C tienen actividad inhibitoria moderada sobre la α -glucosidasa. La piperumbelactama B, C y N-p-coumaroiltiramina tienen actividad antioxidante importante. La piperumbelactama D, N-hidroxiaristolam II y 4-nerolidilcatecol son antifúngicos (Tabopda et al., 2008).

El 4-nerolidilcatecol posee actividad inhibitoria de la fosfolipasa A₂ del veneno de serpientes del género *Bothrops* (Nuñez, 2005).

El extracto diclorometánico de hoja tiene actividad antibacteriana contra *B. subtilis*, *P. aeruginosa* y *M. smegmatis* (Gomez, 2008). Sus hojas poseen actividad antiprotozoaria contra *Leishmania* y *Plasmodium* (Valadeau et al., 2009).

El extracto acuoso de sus hojas posee actividad analgésica, hipotérmica, reducción de la actividad espontánea y efecto tranquilizante (Hammer & Johns, 1993).

El extracto metanólico de raíz posee actividad antioxidante (Kerharo & Bouquet, 1950). Se ha demostrado actividad antioxidante contra radicales libres tales como DPPH, superóxido, radicales hidroxilo, óxido nítrico (Agbor, Vinson, Oben, & Ngogang, 2007).

El extracto etanólico del tallo posee actividad citotóxica (Bioka & Abena, 1990).

3.5. Estudios previos realizados

El género *Piper* tiene un amplio uso popular y existe evidencia científica de su gran potencial en la industria farmacéutica, cosmética y culinaria (p. e. Orjala et al., 1993; Okunade et al., 1997; Danelutte et al., 2003; Germósen 2005; Cruz et al., 2008; Roersch, 2010 entre otros). A pesar de esto, se tiene muy poca información sobre la micromorfología de este género tropical.

Entre los estudios morfoanatómicos de especies del género *Piper*, se pueden mencionar los de Solereder (1908), Metcalfe & Chalk (1957), Yuncker (1972), Yuncker (1973), Barroso et al. (1978), Datta (1980), Mohandas & Shah (1982), Moraes (1986), Jackson & Snowdon (1990), Ballvé et al. (1995), Vianna & Akisue (1997), Nascimento & Vilhena-Potiguara (1999), Silva & Machado (1999), Gobbi (2003), Pessini et al. (2003), Dasgupta & Souza et al. (2004), Albiero et al. (2005a), Albiero et al. (2005b), Albiero et al. (2006), Duarte & Siebenrock (2010). El estudio hecho por el primer autor, mencionado anteriormente, es muy escueto y no tienen una descripción detallada de sus resultados. Los siguientes autores, ya presentan un análisis más profundo y detallado; en donde se hace una descripción completa y cuentan con fotos o esquemas micrográficos de las plantas que ellos estudiaron.

A pesar de esto, son pocos los estudios que traten de descubrir cual o cuales variables son características de la especie. Las características diferenciales son importantes para el proceso de análisis farmacobotánico, el cual tienen como una de sus funciones el

detectar adulteraciones. Autores como Albiero et al. (2005a), Albiero et al. (2005b), Albiero et al. (2006), entre otros. En base a lo obtenido en sus trabajos, y en la revisión bibliográfica realizada, llegaron a la conclusión de que si hay algunas variables que pueden ser utilizadas como caracteres diagnósticos. Entre las que se pueden mencionar son el número de estratos de la capa hipodérmica, el tipo de tricomas y la ubicación de éstos en la lámina y el contenido químico de las células de almacenamiento observadas en todas las especies de la familia Piperaceae. Pero para llegar a una conclusión definitiva es necesario estudiar a más especies de este género, el cual es uno de los que alberga una gran cantidad de especies; y que poseen un gran potencial científico.

3.7. Descripción general del sitio de colecta

3.7.1. Localización. La Ecoparcela El Kakawatal está localizada en el Cantón Chiguaxté, municipio de Samayac, departamento de Suchitepéquez. A este lugar se llega por el desvío, que lleva a Samayac, en el kilómetro 154.9 de la carretera CA-2 que de la capital de Guatemala conduce hacia Mazatenango. La entrada de la ecoparcela está a 1.5 Km desde la entrada del desvío. Geográficamente se ubica en las coordenadas 14°33'07.9'' latitud norte y a 91°28'00.4'' longitud oeste y a una altura de 480msnm (Soc, 2002).

3.7.2. Extensión y límites. La ecoparcela posee un área total de 1.4 Ha. Colinda al norte y al sur con terrenos privados vecinales del Cantón Chiguaxté, al este con el río Bolas y al oeste con la carretera adoquinada que conduce a la cabecera de Samayac (Soc, 2002).

3.7.3. Zona de vida según Holdridge. La ecoparcela "El Kakawatal" está comprendida dentro de la zona de vida bosque muy húmedo subtropical cálido (bmh-S(c)). Se caracteriza por tener una precipitación media anual de 3,284 mm, con una temperatura media de 30° C. Cubre una franja en la costa sur de 40-50 km de ancho, que va desde México hasta Oratorio y Santa María Ixhuatán en Santa Rosa (Soc, 2002).

3.7.4. Tipo de suelo. Según Simmons, Tarano, & Pinto. (1976), los suelos pertenecen al declive del Pacífico, al subgrupo "C", los cuales se caracterizan por ser suelos poco profundos desarrollados sobre material volcánico mezclado, de la serie Samayac (Sm). Las características de este suelo son las siguientes:

3.7.4.1. El material madre se caracteriza por ser de flujo lodoso volcánico cementado, con relieve inclinado a suavemente inclinado, con un drenaje bueno (Simmons et al., 1976).

3.7.4.2. El suelo superficial es de color café oscuro, con textura y consistencia franco limosa friable, con espesor aproximado de 20.3 cm (Simmons et al., 1976).

3.7.4.3. El subsuelo es de color café amarillento, con consistencia friable y textura franco limosa y franco arcillosa, con un espesor de 20-30 cm, el drenaje a través del suelo es medio, la capacidad de abastecimiento de humedad es media. La capa que limita la penetración de raíces es ceniza cementada, a 50 cm el peligro de erosión en el suelo es muy alto, la fertilidad es de alta a media. Existen problemas especiales en el manejo del suelo con respecto a la presencia de pedregosidad (Simmons et al., 1976).

3.7.4.4. El sustrato es lodo o lahar volcánico duro, cementado y pedregoso, que en algunos lugares es brecha de tufa. Gran parte del material fino es de color claro, pero la mayoría de las piedras grandes son de material máfico de color oscuro. Algunas de las piedras son suaves y pueden ser cortadas con un pico, pero la mayoría son muy duras (Simmons et al., 1976).

4. JUSTIFICACIÓN

Jaramillo & Manos (2001) citaron “Las plantas del género *Piper* se distribuyen en las regiones tropicales de todo el mundo. Se ha estimado que este género incluye más de 1,000 especies”. En el caso de Guatemala, la Flora de Guatemala ha reportado más de 80 especies (Standley & Steyermark, 1952).

En los países donde se distribuye este género se ha estudiado su química, propiedades fitofarmacéuticas entre otras. Okunade et al. (1997) detectaron que *P. aduncum* tiene una considerable actividad contra hongos y bacterias patógenas para el hombre. Orjala et al. (1993) demostraron que *P. aduncum* contiene compuestos, que tienen actividad moluscicida y antibacteriana. En el Instituto de Química de la Universidad de Sao Paulo, Danelutte (2003) encontró compuestos químicos importantes para combatir hongos patógenos (*Cladosporium cladosporioides* y *C. sphaerospermum*).

En la industria fitofarmacéutica se puede mencionar el caso de la muy estudiada kava-kava (*P. methysticum*), la cual tiene fuertes propiedades para problemas del sistema nervioso como la ansiedad, tensión y el apareamiento del insomnio de varias causas de origen no sicótico (ESCOP, 2003). Otros estudios científicos han demostrado que *P. auritum* tiene actividad hipotensora, espasmogénica, vasodilatadora periférica, antiséptica, hepatoprotectora, anestésico local, analgésico dental, parasimpatolítico sedante, antihelmíntica, disolvente de cálculos biliares entre otros (Germósen, 1995; Germósen, 2005).

En Guatemala se llevó a cabo un estudio de caracterización química de los aceites esenciales y extractos de 16 especies del género *Piper*; encontrándose compuestos muy interesantes. Entre las más importantes se puede mencionar a *P. jacquemontianum*, colectada en Alta Verapaz, el cual presentó al compuesto linalool como mayoritario (69.4%). El linalool es un constituyente interesante en la industria de la perfumería. Actualmente en Guatemala, se están realizando estudios para determinar su poder antioxidante, actividad antimicrobiana y sobre la actividad de afecciones del Sistema Nervioso (Cruz, 2005; Cruz et al., 2008).

A pesar de todo esto, hay muy poca información sobre la identidad farmacobotánica del género *Piper*; como la macromorfología (del material fragmentado) y micromorfología

principalmente. Estos dos datos son muy importantes si se desea elaborar una monografía completa de las especies promisorias para su publicación en una farmacopea.

Dada la gran importancia de las especies investigadas en Guatemala, el presente estudio tuvo como finalidad encontrar un carácter o caracteres macro y/o micromorfológicos diagnósticos de siete especies del género *Piper* (*P. amalago*, *P. auritum*, *P. hispidum*, *P. Jacquemontianum*, *P. oradendron*, *P. patulum* y *P. umbellatum*). Esto servirá para contribuir en la ampliación de las monografías; y esto a su vez contribuirá en el proceso de control de calidad farmacobotánico.

5. OBJETIVOS

5.1. General

Determinar las características farmacobotánicas diagnósticas de las siete especies de *Piper*, del banco de germoplasma de la Ecoparcela el Kakawatal, Samayac, Suchitepéquez, para definir sus patrones de identidad.

5.2. Específicos

5.2.1. Identificar las características macromorfológicas particulares, de la materia seca fragmentada, de la hoja de las siete especies de *Piper*.

5.2.2. Identificar las características micromorfológicas, de la materia fresca del limbo, pecíolo y raíz de las siete especies de *Piper*.

5.2.3. Elaborar una cartilla micrográfica para las siete especies de *Piper*, que reúna las características diagnósticas que servirán para la correcta identificación de la droga cruda.

6. HIPÓTESIS

No aplica

7. MATERIALES Y MÉTODOS

7.1. Universo

7.1.1. Población. Las plantas del género *Piper* dentro de la Ecoparcela el Kakawatal, Cantón Chiguaxté, Samayac, Suchitepéquez.

7.1.2. Muestra. Siete especies del género *Piper* de la Ecoparcela el Kakawatal, Cantón Chiguaxté, Samayac, Suchitepéquez.

En este estudio se tomaron dos tipos de variables: cualitativas y cuantitativas. Para las variables cuantitativas, se obtuvo 5 réplicas por muestra; es decir, 5 hojas con pecíolo y 5 raíces por cada especie.

Las variables tomadas en cuenta para este estudio fueron:

- Variables cuantitativas para hoja en análisis micromorfológico: Número de estratos de la epidermis adaxial y abaxial, número de estratos subepidérmicos en la cara adaxial y abaxial, número de estratos del parénquima en empalizada y esponjoso, número de nervios del limbo, número de ramificaciones de las vénulas en las areolas, número de segmentos de los tricomas, longitud de los tricomas, número de estratos de la capa de colenquimática.
- Variables cualitativas para hoja en análisis micromorfológico: Tipo de hoja según la distribución de los estomas en la cara adaxial y/o abaxial, tipo de estomas, tipo de mesófilo, presencia y distribución de otras estructuras (cristales de oxalato de calcio, gránulos de almidón, etc.), presencia de tricomas, tipo de tricomas presentes, tipo de haz vascular, tipo de esclerénquima, tipo de colénquima, tipo de traqueidas y vasos, tipo de células esclerenquimáticas, forma de las células epidérmicas en la cara adaxial y abaxial, contorno de las células epidérmicas en corte transversal.
- Variables cuantitativas para hoja en análisis macromorfológico: Tamaño de los fragmentos de las hojas tamizadas en material seco.

- Variables cualitativas para hoja en análisis macromorfológico: Aspecto general, consistencia, color haz y envés, color de las venas en envés, olor, sabor, textura del haz y envés, presencia de puntuaciones, presencia de indumento en haz y envés, tipo de indumento, aspecto de las venas en haz y envés, margen de la lámina, tipo de venación, tipo de venación según el modelo de Hickey (1972).
- Variables cuantitativas para pecíolo en análisis micromorfológico: Número de segmentos de los tricomas, longitud de los tricomas
- Variables cualitativas para pecíolo en análisis micromorfológico: Forma del pecíolo en corte transversal, superficie del pecíolo en corte transversal, presencia de tricomas, tipo de tricomas, tipo de haz vascular, disposición de los haces vasculares, presencia y distribución de otras estructuras (cristales de oxalato de calcio, gránulos de almidón, etc.).
- Variables cuantitativas para raíz en análisis micromorfológico: Longitud de los vasos del sistema xilemático.
- Variables cualitativas para raíz en análisis micromorfológico: Presencia de exodermis y parénquima cortical, presencia o ausencia de médula, presencia de células esclerenquimáticas extraxilares, tipo de células esclerenquimáticas extraxilares, presencia de células esclerenquimáticas xilares, tipo de células esclerenquimáticas xilares, tipo de raíz (según el número de haces vasculares), presencia y distribución de otras estructuras (cristales de oxalato de calcio, gránulos de almidón, etc.), tipo de haces vasculares, tipo de traqueidas y vasos, presencia y tipo de parénquima axial o radial.

7.2. Materiales

7.2.1. Equipo

- GPS
- Hielera
- Secadora u horno
- Refrigeradora
- Estufa
- Estereoscopio
- Microscopio óptico
- Cámara digital
- Cernidor

7.2.2. Materiales

- Bolsas Ziploc
- Machete
- Tijeras de podar
- Libreta de campo
- Lápiz
- Prensa
- Cartones corrugados
- Papel periódico
- Etiquetas de identificación
- Marcador permanente
- Raíz fresca de zanahoria
- Hojas de afeitar
- Cajas de petri
- Pincel
- Agujas de disección

- Lupa de poco aumento
- Papel limpiantes
- Papel filtro
- Papel mayordomo
- Micrómetro ocular
- Micrómetro objetivo

7.2.3. Cristalería

- Portaobjetos
- Cubreobjetos
- Vidrios de reloj
- Pissetas
- Varillas de vidrio
- Frascos goteros color ámbar
- Vasos de precipitado de 50 y 100 mL
- Frascos de vidrio
- Tubos de ensayo

7.2.1. Reactivos

- Alcohol al 70 y 95%
- NaOH y KOH al 5%
- KOH al 10%
- Agua destilada
- Hipoclorito de Sodio al 50%
- Safranina al 1%
- Gelatina-Glicerina
- Ácido crómico al 25%
- Lugol

7.3. Métodos

7.3.1. Colecta de material vegetal

7.3.1.1. Material para Herbario. Con la ayuda de una tijera de podar pequeña se tomaron cuatro muestras completas (hoja, flor y fruto) de cada especie; esto fue necesario para hacer una buena identificación taxonómica. El material colectado se colocó en un fólter de papel periódico, asegurándose de que todas las partes relevantes estuvieran visibles y no ocultas bajo alguna parte del ejemplar. Todas las muestras obtenidas se guardaron en una bolsa plástica para su transporte.

Para el secado, a cada muestra, se le cambió el fólter de papel periódico por uno nuevo. Luego a cada muestra se le colocó un cartón corrugado arriba y abajo. Posteriormente todas las muestras se apilaron una encima de la otra y se amarraron con dos lazos. Hecho esto, todas las muestras se colocaron en la secadora del Laboratorio de Productos Naturales Farmaya, S.A., y se dejaron secándose por 3 días.

Además de la colecta de las muestras botánicas, fueron tomados los datos de campo como coordenadas geográficas, altitud, hábitat, hábito, nombre común, sitio de colecta y fecha de colecta (los primeros dos datos fueron tomados con un GPS). Toda esta información fue anotada en la libreta de campo. Además se tomaron fotos del hábito.

7.3.1.2. Material para análisis. Para la colecta de las hojas se utilizó una tijera de podar, con el cual se iban cortando hojas de las especies en estudio. Las hojas de cada especie fueron colocadas en bolsas Ziploc, las cuales fueron identificadas. Las bolsas con las muestras fueron almacenadas en una hielera. Lo anterior se hizo para que el material se mantuviera fresco hasta el momento de realizar las técnicas microscópicas e histoquímicas. En el caso de las muestras para realizar las pruebas histoquímicas, la colecta se hizo un día antes de realizar dichas pruebas.

7.3.2. Análisis microscópico

7.3.2.1. Corte a mano alzada (Gattuso & Gattuso, 1999; Solís et al., 2004; Soler, 2005).

- Para realizar los cortes histológicos de hoja, pecíolo y raíz, se utilizaron trozos de duroport de aproximadamente 2x2 cm.
- Dado que las hojas de las siete especies eran muy grandes se cortaron cuadrados de 2x2 cm, en el cual se incluyó la vena central.
- En el caso del pecíolo se hicieron cortes en tres áreas: cerca de la unión con la lámina, en el medio y cerca de la base.
- Para las especies con pecíolos largos, se cortaron fragmentos de 2 cm. En el caso de las especies con pecíolo de longitud menor, se utilizó todo.
- El corte de los fragmentos de raíz fue similar al pecíolo (2 cm), pero dado que la raíz es muy dura, se excavó en el duroport. Esto se hizo para que la pieza a cortar encastrara en las placas.
- Después de esto, el material se colocó entre dos placas de duroport. Se sostuvo fuertemente con una mano el material a cortar (ya acondicionado), y con la otra se deslizó de manera perpendicular una hoja de afeitar con el filo sin uso, mojando constantemente la superficie de corte con agua.
- Con la ayuda de un pincel se colocaron los cortes obtenidos en una caja de petri que contenía agua. Se seleccionaron los cortes más delgados y parejos, valiéndose de la ayuda de una lupa.
- Los cortes seleccionados se colocaron en otra caja de petri con agua; que posteriormente se procedió a su tinción con Safranina al 1% en agua, se montaron con gelatina-glicerina, se

observaron las características del material en un microscopio óptico, se etiquetaron los portaobjetos y se tomaron fotografías.

7.3.2.2. Técnica de diafanizado. Hubo dos modificaciones en esta técnica. La primera fue porque las hojas de esta especie no eran ni muy delgadas ni muy duras; entonces cuando se hizo un semidiafanizado las hojas no se tiñeron muy bien y cuando se les hizo un diafanizado las hojas se pusieron muy frágiles y se rompían con facilidad. La segunda fue que las muestras no se agregaron en hidrato de cloral, ya que no se pudo conseguir ese reactivo (Gattuso & Gattuso, 1999; Solís et al., 2004; Soler, 2005).

- Se hicieron cortes de 3x2 cm y se colocaron en un vaso de precipitado con alcohol al 90%. Se llevó a ebullición (en baño María) durante 10 min.
- Se pasó a una solución de partes iguales de alcohol al 95% e KOH al 5%. Se llevó a ebullición (en baño María) durante 5-10min, según la consistencia del material. Se lavó con agua destilada tibia varias veces hasta eliminar totalmente el hidróxido de potasio.
- Se pasó con mucha precaución el material a una caja de petri que contenía hipoclorito de sodio al 50%, y se dejó hasta que quedó blanco-transparente. El tiempo dependió mucho de la consistencia de las hojas, porque habían unas hojas que eran mas duras que otras. Se lavó con agua destilada, hasta eliminar totalmente el hipoclorito de sodio.
- En el material así obtenido se realizó una coloración con Safranina al 1% en agua, se montaron con gelatina-glicerina, se etiquetaron las muestras, se observaron las características del material en un microscopio óptico y se tomaron fotos.

7.3.2.3. Coloración con Safranina (Gattuso & Gattuso, 1999; Solís et al., 2004; Soler, 2005).

- Los materiales seleccionados en el inciso anterior, se colocaron en otra caja de petri pero con una solución de Safranina al 1% en agua, durante 5 min.
- Los cortes teñidos fueron lavados con agua destilada y se colocaron, con la ayuda de un pincel, sobre un portaobjetos.
- Se agregó una gota gelatina-glicerina calentada y se cubrió suavemente con el cubreobjetos procurando no originar burbujas.

- Las paredes lignificadas y la cutícula se tiñeron de color rojo intenso y las paredes celulósicas de un color rosado.

7.3.2.4. Método de disociado débil. Esta técnica se utilizó para las hojas (Gattuso & Gattuso, 1999; Solís et al., 2004; Soler, 2005).

- Se cortaron fragmentos muy finos de la hoja y se colocaron en un beaker con solución de hidróxido de sodio al 5%. Se hirvió durante 5min.
- Se lavó con agua destilada hasta que el líquido quedó limpio. El material se colocó con ayuda de una aguja sobre el portaobjetos y se disgregó con la ayuda de la aguja.
- Se tiñó con safranina al 1%, se montó con gelatina-glicerina, se cubrió con un cubreobjetos, se observó al microscopio, se etiquetaron los portaobjetos y por último se tomaron fotos del disociado.

7.3.2.5. Método de disociado fuerte o método de maceración de Boodle. Esta técnica se utilizó para las raíces (Gattuso & Gattuso, 1999; Solís et al., 2004; Soler, 2005).

- Al igual que las hojas en el disociado débil, se cortaron fragmentos muy finos de la raíz. Se colocaron en un beaker que contenía KOH al 10% y se hirvió durante 10min y se lavó bien con agua hasta eliminar completamente el KOH.
- Se colocó el material así tratado en un tubo de ensayo, con rosca, que contenía ácido crómico al 25% y se dejó actuar durante 1-1.5 horas. Se retiró de la solución cuando la raíz al tocarla tuvo consistencia de manteca. Se lavó bien varias veces.
- En el último lavado se agitó fuertemente el tubo de ensayo contra la palma de la mano, de manera que todo el material se disgregó contra las paredes del mismo.
- Con la ayuda de una aguja, se colocó una pequeña cantidad del material sobre el portaobjetos. Se aplastó con la aguja y se añadió unas gotas de Safranina al 1% en agua. Se escurrió el excedente, se montó con gelatina-glicerina, se etiquetó el portaobjetos, se observaron las características del material en un microscopio óptico y se tomaron fotos.

7.3.2.6. Mediciones microscópicas. Este método es utilizado para realizar mediciones de órganos o estructuras a nivel microscópico, como por ejemplo largo y ancho de tricomas, tamaño celular, etc. Se utiliza para tal objeto un ocular micrométrico y un micrómetro

objetivo, además del microscopio. El micrómetro ocular común generalmente es de 8X con una escala entre las dos lentes. En dicha escala, 5 mm están divididos en 50 partes iguales, y el valor es arbitrario, pues depende del aumento que se emplea, o sea que es variable para cada objetivo del microscopio. La escala constituye el ocular micrométrico. El micrómetro objetivo es un portaobjetos provisto de una escala grabada en la cual 1mm está dividido en 100 partes. Cada parte o división es de 10 micras (WHO, 1998; Gattuso & Gattuso, 1999; Solís et al., 2004).

7.3.3. Análisis macroscópico. Para esta parte, las hojas secas fueron tamizadas con un cernidor común. Después del tamiz se analizó el material realizando las siguientes observaciones (WHO, 1998; Solís et al., 2004; Soler, 2005):

7.3.3.1. Hoja y pecíolo

7.3.3.1.1. Hoja

- Aspecto general: Se observó si las hojas eran enteras, fragmentadas o pulverizadas.
- Consistencia: Se indicó si las hojas eran duras, flexibles, coriáceas, membranáceas, papiráceas, carnosas o suculentas.
- Color: Este carácter tiene un valor relativo para la diagnosis ya que depende del sistema de secado y conservación que se haya realizado. En esta característica se anotó el color que presentó la hoja en la cara ventral y dorsal.
- Olor y sabor: Para el olor se deshizo la hoja con las manos, y se acercaba a la nariz para describir el olor. Para el sabor se agarro una pizca del material y se masticó hasta sentir algún sabor.
- Superficie de la lámina: Por el tacto, si el material era liso, sedoso, áspero o tomentoso y por la visión, si era glabro, pubescente, rugoso, ondulado, hirsuto o verrucoso.
- Tamaño: Con una regla tipo Vernier se midió el largo y ancho de 10 fragmentos; esto para obtener un valor medio.
- Transparencia: Se observó si presentaba puntos transparentes, relacionados con la estructura interna del órgano, p. e. la presencia de glándulas, idioblastos o cavidades secretoras.

7.3.3.1.2. Pecíolo. En este órgano se observó si el pecíolo era estriado, liso, rugoso, piloso, alado, su forma de inserción, etc.

7.3.4. Elaboración de cartilla micrográfica. Después de haber observado todas las láminas fijas de cortes transversales, diafanizado, disociado débil y disociado fuerte, se procedió a seleccionar solamente las características que eran comunes de la especie en general. Con esta información, se hizo una descripción completa de las siete especies del género *Piper* y se hicieron dibujos de la microscopía con tinta china, de la manera más exacta y precisa; así como esquemas utilizando las claves de Metcalfe y Chalk. Por último, los dibujos fueron escaneados para tenerlos digitalizados (Gattuso & Gattuso, 1999). Para la correcta definición de las estructuras halladas se revisaron los libros de Moreno (1984); Flores (1999) y Font-Quer & Sierra-Ráfols (2000).

7.4. Análisis estadístico

En este trabajo se midieron dos tipos de variables: cualitativos y cuantitativos. En las dos variables se realizaron tablas de hallazgos por especie y otras tablas adicionales de características diferenciales. Para las variables cualitativas, además de las tablas, se hicieron descripciones. En este estudio, las variables cuantitativas fueron continuas y se aplicó una estadística descriptiva. Para el análisis estadístico se realizaron 5 réplicas por muestra, para poder determinar el rango, media y desviación estándar para las variables contínuas.

8. RESULTADOS

El material utilizado, constituido por hoja (lámina foliar y pecíolo) y raíz, de las siete especies de *Piper*, fue colectado en la Ecoparcela El Kakawatal, Samayac, Suchitepéquez. A continuación se detallarán los resultados obtenidos en la fase experimental.

8.1. *P. amalago*

8.1.1. Datos de campo.

Coordenadas geográficas: 14°38'15.0'' N 090°48'09.2'' O

Altura: 457 msnm

No. Voucher: CFEH 1073

8.1.2. Análisis macroscópico.

Aspecto general: Hojas fragmentadas.

Consistencia: Hojas membranáceo-flexibles.

Color: Región del haz verde grisáceo oscuro y levemente lustroso. Región del envés verde pálido lustroso.

Olor: Muy fuerte a cítrico.

Sabor: Levemente amargo.

Superficie de la lámina: Haz liso, escasamente pelúcido-punctado y presenta un escaso indumento pubescente en toda la superficie; aunque es más abundante en la región de la vena central. Venas impresas en haz y sobresalen levemente en la vena central, cerca de la base de la lámina.

Envés liso, epunctado y con un escaso indumento pubescente, principalmente en la vena central; aunque en menor cantidad en comparación con la cara adaxial. Las venas de color blanquecino sobresalen en el envés; principalmente en la vena central. Margen entero y glabro.

Pecíolo glabro con tres estriaciones prominentes.

Tamaño de la partícula o fragmento: 8-15 (10.3 ± 1.9) mm de largo y 5-8.6 (6.6 ± 0.9) mm de ancho.

8.1.3. Cortes transversales de hoja, pecíolo y raíz.

8.1.3.1. Hoja en vista lateral. La epidermis adaxial uniestratificada está conformada por células cúbicas y rectangulares con márgenes rectilíneos, con una cutícula muy delgada y lisa. La epidermis abaxial es uniestratificada y está constituida por células cúbicas más cortas pero un poco más anchas y con márgenes rectilíneos. La cutícula es muy delgada y lisa. La capa subepidérmica está compuesta por células cúbicas gruesas uniestratificadas y de forma rectangular, aunque en la región que envuelve a la vena central es de dos capas en la región adaxial y una en la abaxial. La epidermis que envuelve a la vena media tiene un aspecto ondulado y las células son más pequeñas que en el resto de la lámina (Fig. 1C).

En el corte transversal se observan escasos tricomas tectores pluricelulares que son largos, rectos y de ápice agudo; y tectores unicelulares que son cortos, rectos, base ancha, forma cónica y de ápice agudo. El primer tipo de tricoma está presente en ambos lados de la lámina; aunque son más abundantes en la región adaxial (Fig. 1A).

El mesófilo es dorsiventral y bifacial, donde se observa un parénquima empalizada uniestratificado, de células alargadas, levemente sigmoides; y un parénquima esponjoso de células isodiamétricas de 2-3 capas (Fig. 1C). En la región de la vena central hay una capa de colénquima angular por encima y por debajo de ésta. La capa colenquimática de la región adaxial es gruesa de aproximadamente 4-5 capas. El colénquima angular de la región abaxial conforma una capa más delgada de aproximadamente 3-4 capas y las células son más pequeñas (Fig. 1A).

El haz vascular es del tipo colateral, el cual está cubierto por una capa esclerenquimática discontinua (Fig. 1A).

En la lámina, se observan monocristales de formas rómbicas y cúbicas y algunos cristales granulados, presentes únicamente en el parénquima que envuelve a la vena central (Fig. 1A). Además se logran observar escasas células de contenido lipofílico, que contienen una sustancia de color amarillo claro en el mesófilo, colénquima, parénquima fundamental y floema (Fig. 1A, 1C, 4A y 4B).

8.1.3.2. Pecíolo en vista lateral. Toda la longitud posee una morfología cordada; ya que presenta tres acanaladuras que le dan ese aspecto. La epidermis cúbica y uniestratificada tiene una capa de cutícula muy delgada, contiene escasos tricomas tectores pluricelulares

que son largos, rectos, ápice agudo, de 5-7 (6) segmentos y de 82.4-175.1 (118.4 ± 35.4) μm de largo. Los haces vasculares colaterales están organizados de forma concéntrica y cubiertos por una capa irregular y muy delgada de esclerénquima. En el parénquima fundamental se observan capas discontinuas, reniformes, de colénquima angular; constituida de 5-7 estratos. Además, en el parénquima fundamental se observan abundantes monocristales de formas rómbicas y cúbicas, y escasas células de contenido lipofílico (Fig. 1B). El pecíolo también posee una capa de parénquima clorofiliano cercano a la epidermis.

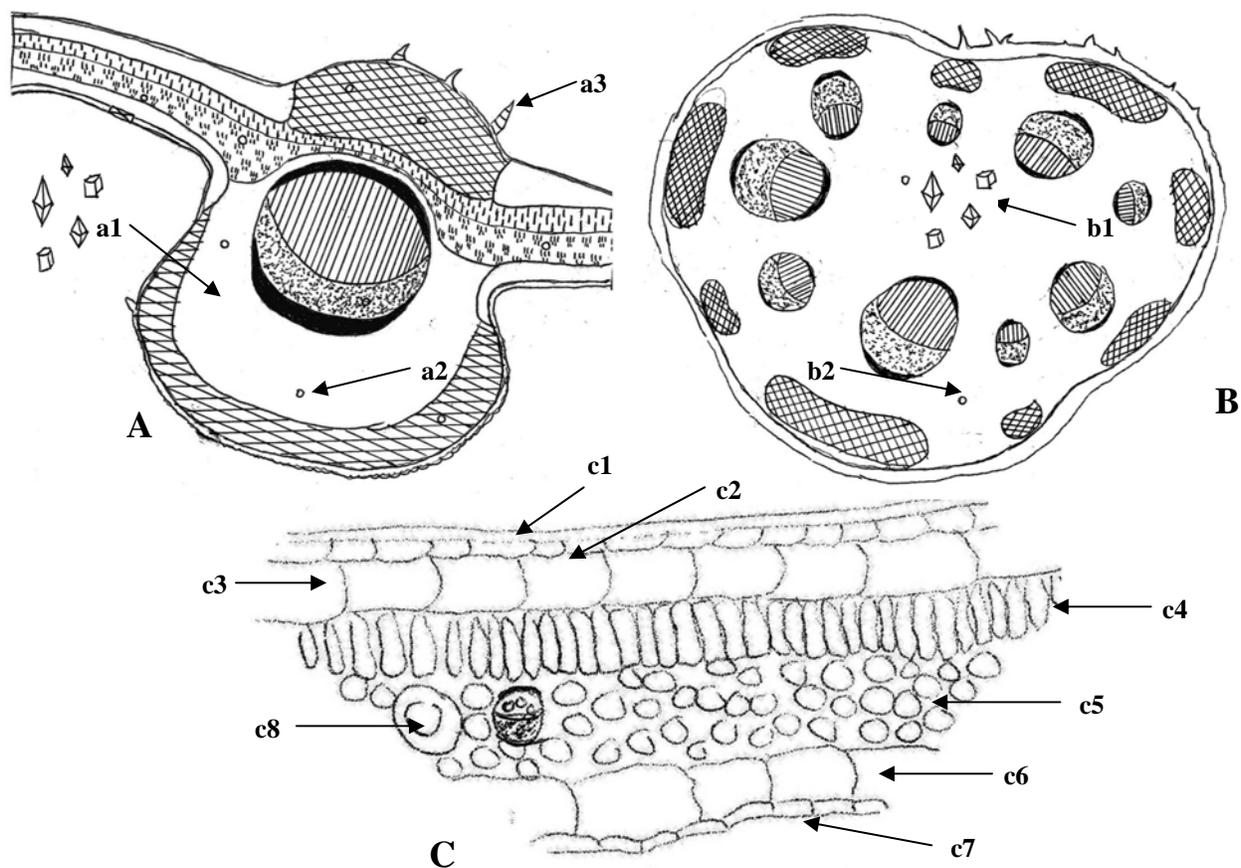


Fig. 1. *P. amalago* L. A. Corte transversal de la vena central de la lámina (a1: monocristales de formas rómbicas y cúbicas, a2: célula lipofílica, a3: tricoma); B. Corte transversal de pecíolo (b1: monocristales de formas rómbicas y cúbicas, b2: célula lipofílica); C. Corte transversal de lámina (c1: cutícula; c2: epidermis adaxial; c3: capa subepidérmica adaxial; c4: parénquima en empalizada; c5: parénquima esponjoso; c6: capa subepidérmica abaxial; c7: epidermis abaxial; c8: célula lipofílica). Para un mayor detalle de A y B ver Anexo 2 página 128. Fuente: datos experimentales.

8.1.3.3. Raíz en vista lateral. Poliarca de crecimiento secundario con súber y felodermis muy delgado. Con abundantes gránulos de almidón en el parénquima cortical y en menor cantidad en el radio parenquimático (Fig. 4C). Con abundantes células de contenido

lipofílico en el parénquima cortical, las cuales contienen una sustancia de color amarillo. En la región más externa del parénquima cortical se observa una capa discontinua y muy delgada de esclereidas. No se observan cristales. Los radios parenquimáticos son anchos y largos, que llegan casi hasta el centro de la raíz. Las placas traqueales o medulares irradian desde el centro.

8.1.4. Diafanizado de hoja.

8.1.4.1. Arquitectura foliar. Hojas de venación palmada formada por 5 nervios primarios. La vena central es prominente en toda la extensión y se comienza a angostar en dirección al ápice. Sólo el par de venas más interno llega hasta el ápice de la lámina. Las venas primarias se subdividen en venas secundarias perpendiculares con respecto a éstas. Estas venas secundarias están levemente arqueadas. De las venas secundarias nacen venas terciarias que forman areolas pentagonales con vénulas que se ramifican de 3-4 veces.

El tipo de venación de la lámina, basado en el modelo de Hickey (1973), es campilódromo. Aunque en el margen, de la lámina se observa que las hojas palmadas conservan el tipo broquidódromo de las hojas pinnadas; ya que forman una serie de arcos antes de llegar al margen de la hoja.

8.1.4.2. Superficie foliar. La lámina foliar es hipoestomática. En vista superficial las células de la epidermis adaxial son poligonales y muy pocas isodiamétricas con contornos rectilíneos (Fig. 2F). Cerca de la vena central las células son poligonales y alargadas. La epidermis adaxial posee tricomas tectores pluricelulares, los cuales son largos, rectos, ápice agudo, de 5-7 (6) segmentos y $82.4-175.1$ (118.4 ± 35.4) μm de largo (Fig. 2A y 2B). Hay un segundo tipo de tricoma presente, pero es muy escaso, el cual es tector unicelular, el cual es corto, recto, base ancha, forma cónica, ápice agudo y de $51.5-61.8$ (56.2 ± 4.6) μm de largo (Fig. 2C). Dentro de cada segmento de los tricomas se logran observar metabolitos de color ámbar a naranja oscuro (Fig. 2A y 2B). Los dos tipos de tricoma son escasos o no están presentes entre las venas y el margen; en cambio son abundantes en las venas, principalmente en la vena central.

La epidermis abaxial posee estomas tetracíticos y muy escasos ciclocíticos. Las células epidérmicas, en vista superficial, tienen diversidad de formas y tamaños y tienen

contornos ondulados a levemente ondulados (Fig. 2D y 2E). En la epidermis abaxial se logran observar los dos tipos de tricomas presentes en la región adaxial; aunque en menor cantidad. Además de estos, se observan tricomas glandulares de 28.2-35.8 (30.2 ± 3.4) μm de largo, los cuales presentan un pedúnculo y una porción secretora unicelular de forma ovoide, insertas entre células epidérmicas dispuestas en roseta cuyo número varía de 4-5 (Fig. 2D). La ubicación de los primeros dos tricomas es la misma que en la cara adaxial; mientras que los glandulares se encuentran en toda la superficie de la lámina.

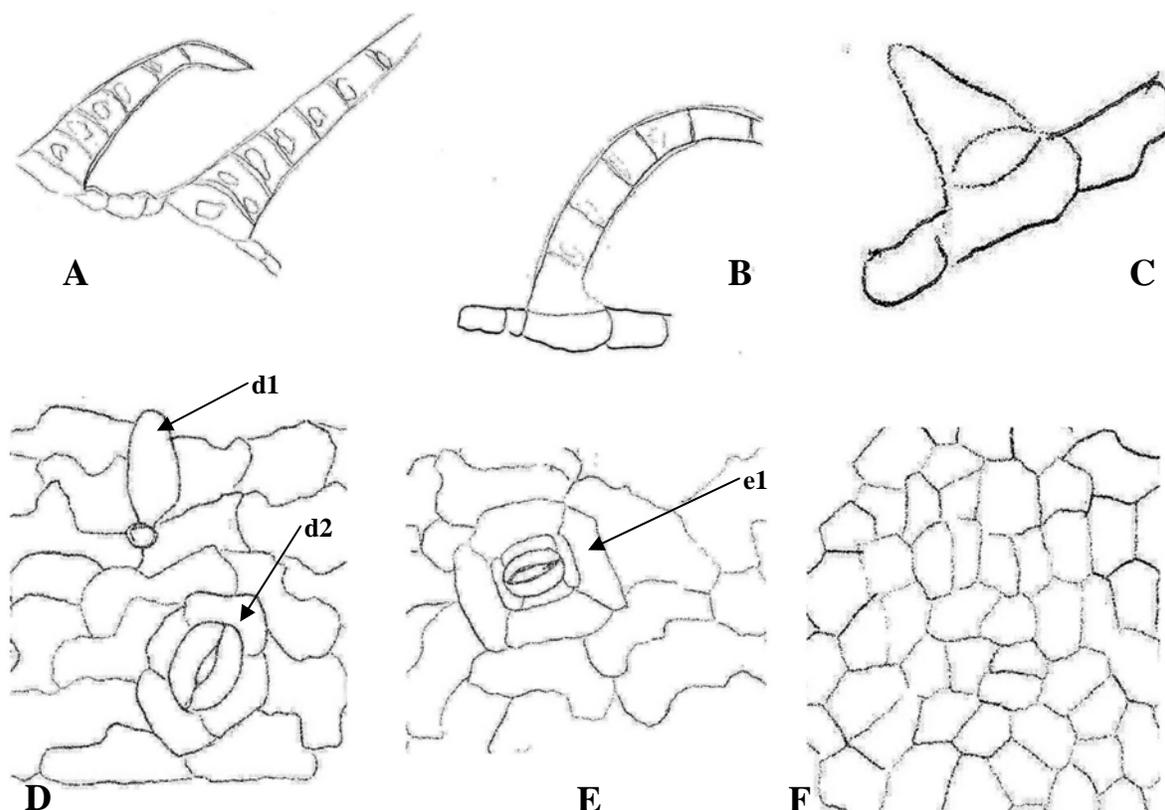


Fig. 2. *P. amalago* L. A y B. Tricomas tectores pluricelulares largos y rectos; C. Tricoma tector unicelular corto; D y E. Vista superficial de la epidermis abaxial (d1: tricoma glandular, d2: estoma tetracítico, e1: estoma ciclocítico); F. Vista superficial de la epidermis adaxial. Fuente: datos experimentales.

8.1.5. Disociado de hoja y raíz.

8.1.5.1. Hoja. En el disociado de hoja se puede observar: células de parénquima en empalizada y esponjoso; células con contenido lipofílico; fragmentos del tejido epitelial de la región adaxial junto con los tricomas descritos para este; fragmentos del tejido epitelial

de la región abaxial junto con los tricomas descritos para este tejido y estomas; fragmentos del tejido epitelial que rodea a la vena central; fragmentos del tejido epitelial del margen de la lámina; vasos de diferente longitud y diámetro similar, con un engrosamiento principalmente helicoidal y placa de perforación simple; cantidades diminutas de braquiesclereidas, macroesclereidas y fibroesclereidas; algunas células del parénquima nérvico; y algunas células de colénquima.

8.1.5.2. Raíz. En el disociado de raíz se puede observar: células rectangulares de parénquima axial; células cúbicas a rectangulares de parénquima cortical, con presencia de gránulos de almidón y abundantes células con un contenido lipofílico de color amarillo; fibras libriformes; algunas fibrotraqueidas; abundantes macroesclereidas, braquiesclereidas y esclereidas filiformes; f) células del súber, compuesta por células cuadradas a rectangulares con márgenes ondulado-sinuado; células felodérmicas; y elementos de los vasos con engrosamiento punteado alterno y escalariforme; ambas con placa de perforación simple, 76.8-319.3 (207.8 ± 69.3) μm de largo y 30.9-72.1 (46.2 ± 15.2) μm de ancho (Fig. 3).

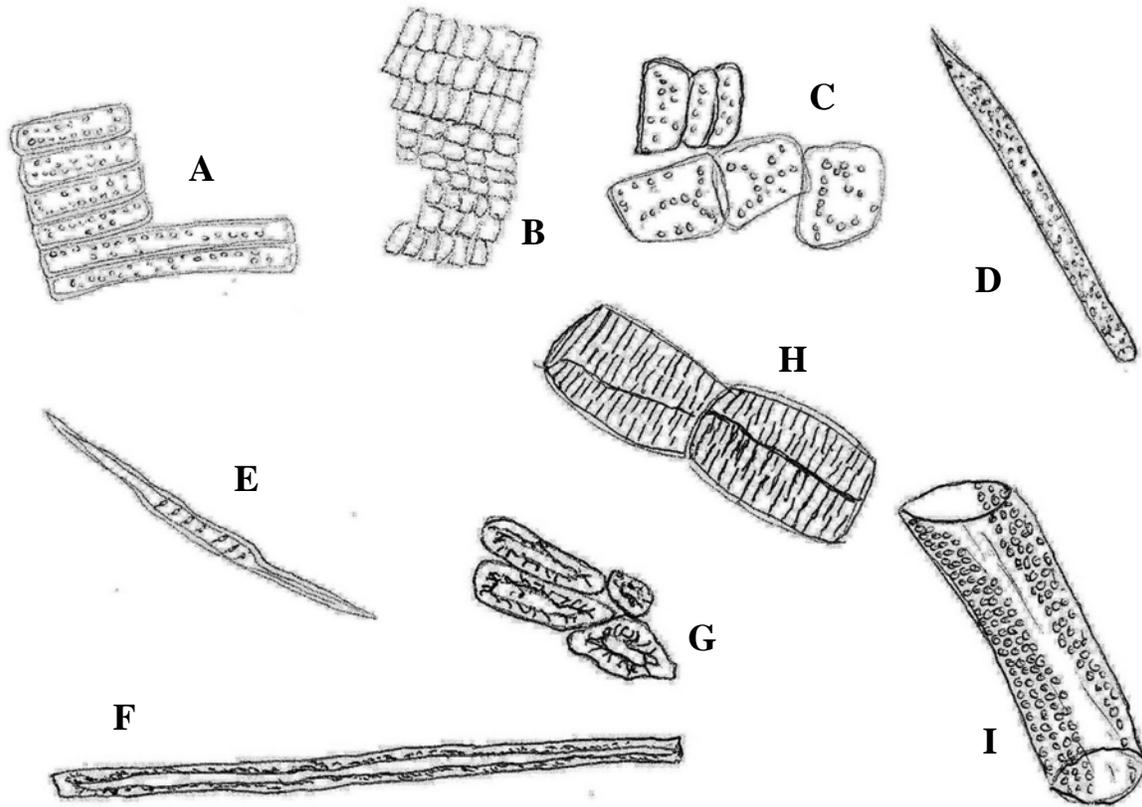


Fig. 3. Disociado de raíz de *P. amalago* L. A y B. Parénquima axial; C. Parénquima cortical; D, I. Vasos punteados con placa de perforación simple; E. Fibrotraqueida; F. Esclereida filiforme; G. Macroesclereida y braquiesclereida; H: Vaso escalariforme con placa de perforación simple. Fuente: datos experimentales.

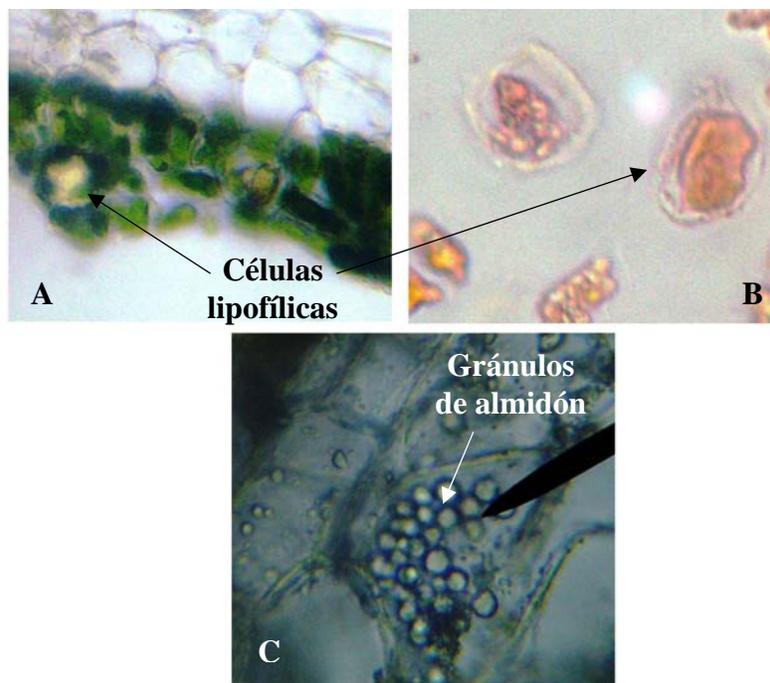


Fig. 4. *P. amalago* L. A y B. Células lipofílicas encontradas en limbo y peciolo; C. Gránulos de almidón en parénquima cortical de raíz.

8.2. *P. auritum*

8.2.1. Datos de campo.

Coordenadas geográficas: 14°33'06.9'' N 091°28'00.5'' O

Altura: 457 msnm

No. Voucher: CFEH 1054

8.2.2. Análisis macroscópico.

Aspecto general: Hojas fragmentadas.

Consistencia: Hojas membranáceo-flexibles.

Color: Región del haz verde claro a verde amarillento opaco a levemente lustroso. Región del envés verde blancuzco opaco.

Olor: Principalmente anisado y escasamente cítrico.

Sabor: Salado principalmente y luego levemente dulce.

Superficie de la lámina: Haz levemente lustroso, liso, abundantemente pelucido-punctado, escaso indumento pubescente en toda la superficie de la lámina, más abundante en la vena

central. Las láminas más jóvenes son más pubescentes que las adultas. Venas impresas. La vena central sobresale escasamente.

Envés liso. Abundantemente pubescente; más en la región de las venas y vena central, cercanas a la base de la lámina. Escasamente pelúcido-punctado. Venas escasamente onduladas, sobresalen en envés pero aún más en la vena central. El color de la parte más gruesa, de la vena central, es café claro a un tono levemente más oscuro. La otra parte de la vena central y demás venas son de un color café más claro a blanquecino. Margen entero abundantemente pubescente.

Pecíolo Glabro, cilíndrico desde la primera mitad y alado desde el medio hasta la base de éste

Tamaño de la partícula o fragmento: 8-14.5 (10.6 ± 2.5) mm de largo y 5-9.0 (7.0 ± 1.1) mm de ancho.

8.2.3. Cortes transversales de hoja, pecíolo y raíz.

8.2.3.1. Hoja en vista lateral. La epidermis adaxial uniestratificada está conformada por células cúbicas con márgenes rectilíneos pero algo recurvadas en la parte externa o superior, y con una cutícula muy delgada. Las células de la epidermis abaxial uniestratificada son cúbicas pero más delgadas que las de la región adaxial, los márgenes son rectilíneos y la cutícula es muy delgada. La capa subepidérmica en la región abaxial está compuesta de 1-2 capas; en cambio la de la región adaxial es uniestratificada. En la sección de la vena media o central, la capa subepidérmica de la cara abaxial está conformada de 3-4 estratos, mientras que en la adaxial se mantiene de una sola capa. La células de la capa subepidérmica está conformada por células cúbicas muy gruesas que se van adelgazando cuando se alejan de la vena central (Fig. 5C). La epidermis que envuelve a la vena media tiene un aspecto ondulado y las células son más pequeñas que en el resto de la lámina.

En el corte transversal se observan dos tipos de tricomas: tectores pluricelulares que son largos, rectos y de ápice agudo; y tricomas glandulares. Los dos tricomas se observan en ambos lados de la lámina foliar; aunque el primer tipo se observa en mayor abundancia en la región abaxial (Fig. 5A y 5C).

El mesófilo es dorsiventral y bifacial, donde se observa un parénquima en empalizada de células alargadas, levemente sigmoides y constituido por 3 capas; el parénquima esponjoso está formado por células isodiamétricas de 2-3 capas y tiene muchos espacios intercelulares (Fig. 5C). En la región de la vena central hay una capa de colénquima angular por encima y por debajo de ésta. La capa colenquimática de la región adaxial es gruesa pero de longitud muy corta, muy desordenada por lo que no se pueden distinguir estratos. El colénquima angular de la región abaxial conforma una capa muy delgada (Fig. 5A).

El haz vascular es del tipo colateral, el cual está cubierto por una capa delgada de esclerénquima (Fig. 5A).

En la lámina, se observan monocristales de formas rómbicas y cúbicas, y en menor cantidad rafídios. Éstos cristales se observan únicamente en el parénquima que envuelve a la vena central (Fig. 6A). Además, se observan muy abundantes células de contenido lipofílico en el mesófilo, hipodermis y floema (Fig. 5A, 5C y 8A).

8.2.3.2. Pecíolo en vista lateral. Cerca de la base de la lámina, tiene una forma circular (Fig. 5B). Desde la región media hasta la base del pecíolo, se van formando unas proyecciones en cada lado del pecíolo, en dirección a la cara adaxial, por lo que éste va tomando una forma de media luna (Fig. 5C). Toda la extensión del pecíolo es liso (no sulcado o acanalado). La epidermis uniestratificada, está conformada por células cúbicas, posee una capa muy delgada de cutícula y no se observan tricomas. Debajo de la epidermis hay un tejido subepidérmico de 2-3 capas. Los haces vasculares colaterales están organizados de forma concéntrica y se observan haces pequeños ubicados más externamente, intercalados con haces de mayor tamaño. Los haces vasculares están cubiertos por una capa esclerenquimática discontinua. En el parénquima fundamental se observan capas discontinuas de colénquima angular. Monocristales de formas rómbicas y cúbicas, rafídios (en menor cantidad), y células de contenido lipofílico (muy abundantes) son observados en el parénquima fundamental (Fig. 5B y 5C). El pecíolo también posee una capa de parénquima clorofiliano cercano a la hipodermis.

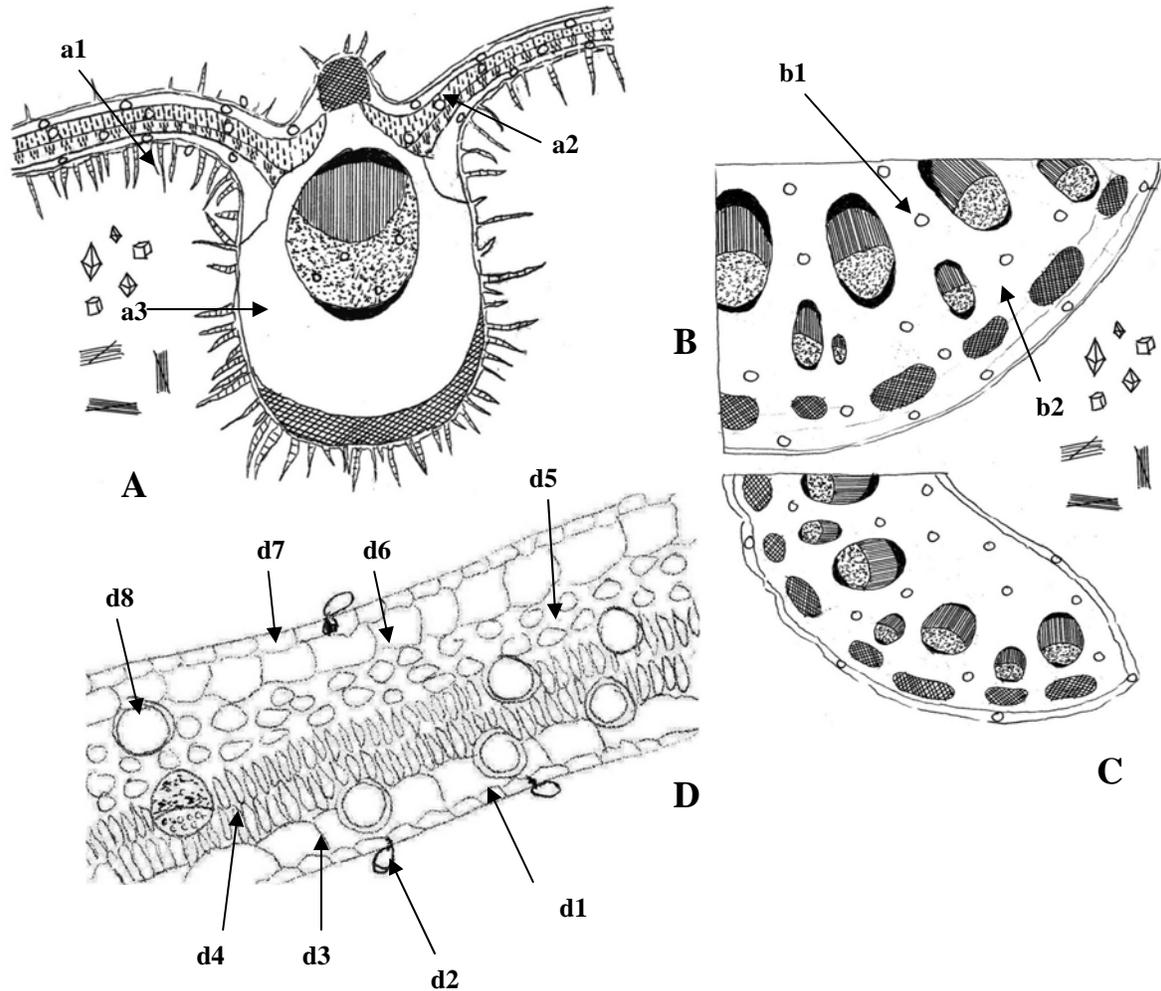


Fig. 5. *P. auritum* HBK. A. Corte transversal de la vena central de la lámina (a1: tricoma tector, a2: célula lipofílica, a3: cristales en forma de rafidios); B. Corte transversal del peciolo cerca de la base de la lámina (b1: célula lipofílica, b2: cristales en forma de rafidios); C. Corte transversal del peciolo en la región media; D. Corte transversal de la lámina (d1: epidermis adaxial; d2: tricoma glandular; d3: capa subepidérmica adaxial; d4: parénquima en empalizada; d5: parénquima esponjoso; d6: capa subepidérmica abaxial; d7: epidermis abaxial; d8: célula lipofílica). Para un mayor detalle de A, B y C ver Anexo 2 página 128. Fuente: datos experimentales.

8.2.3.3. Raíz en vista lateral. Poliarca de crecimiento secundario con suber y felodermis muy delgado. En la parte más externa del parénquima cortical se encuentran grupos de esclereidas (macroesclereidas y braquiesclereidas en menor cantidad), formando una línea concéntrica. En el parénquima cortical se observan escasas o ninguna célula de contenido lipofílico. Los radios parenquimáticos, son muy anchos y largos que llegan casi hasta el centro de la raíz. Las placas traqueales o medulares irradian desde el centro. Escasos

gránulos de almidón se observan en el parénquima cortical y muy escasos en el radio parenquimático (Fig. 8B). No se observan cristales.

8.2.4. Diafanizado de hoja.

8.2.4.1. Arquitectura foliar. Hojas de venación pinnada, formada por 3-4 pares de nervios secundarios que nacen de una vena central. En los lóbulos se observan de 4-5 pares de nervios, los cuales están aún más arqueados que las venas superiores. La vena central es muy prominente en toda su extensión, principalmente en la base hasta los 2/3 superiores. La vena central se va angostando hacia el ápice. Las venas secundarias se disponen de forma alterna y gradualmente se van arqueando hacia el ápice. Sólo el par más interno de venas secundarias llega hasta el ápice. De las venas secundarias irradian venas terciarias perpendiculares a éstas. Las venas terciarias se subdividen en venas cuaternarias, que forman areolas pentagonales y algunas tetragonales cuadradas (similar ancho y largo). Estas areolas contienen vénulas que se ramifican unas 2-3 veces.

El tipo de venación de la lámina, basado en el modelo de Hickey (1973), es camptódromo-broquidódromo.

8.2.4.2. Superficie foliar. La lámina foliar es hipoestomática. En vista superficial las células de la epidermis adaxial son poligonales y con una cantidad casi similar de células isodiamétricas; el contorno es levemente ondulado (Fig. 6B). Cerca de la vena central las células son poligonales alargadas y algunas cortas pero siempre más largas que anchas. La epidermis adaxial posee tres tipos de tricomas: tector pluricelular largo, el cual es recto, ápice agudo, 5-9 (6) segmentos y 153.6-257.5 (192.4 ± 30.5) μm de largo; tector unicelular, el cual es corto, recto, base ancha, forma cónica, ápice agudo y 50.3-59.7 (53.0 ± 3.6) μm de largo; y tricoma glandular de 25.6-30.72 (28.2 ± 2.10) μm de largo, el cual presenta un pedúnculo y una porción secretora unicelular de forma ovoide, insertas entre células epidérmicas dispuestas en roseta cuyo número varía de 4-5 (Fig. 6A, 6B y 6C). Los tricomas tectores se encuentran en toda la superficie de la lámina, incluyendo el margen, pero principalmente la vena central. Los tricomas glandulares están presentes en toda la superficie de la lámina. Dentro de cada segmento de los tricomas se logran observar cantidades diminutas de metabolitos (Fig. 6A).

La epidermis abaxial posee estomas tetracíticos y ciclocíticos. El primero es más abundante que el segundo. Las células epidérmicas, en vista superficial, tienen diversidad de formas y tamaños con contornos levemente ondulados (Fig. 6C). En la epidermis abaxial se logran observar los tres tipos de tricomas presentes en la región adaxial y son igualmente abundantes. La ubicación de los tres tricomas es la misma de la descrita para la cara adaxial.

Tanto en la epidermis adaxial como en la abaxial, se observan espacios celulares que son producidos por la ruptura de los tricomas pluricelulares, dejando a la vista solamente la base de éstas (Fig. 8C).

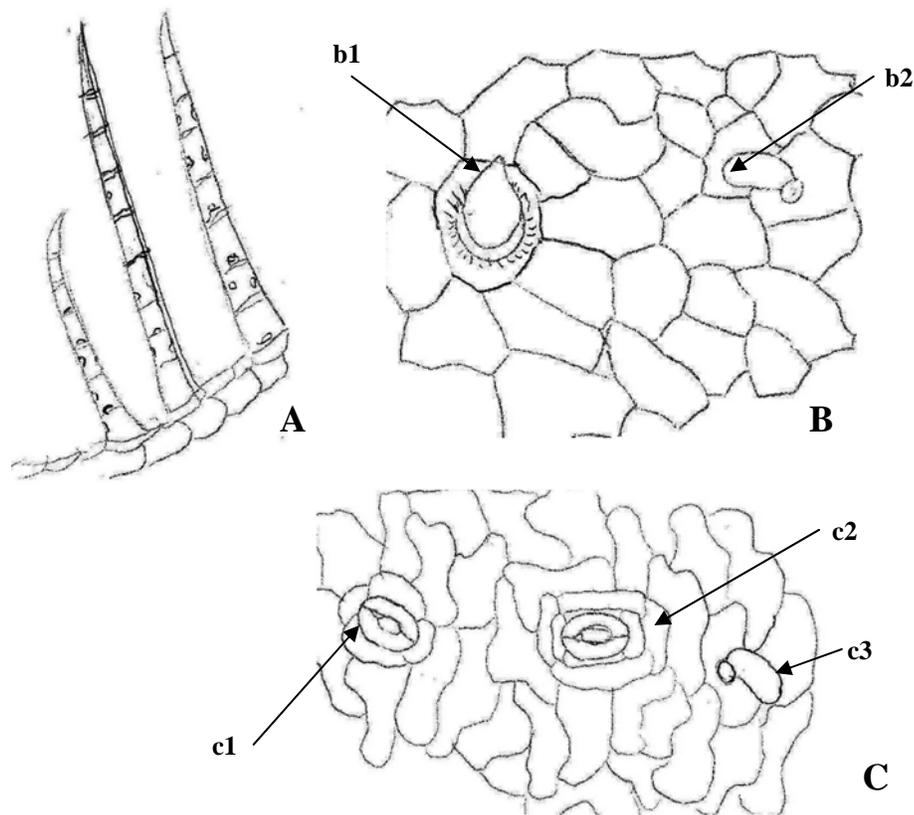


Fig. 6. *P. auritum* HBK. A. Tricoma tector pluricelular largo y recto; B. Vista superficial de la epidermis adaxial (b1: tricoma tector unicelular corto, b2: tricoma glandular); C. Vista superficial de la epidermis abaxial (c1: estoma tetracítico; c2: estoma ciclocítico; c3: tricoma glandular). Fuente: datos experimentales.

8.2.5. Disociado de hoja y raíz.

8.2.5.1. Hoja. En el disociado de hoja se puede observar: tricomas osteolados pluricelulares; tejido epidérmico abaxial donde se observan los estomas; células del parénquima en

empalizada y esponjoso; células con contenido lipofílico; tejido epidérmico adaxial; elementos de los vasos con engrosamiento helicoidal, anular y algunas pocas reticuladas; ambos con placa de perforación simple; tricomas glandulares; cristales de oxalato de calcio simples en forma cúbica y rómbica; y muy escasas fibroesclereidas.

8.2.5.2. Raíz. En el disociado de raíz se puede observar: células rectangulares de parénquima axial; células cúbicas a rectangulares de parénquima cortical con cantidades escasas de células con contenido lipofílico y gránulos de almidón; abundantes macroesclereidas bastante largas y braquiesclereidas en menor cantidad; células del súber, compuesta por células cuadradas a rectangulares con márgenes ondulado-sinuado; células felodérmicas; y elementos de los vasos con engrosamiento escalariforme y algunas pocas punteadas; ambas con placa de perforación simple, $113.3-267.8$ (174.0 ± 56.6) μm de largo y $30.9-82.4$ (55.1 ± 16.1) μm de ancho (Fig. 7).

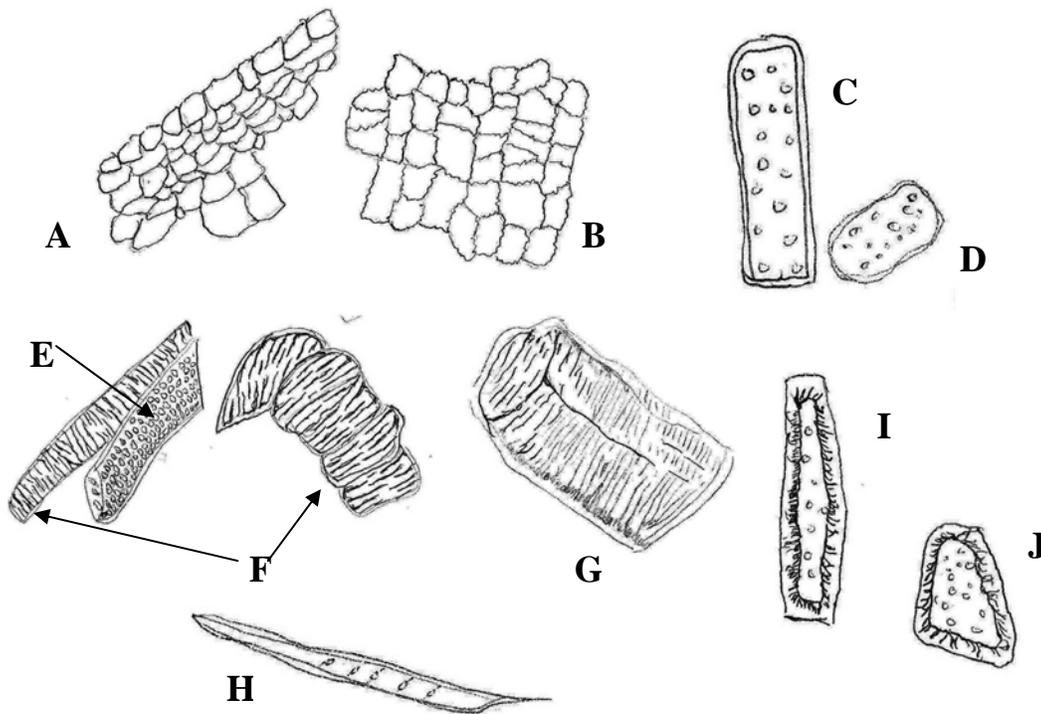


Fig. 7. Disociado de raíz de *P. auritum* HBK. A y B. Tejido peridérmico; C. Parénquima axial; D. Parénquima cortical; E. Vaso punteado con placa de perforación simple; F y G. Vaso escalariforme con placa de perforación simple; H. Fibrotraqueidas; I. Macroesclereida; J. Braquiesclereidas. Fuente: datos experimentales.

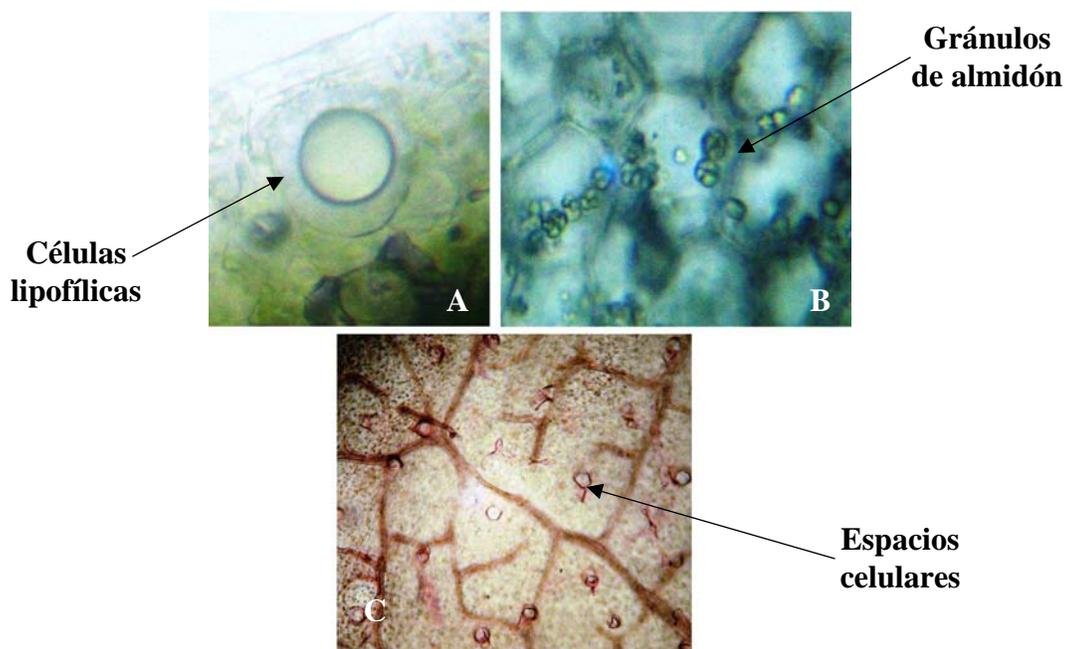


Fig. 8. *P. auritum* HBK. A. Células lipofílicas encontradas en limbo y pecíolo; B. Gránulos de almidón en parénquima cortical de raíz; C. Vista superficial del limbo en cara abaxial.

8.3. *P. hispidum*

8.3.1. Datos de campo.

Coordenadas geográficas: 14°33'05.5'' N 091°27'58.8'' O

Altura: 471 msnm

No. Voucher: CFEH 1071

8.3.2. Análisis macroscópico.

Aspecto general: Hojas fragmentadas.

Consistencia: Hojas flexibles.

Color: Región del haz verde oscuro y poco lustroso. Región del envés verde claro a verde blancuzco y opaco.

Olor: Principalmente un olor muy fuerte a cítrico.

Sabor: Astringente.

Superficie de la lámina: Haz bastante áspero al tacto, escasamente bulado, con un escaso indumento hirsuto en toda la superficie, abundantemente pelucido-punctado. En la región de la vena central hay un indumento pubescente compuesto de tricomas largos y

recurvados. Venas impresas a escasamente sobresalientes; principalmente en la vena central.

Envés liso a escasamente áspero al tacto, pobremente pelúcido-punctado, presenta abundantes tricomas estrigosos muy adpresos en las venas, pero más en la vena central y en menor densidad en venas inferiores. Entre las venas, también se observa un indumento hirsuto, como en los descritos para el haz. Venas sobresalen en envés y en esta región tienen una coloración rojiza. Margen entero y glabrescente, donde se observan poco indumento estrigoso.

Pecíolo muy piloso, liso, no alado y cilíndrico

Tamaño de la partícula o fragmento: 6.5-10.6 (9.8 ± 1.0) mm de largo y 3-9.5 (6.7 ± 1.8) mm de ancho.

8.3.3. Cortes transversales de hoja, pecíolo y raíz.

8.3.3.1. Hoja en vista lateral. La epidermis adaxial uniestratificada está conformada por células cúbicas y rectangulares con márgenes levemente ondulados, y con una cutícula gruesa y lisa. La epidermis abaxial uniestratificada está constituida por células cúbicas y rectangulares menos anchas que las de la parte adaxial, los márgenes son rectilíneos a levemente onduladas y la cutícula es casi del mismo grosor que la región adaxial. La capa subepidérmica de la cara adaxial está más desarrollada en la parte superior de la lámina, la cual posee una capa uniestratificada de células cúbicas muy anchas. En la cara abaxial, la capa subepidérmica es uniestratificada y está formada por células muy delgadas. La región que envuelve a la vena central únicamente posee un solo estrato subepidérmico en ambos lados (Fig. 9C). La epidermis que envuelve a la vena media tiene un aspecto conspicuamente ondulado y las células son más pequeñas que en el resto de la lámina. En el corte transversal se observan tricomas tectores pluricelulares, unicelulares y tricomas glandulares (Fig. 9A y 9C).

El mesófilo es dorsiventral y bifacial, donde se observa un parénquima en empalizada uniestratificado de células alargadas, levemente sigmoides a rectilíneas. El parénquima esponjoso está formado por células isodiamétricas de 1-2 capas de disposición espacial levemente desordenada pero con pocos espacios intercelulares (Fig. 9C). En la región de la vena central hay una capa de colénquima angular muy poco desarrollado tanto

en la región adaxial como en la abaxial. En la región de la vena central, en la parte adaxial de la lámina, se observa una protuberancia muy leve a plana, e incluso cóncavo (se observa una leve depresión) (Fig. 9A).

El haz vascular es del tipo colateral, el cual está cubierto por una capa esclerenquimática discontinua y bastante delgada (Fig. 9A).

En corte transversal se observan escasos cristales del tipo rafidios en el parénquima que envuelve a la vena central (Fig. 9A). Además, se observan escasas células de contenido lipofílico, que contienen una sustancia de color amarillo claro, en el parénquima que envuelve a la vena central, y muy escasos en el mesófilo e hipodermis (Fig. 9A, 9C y 12A).

8.3.3.2. Pecíolo en vista lateral. En la región cercana a la base de la lámina, tiene una forma elipsoide con ondulaciones muy pronunciadas en la superficie y con una proyección larga en un lado. Desde la región media hasta la base del pecíolo, éste tiene una forma más o menos circular y con ondulaciones también muy pronunciadas. La epidermis uniestratificada está conformada por células cúbicas, posee una capa muy delgada de cutícula y se observan 3 tipos de tricoma: tector pluricelular corto, el cual es recto, de base ancha, forma cónica, ápice agudo, 2-3 (2) segmentado y de 56.3-102.4 (67.1 ± 19.8) μm de largo; tector pluricelular largo, el cual es recto, ápice agudo, 5-8 (7) segmentos y de 105.4-278.3 (179.4 ± 56.3) μm de largo; y tector pluricelular largo, los cuales tienen un ápice agudo, están adpresos a la lámina, poseen 5-7 (6) segmentos y tienen una longitud de 153.6-288.4 (215.9 ± 42.9) μm . Debajo de la epidermis hay una capa subepidérmica uniestratificada muy delgada. Los haces colaterales están organizados de forma concéntrica y la vaina esclerenquimática es muy irregular y delgada o no está presente. En el parénquima fundamental se observan capas discontinuas de colénquima angular. Abundantes cristales en forma de rafidios, y escasas células de contenido lipofílico son observados en el parénquima fundamental (Fig. 9B). El pecíolo también posee una capa de parénquima clorofiliano cerca de la hipodermis.

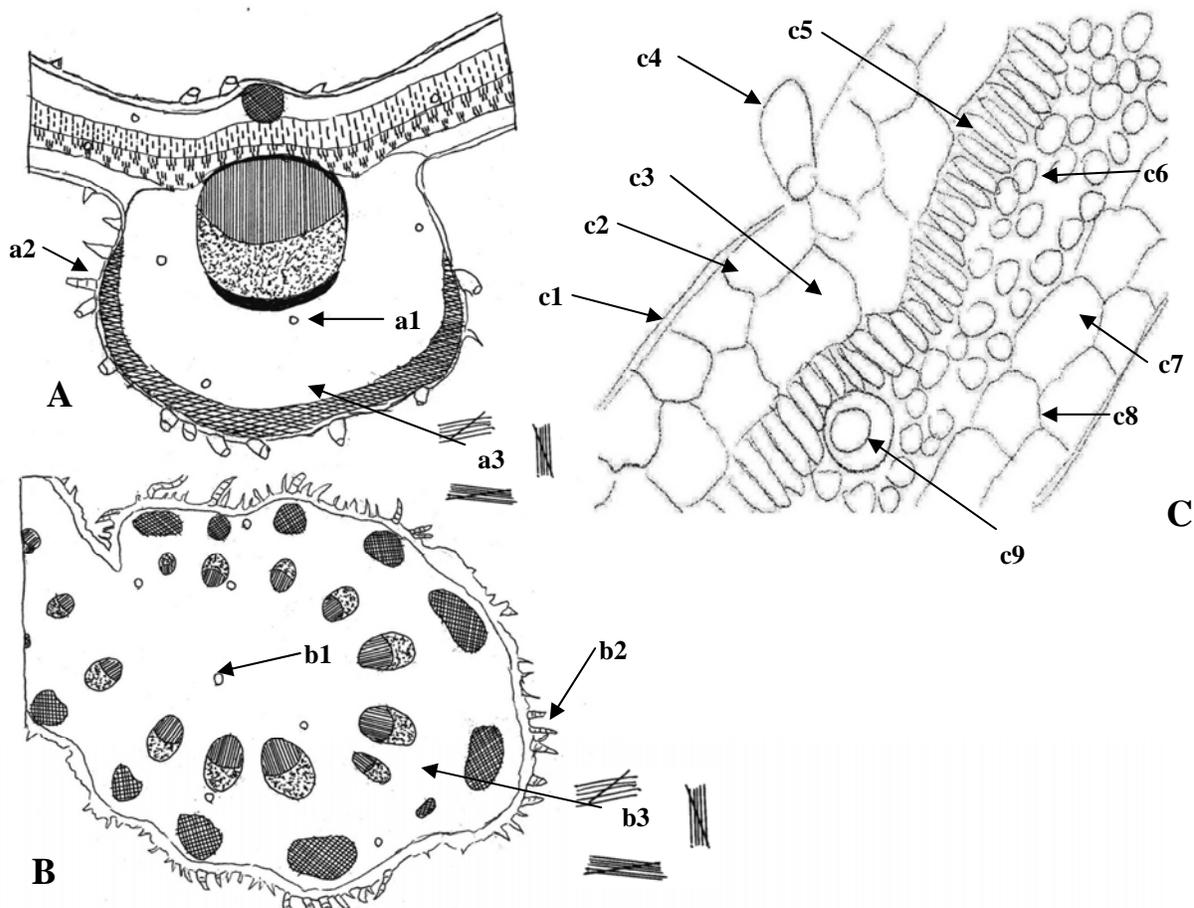


Fig. 9. *P. hispidum* Swartz. A. Corte transversal de la vena central de la lámina (a1: célula lipofílica, a2: tricoma, a3: cristales en forma de Rafídios); B. Corte transversal de peciolo (b1: célula lipofílica, b2: tricoma, b3: cristales en forma de Rafídios); C. Corte transversal de lámina (c1: cutícula; c2: epidermis adaxial; c3: capa subepidérmica adaxial; c4: tricoma glandular; c5: parénquima en empalizada; c6: parénquima esponjoso; c7: capa subepidérmica abaxial; c8: epidermis abaxial; c9: célula lipofílica). Para un mayor detalle de A y B ver Anexo 2 página 128. Fuente: datos experimentales.

8.3.3.3. Raíz en vista lateral. Poliarca de crecimiento secundario con suber y felodermis muy delgados. En la parte más externa del parénquima cortical se encuentran grupos de esclereidas de 3-6, las cuales forman una línea concéntrica discontinua. Abundantes células de contenido lipofílico se observan en el parénquima cortical y escasos a ninguno en el radio parenquimático. Hay abundantes gránulos de almidón en el parénquima cortical y en el radio parenquimático (Fig. 12B). Los radios parenquimáticos son largos y se van ensanchando de forma centrífuga. Las placas traqueales o medulares irradian desde el

centro. El xilema secundario también es muy evidente, con elementos conductores grandes y gran cantidad de células esclerenquimáticas. No se observan cristales.

8.3.4. Diafanizado de hoja.

8.3.4.1. Arquitectura foliar. Hojas de venación pinnada, formada por 4-5 pares de nervios secundarios que nacen de una vena central. La vena central es prominente en toda su extensión, angostándose hacia el ápice. Las venas secundarias se disponen de forma alterna; aunque hay algunas hojas donde se observa que las venas secundarias más internas, son opuestas una con respecto a la otra. Estas venas secundarias gradualmente se van arqueando hacia el ápice. Sólo el par más interno de venas secundarias llega hasta el ápice. De las venas secundarias irradian venas terciarias perpendiculares a éstas. Las venas terciarias se subdividen en venas cuaternarias (en algunos casos hasta una quinta), que forman areolas pentagonales y algunas tetragonales (cuadradas y rectangulares), con vénulas que se ramifican unas 3 veces.

El tipo de venación de la lámina, basado en el modelo de Hickey (1973), es camptódromo-broquidódromo.

8.3.4.2. Superficie foliar. La lámina foliar es hipoestomática. En vista superficial las células de la epidermis adaxial son poligonales y algunas isodiamétricas; el contorno es rectilíneo a levemente ondulado (Fig. 10A y 10 E). Cerca de la vena central, las células son poligonales alargadas. La epidermis adaxial posee tres tipos de tricoma: tector pluricelular corto, el cual es recto, base ancha, forma cónica, ápice agudo, 2-3 (2) segmentado y de 56.3-102.4 (67.1 ± 19.8) μm de largo; tector pluricelular largo, el cual es recto, ápice agudo, 5-8 (7) segmentos y de 105.4-278.3 (179.4 ± 56.3) μm de largo; y tricomas glandulares de 25.6-30.72 (28.4 ± 1.9) μm de largo, los cuales presentan un pedúnculo y una porción secretora unicelular de forma ovoide, insertas entre células epidérmicas dispuestas en roseta cuyo número varía de 5-6 (Fig. 10A, 10B y 10C). El tricoma tector pluricelular largo está presente únicamente en la vena central cerca de la base. Los tricomas tectores pluricelulares cortos y unicelulares cortos están presentes en toda la superficie, principalmente entre las venas; ya que en éstas son muy escasos. Los tricomas glandulares están presentes en toda la superficie de la lámina. En el margen no se observaron los tricomas descritos anteriormente. Los tricomas tectores pluricelulares cortos están rodeados por unas 2-4

células epidérmicas de pared gruesa que se tiñen de rojo con Safranina; es por eso que en la cara adaxial y abaxial se observan abundantes puntos (Fig. 12C y 12D).

La epidermis abaxial posee estomas tetracíticos y muy pocos anisocíticos. Las células epidérmicas, en vista superficial, tienen diversidad de formas y tamaños con contornos muy ondulados (Fig. 10D). En la cara abaxial también se observan tricomas tectores pluricelulares cortos y tricomas glandulares. Además, se observan tricomas tectores pluricelulares largos, que son adpresos a la lámina, ápice agudo, 5-7 (6) segmentado y de 153.6-288.4 (215.9 ± 42.9) μm de largo (Fig. 10F). Los tricomas tectores pluricelulares largos y adpresos están presentes únicamente en las venas, principalmente la vena central, y escasamente en el margen. Los otros dos tricomas tectores y los glandulares están presentes en toda la superficie de la lámina, excepto en el margen.

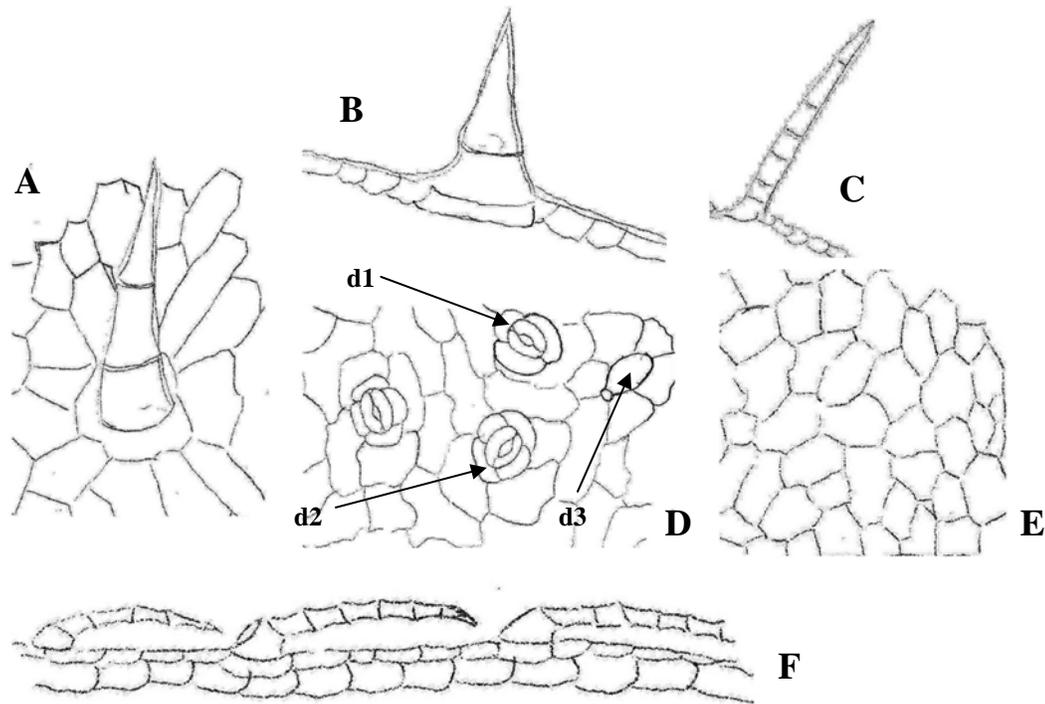


Fig. 10. *P. hispidum* Swartz. A y B. Tricomas tectores pluricelulares cortos y rectos; C. Tricoma tector pluricelular largo y recto; D. Vista frontal de la epidermis abaxial (d1: estoma anisocítico; d2: estoma tetracítico; d3: tricoma glandular); E. Vista frontal de la epidermis adaxial; F. Tricomas tectores pluricelulares largos y adpresos. Fuente: datos experimentales.

8.3.5. Disociado de hoja y raíz.

8.3.5.1. Hoja. En el disociado de hoja se puede observar: los diferentes tricomas descritos para la lámina; tejido epidérmico abaxial donde se observan los estomas; células del parénquima en empalizada y esponjoso; células con contenido lipofílico; tejido epidérmico adaxial; elementos de los vasos con engrosamiento helicoidal y anular; ambos con placa de perforación simple; y muy escasas fibroesclereidas.

8.3.5.2. Raíz. En el disociado de raíz se puede observar: células rectangulares de parénquima axial; células cúbicas a rectangulares de parénquima cortical con abundantes cantidades de células con contenido lipofílico y abundantes gránulos de almidón; abundantes fibrotraqueidas y abundantes esclereidas filiformes; células del súber, compuesta por células cuadradas a rectangulares con márgenes ondulado-sinuado; células felodérmicas; y elementos de los vasos con engrosamiento escalariforme, algunas pocas punteadas y helicoidales; ambas con placa de perforación simple, 185.4-339.9 (245.9 ± 47.1) μm de largo y 23.0-51.5 (32.6 ± 9.2) μm de ancho (Fig. 11).

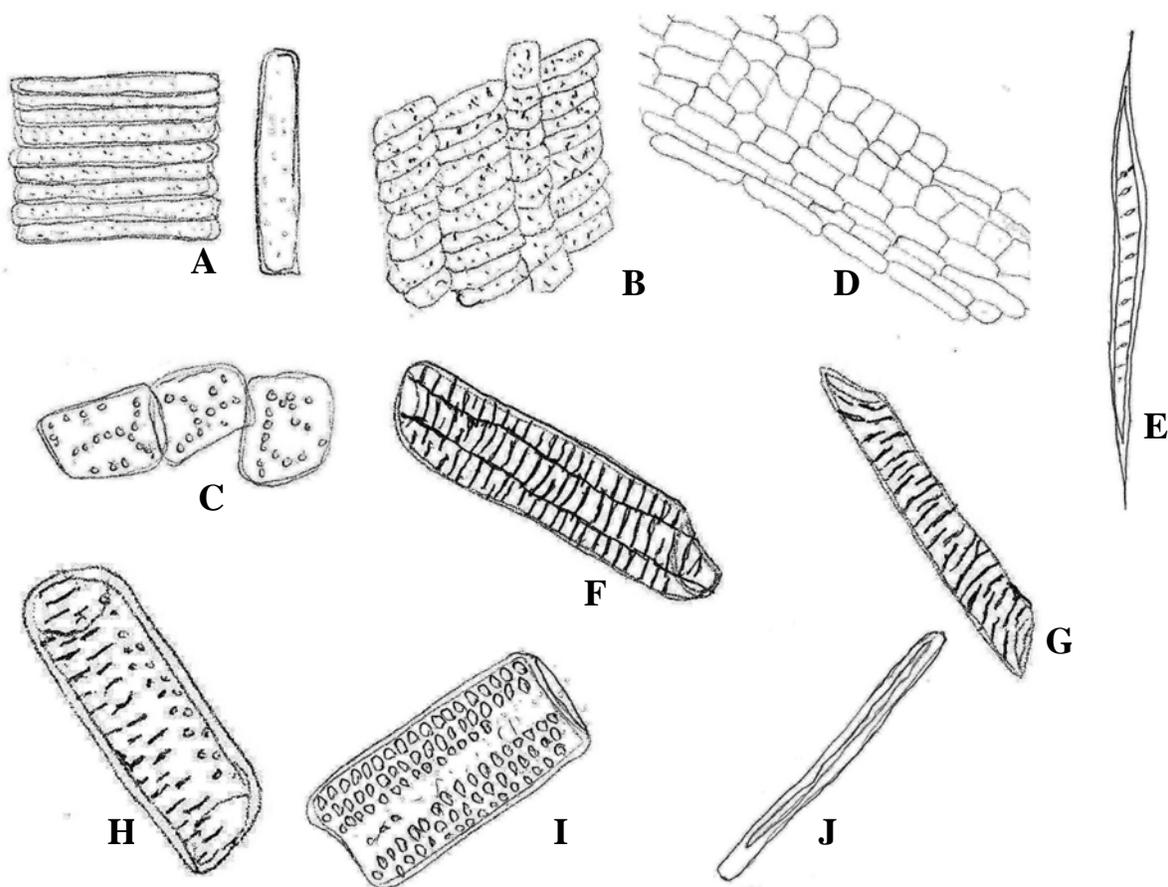


Fig. 11. Disociado de raíz de *P. hispidum* Swartz. A y B. Parénquima axial; C. Parénquima cortical; D. Tejido peridérmico; E. Fibrotraqueida; F, G y H. Vasos escalariformes con placa de perforación simple; I. Vaso punteado con placa de perforación simple; J. Esclereida filiforme. Fuente: datos experimentales.

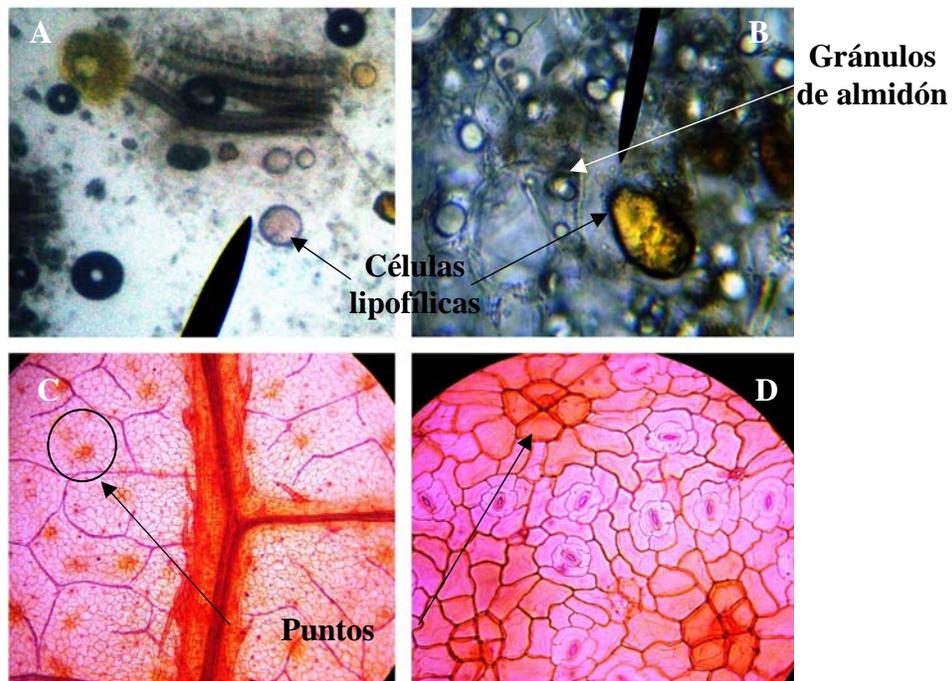


Fig. 12. *P. hispidum* Swartz. A. Células lipofílicas encontradas en limbo y peciolo; B. Gránulos de almidón en parénquima cortical de raíz; C y D. Puntuaciones producidas por los grupos celulares de paredes gruesas; que rodean a los tricomas tectores cortos.

8.4. *P. jacquemontianum*

8.4.1. Datos de campo.

Coordenadas geográficas: 14°33'05.4'' N 091°27'57.2'' O

Altura: 462 msnm

No. Voucher: CFEH 1069

8.4.2. Análisis macroscópico.

Aspecto general: Hojas fragmentadas.

Consistencia: Hojas coriáceas.

Color: Región del haz verde oscuro a verde claro y muy lustroso. Región del envés verde claro a verde grisáceo y muy lustroso.

Olor: Cítrico muy fuerte, parecido al de la hoja de limón. Levemente dulce al desmenuzar la hoja con los dedos.

Sabor: Levemente astringente.

Superficie de la lámina: Haz liso a levemente bulado, muy poco pelucido-punctado. Glabro entre las venas y escaso indumento pubescente, en la región de la vena central cerca de la base. Venas impresas en el haz.

Envés liso, con un abundante indumento estrigoso en la región de la vena central y en menor cantidad en el resto de las venas. Presencia de glándulas o espacios, en donde se observa una sustancia oleosa de color amarillo-naranja. Venas blanquecinas sobresalen en envés. Margen entero y glabro.

Pecíolo estriado, algo rugoso, levemente piloso y cilíndrico

Tamaño de la partícula o fragmento: 7.0-10.9 (9.6 ± 1.2) mm de largo y 3-9.8 (6.8 ± 1.2) mm de ancho.

8.4.3. Cortes transversales de hoja, pecíolo y raíz.

8.4.3.1. Hoja en vista lateral. La epidermis adaxial uniestratificada está conformada por células cúbicas y muy pocas rectangulares con márgenes rectilíneos, con una cutícula gruesa y lisa. La epidermis abaxial uniestratificada está constituida por células cúbicas de ancho menor a las de la parte adaxial, los márgenes son rectilíneos a levemente ondulados y la cutícula es casi del mismo grosor que la región adaxial. La capa subepidérmica es uniestratificada en ambos lados de la lámina, compuesta por células cúbicas, más grandes en la adaxial que en la abaxial (Fig. 13C). La epidermis que envuelve a la vena media tiene un aspecto conspicuamente ondulado y las células son más pequeñas que en el resto de la lámina.

En el corte transversal se observan dos tipos de tricomas: tectores pluricelulares que son cortos, rectos, base ancha, forma cónica y de ápice agudo; y tectores pluricelulares que son, largos, rectos y de ápice agudo (Fig. 13A).

El mesófilo es dorsiventral y bifacial, donde se observa un parénquima en empalizada uniestratificado de células largas, delgadas rectilíneas a escasamente onduladas. El parénquima esponjoso está formado por células isodiamétricas de 1-2 capas de disposición espacial bastante desarreglada, pero con pocos espacios intercelulares (Fig. 13C). En la región de la vena central, se observa el colénquima angular de 3 capas de grosor en la región adaxial y de 1-2 capas en la abaxial (Fig. 13A).

El haz vascular es del tipo colateral, el cual está cubierto por una capa esclerenquimática discontinua y muy delgada (Fig 13A).

En corte transversal se observan pocos cristales del tipo rafídios en el parénquima que envuelve la vena central (Fig. 13A). Además se observan células de contenido lipofílico, que contienen una sustancia de color amarillo, muy abundantes en el mesófilo, hipodermis, parénquima que envuelve la vena central y floema; aunque son más abundante en el primero (Fig. 13A, 13C y 16A).

8.4.3.2. Pecíolo en vista lateral. En la región cerca de la base de la lámina, tiene una forma circular con una proyección larga en uno de los lados (Fig. 13C). Desde la región media hasta la base del pecíolo la forma es elipsoidal a circular (Fig. 13B). En toda la longitud, el pecíolo es escasamente ondulado en la superficie. La epidermis uniestratificada está conformada por células cúbicas que poseen una capa gruesa de cutícula; además se observa un tipo de tricoma: tector pluricelular que es largo, recto, ápice agudo y levemente curvado, de 4-6 (4) segmentos y de 60.4-103.1 (83.4 ± 14.6) μm de largo. Hay una capa subepidérmica uniestratificada muy delgada. Los haces colaterales están organizados de forma concéntrica. Se observa una vaina esclerenquimática discontinua alrededor de los haces vasculares. En la parte más externa del parénquima fundamental se observan capas discontinuas gruesas de colénquima angular. En el parénquima fundamental se observan abundantes cristales del tipo rafídios, y muy abundantes células de contenido lipofílico que contienen una sustancia de color amarillo. Las células lipofílicas se observan también en la hipodermis (Fig. 13B y 13C). El pecíolo también posee una capa de parénquima clorofiliano cerca de la hipodermis.

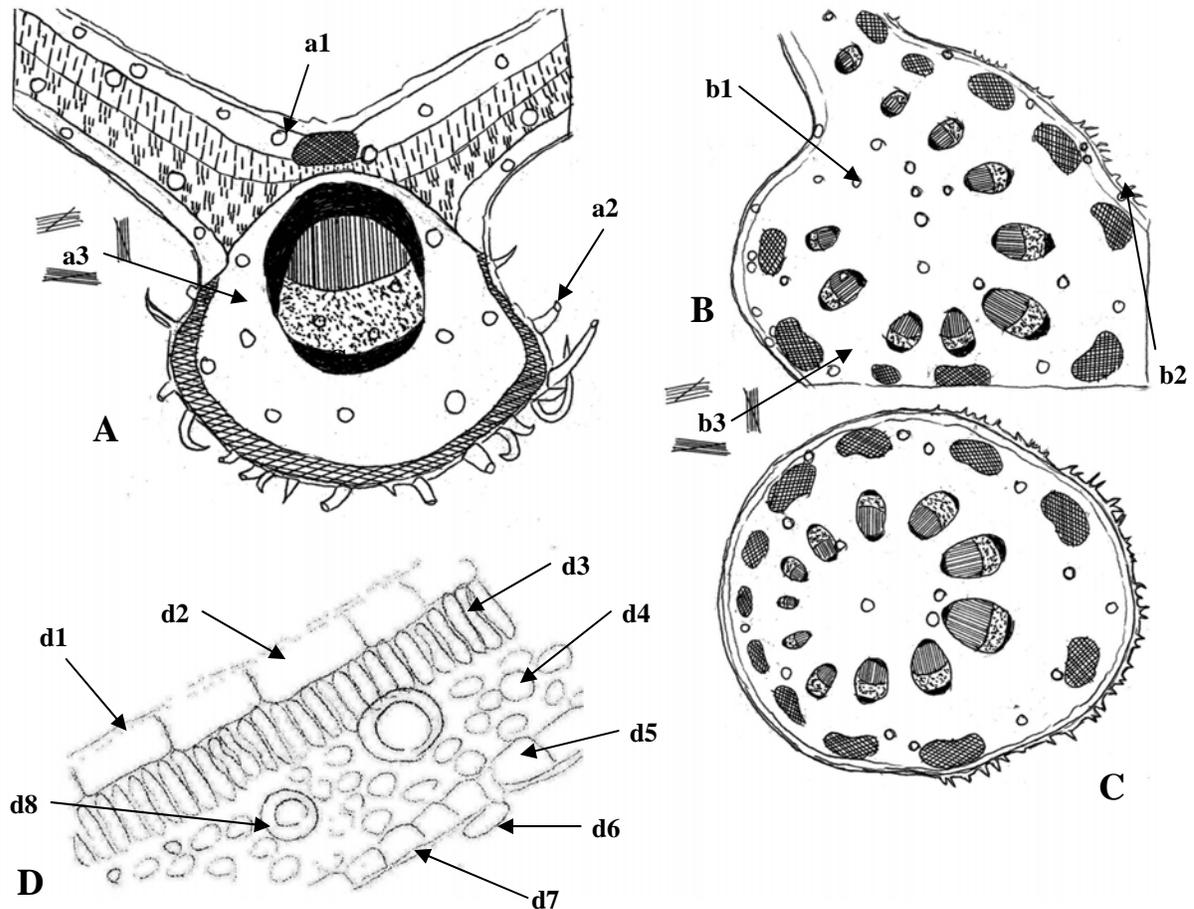


Fig. 13. *P. jacquemontianum* Kunth. A. Corte transversal de la vena central de la lámina (a1: célula lipofílica, a2: tricoma, a3: cristales en forma de Rafidios); B. Corte transversal de peciolo en la región media (b1. célula lipofílica, b2: tricoma, b3: cristales en forma de Rafidios); C. Corte transversal del peciolo cerca de la base de la lámina D. Corte transversal de lámina (c1: cutícula cara adaxial; c2: epidermis adaxial; c3: parénquima en empalizada; c4: parénquima esponjoso; c5: epidermis abaxial; c6: tricoma glandular; c7: cutícula cara abaxial; c8: células lipofílicas). Para un mayor detalle de A, B y C ver Anexo 2 página 128. Fuente: datos experimentales.

8.4.3.3. Raíz en vista lateral. Poliarca de crecimiento secundario con suber y felodermis muy delgada. En el parénquima cortical se observan abundantes células de contenido lipofílico, con una sustancia de color amarillo. Además se observan abundantes gránulos de almidón en el parénquima cortical y en menor cantidad en el radio parenquimático (Fig. 16). Hay una capa esclerenquimática delgada en la región más externa del parénquima cortical. Los radios parenquimáticos son largos y anchos. Las placas traqueales o medulares irradian desde el centro. El xilema secundario también es muy evidente, con elementos

conductores grandes y gran cantidad de células esclerenquimáticas. No se observan cristales.

8.4.4. Diafanizado de hoja.

8.4.4.1. Arquitectura foliar. Hojas de venación pinnada, formada por 3-4 pares de nervios secundarios que nacen de una vena central. Vena central prominente y angostándose hacia el ápice. Las venas secundarias se disponen de forma alterna; aunque hay algunas hojas donde se observa que las venas secundarias más internas, son opuestas una con respecto a la otra. Estas venas secundarias gradualmente se van arqueando hacia el ápice. Sólo el par más interno de venas secundarias llega hasta el ápice. De las venas secundarias irradian venas terciarias perpendiculares a éstas. Las venas terciarias se subdividen en venas cuaternarias (incluso hasta una quinta vez), que forman areolas de variadas formas: tetragonales (cuadradas y rectangulares) y algunas cuantas pentagonales y hexagonales. Estas areolas contienen vénulas que se ramifican unas 3-5 veces.

El tipo de venación de la lámina, basado en el modelo de Hickey (1973), es camptódromo-broquidódromo.

8.4.4.2. Superficie foliar. La lámina foliar es hipoestomática. En vista superficial las células de la epidermis adaxial son poligonales y contorno levemente ondulado (Fig. 14E). Cerca de la vena central, las células son poligonales alargadas y márgenes pronunciadamente rectilíneos (Fig. 14C). En esta región se observan dos tipos de tricoma: tector pluricelular largo, el cual es recto, ápice agudo, 4-6 (4) segmentos y de 60.4-103.1 (83.4 ± 14.6) μm de largo; y tector pluricelular corto, el cual es recto, base ancha, forma cónica, ápice agudo, 2 (2) segmentos y de 24.0-31.0 (26.3 ± 2.81) μm de largo. Estos tricomas están presentes únicamente en la vena central cerca de la base de la lámina (Fig. 14A).

La epidermis abaxial posee estomas tetracíticos. Las células epidérmicas, en vista superficial, tienen diversidad de formas y tamaños con contornos muy ondulados (Fig. 14D). En la epidermis abaxial se observan cuatro tipos de tricoma: tector unicelular corto, el cual es recto, base ancha, forma cónica, ápice agudo y de 23.04-51.2 (35.9 ± 9.2) μm de largo; tector unicelular largo, el cual es adpreso a la lámina, ápice agudo y 71.7-102.4 (76.0 ± 6.1) μm de largo; tector pluricelular corto, el cual es recto, base ancha, forma cónica, ápice agudo, 2 (2) segmentos y de 24.0-31.0 (26.3 ± 2.81) μm de largo; y tricomas

glandulares de 25.6-30.72 (27.9 ± 2.2) μm de largo, los cuales presentan un pedúnculo y una porción secretora unicelular de forma ovoide, insertas entre células epidérmicas dispuestas en roseta cuyo número varía de 5-7 (Fig. 14B, 14C y 14D). Los tricomas tectores unicelulares largos y adpresos están presentes únicamente en las venas, principalmente la vena central; y el resto de tricomas están presentes en toda la superficie de la lámina.

En el diafanizado se logra observar una alta concentración de cristales del tipo Rafídios en la periferia de las venas, pero principalmente en la vena central. En la parte abaxial se observan abundantes puntos o espacios celulares donde se encuentra un líquido de color amarillo-naranja (Fig. 16C).

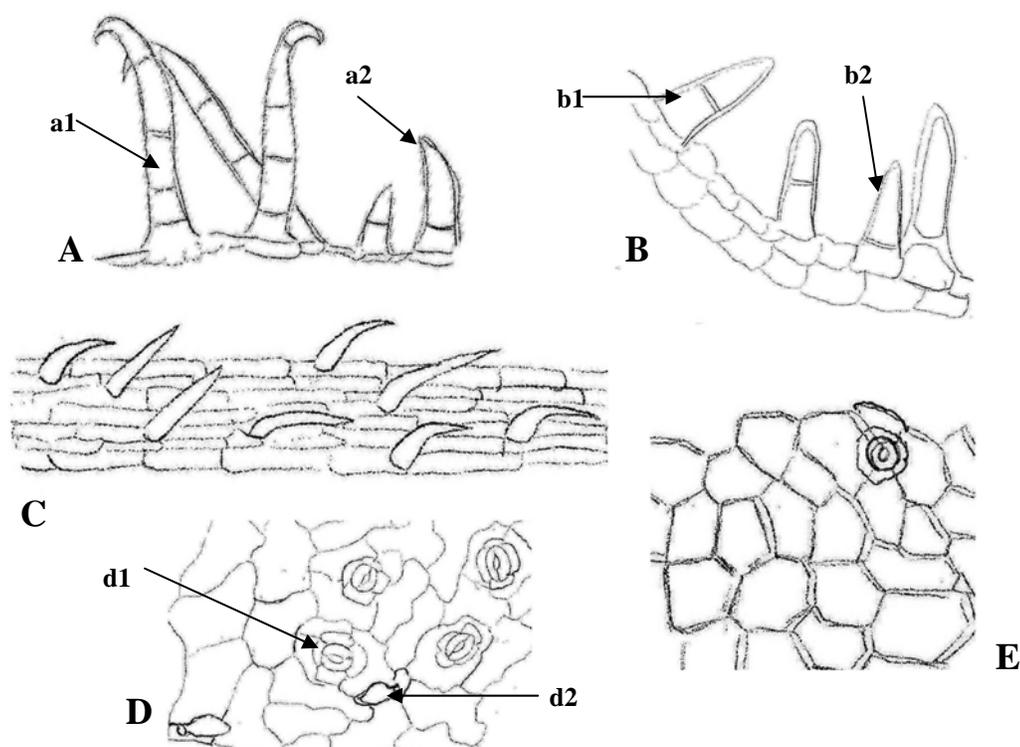


Fig. 14. *P. Jacquemontianum* Kunth. A y B. Tricomas tectores (a1: pluricelulares largos y rectos, a2, b1: pluricelulares cortos, b2: unicelulares cortos) C. Tricomas tectores unicelulares largos y adpresos; D. Vista superficial de la epidermis abaxial (d1: estoma tetracítico; d2: tricoma glandular); E. Vista superficial de la epidermis adaxial;. Fuente: datos experimentales.

8.4.5. Disociado de hoja y raíz.

8.4.5.1. Hoja. En el disociado de hoja se puede observar: epidermis abaxial donde se observan los tricomas descritos en la sección de diafanizado y estomas; células del parénquima en empalizada y esponjoso; c) células con contenido lipofílico; tejido

epidérmico adaxial; elementos de los vasos con engrosamiento helicoidal, anular y algunas pocas escalariformes; ambos con placa de perforación simple; tricomas glandulares; y abundantes fibroesclereidas.

8.4.5.2. Raíz. En el disociado de raíz se puede observar: células rectangulares de parénquima axial; células cúbicas a rectangulares de parénquima cortical con abundantes cantidades de gránulos de almidón y células con un contenido lipofílico de color amarillo; abundantes fibrotraqueidas; macrosclereidas y algunas osteoesclereidas, braquiesclereidas; células del súber, compuesta por células cuadradas a rectangulares con márgenes ondulado-sinuado; células felodérmicas con idioblastos oleíferos; y elementos de los vasos con engrosamiento escalariforme con placa de perforación simple, 123.6-278.1 (203.9 ± 48.8) μm de largo y 10.3-61.8 (44.3 ± 14.6) μm de ancho (Fig. 15).

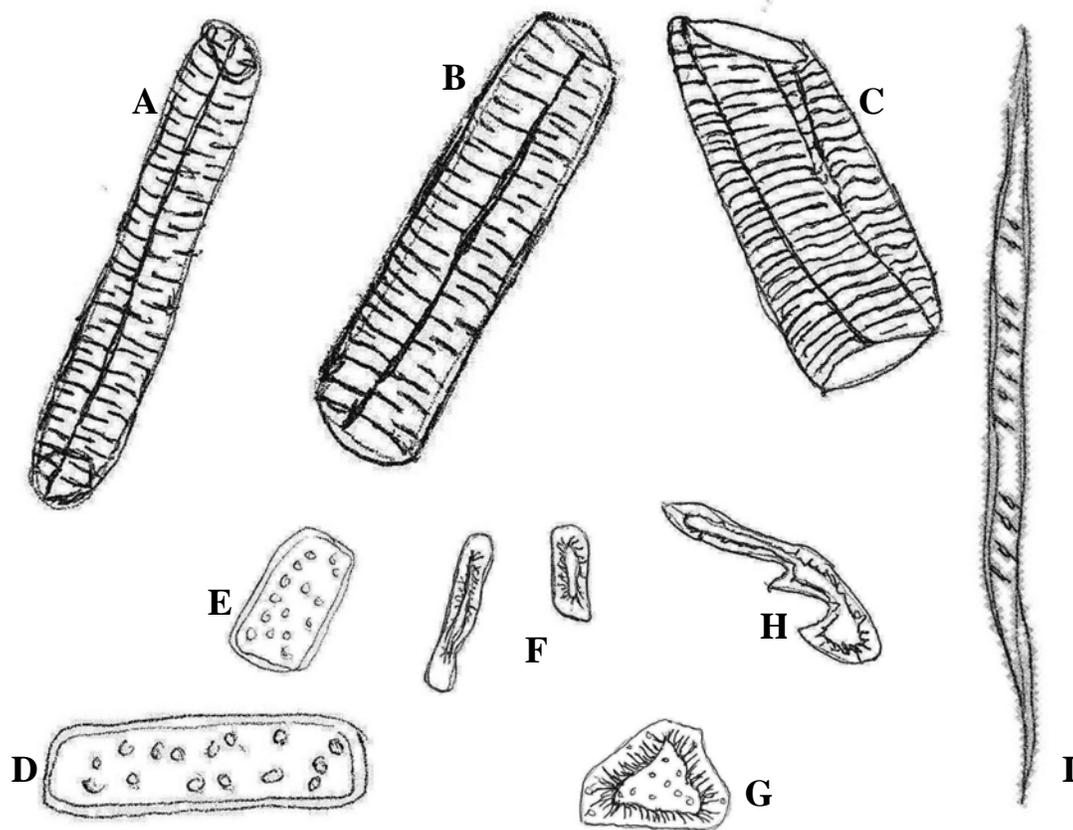


Fig. 15 Disociado de raíz de *P. jacquemontianum* Kunth. A, B y C. Vasos escalariformes con placa de perforación simple; D. Parénquima axial; E. Parénquima cortical; F. Macrosclereidas; G. Braquiesclereidas; H. Osteoesclereidas; I. Fibrotraqueidas. Fuente: datos experimentales.

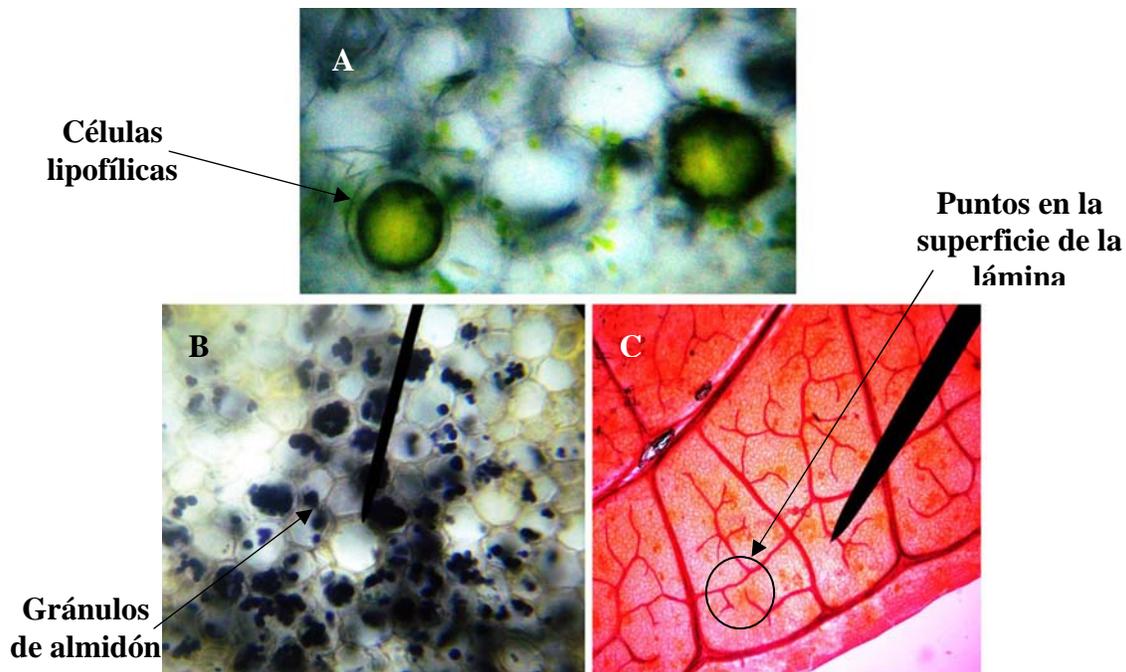


Fig. 16. *P. jacquemontianum* Kunth. A. Células lipofílicas encontradas en limbo y pecíolo; B. Gránulos de almidón en parénquima cortical de raíz; C. Vista superficial del limbo en cara abaxial, donde se observan las puntuaciones teñidas de color rojo.

8.5. *P. oradendron*

8.5.1. Datos de campo.

Coordenadas geográficas: 14°33'05.6'' N 091°27'59.6'' O

Altura: 459 msnm

No. Voucher: CFEH 1075

8.5.2. Análisis macroscópico.

Aspecto general: Hojas fragmentadas.

Consistencia: Hojas membranáceo-flexibles.

Color: Región del haz verde a una tonalidad más clara y escasamente lustroso. Región del envés verde pálido a verde blancuzco y levemente más lustroso que el haz.

Olor: Levemente cítrico.

Sabor: Escasamente salado.

Superficie de la lámina: Haz muy rugoso o bulado, levemente áspero al tacto, levemente o nada pelúcido-punctado. Posee un abundante indumento pubescente. Los tricomas son más abundantes en la vena central, cerca de la base, y en menor cantidad en el resto de la

lámina. Los tricomas son más abundantes en las hojas jóvenes. Algunos tricomas están teñidos de un color pardo. Haz con venas impresas y algo sobresalientes en la vena central cerca de la base de la lámina.

Envés levemente rugoso o bulado, no pelúcido-punctado, se observan unos pequeños orificios donde sale una sustancia oleosa de color café amarillento claro. En las venas y principalmente la vena central hay un indumento estrigoso. En la región de la vena central cerca de la base y en menor abundancia en el resto de la lámina, se observa el indumento descrito para el haz. La vena central tiene una coloración café claro, mientras que en resto de las venas es de color café amarillento claro. Envés con venas sobresalientes. Margen entero y abundantemente estrigoso.

Pecíolo liso, cilíndrico, arrugado cuando seco, sin estriaciones, abundantemente piloso y vaginado casi desde la mitad

Tamaño de la partícula o fragmento: 9.0-13.0 (10.7 ± 1.2) mm de largo y 4.8-10.0 (7.7 ± 1.0) mm de ancho.

8.5.3. Cortes transversales de hoja, pecíolo y raíz.

8.5.3.1. Hoja en vista lateral. La epidermis adaxial uniestratificada está conformada por células cúbicas con márgenes rectilíneos y con una cutícula muy gruesa y lisa. La epidermis abaxial uniestratificada es muy delgada y está constituida por células cúbicas levemente onduladas y la cutícula es de un grosor similar al de la región adaxial. En la región de la vena central, la capa subepidérmica, conformada por células cúbicas, es uniestratificada en la región adaxial y de 1-2 capas en la parte abaxial; en el resto de la lámina se vuelve uniestratificada, e incluso desaparece al acercarse al margen de la lámina (Fig. 17C). La epidermis que envuelve a la vena media tiene un aspecto conspicuamente ondulado y las células son más pequeñas que en el resto de la lámina.

En el corte transversal se observan tricomas, pero no se logra distinguir el o los tipos presentes en esta especie. En la descripción del diafanizado se detalla los tricomas presentes (Fig. 17A).

El mesófilo dorsiventral y bifacial es delgado, donde se observa un parénquima en empalizada uniestratificado de células largas, delgadas rectilíneas a escasamente onduladas. El parénquima esponjoso está formado por células isodiamétricas de 1-2 capas de

disposición levemente irregular (Fig. 17C). En la región de la vena central, se observa el colénquima angular de 5-7 capas de grosor en la región adaxial y de 2-3 capas en la abaxial. (Fig. 17A).

El haz vascular es del tipo colateral. La vaina de esclerénquima que envuelve a la vena central es discontinua, ya que no la envuelve uniformemente (Fig. 17A).

En corte transversal, se observan escasos o ningún cristal del tipo rafídios en el parénquima que envuelve la vena central; aunque en el diafanizado se observó que son abundantes (Fig. 17A). Las células de contenido lipofílico son escasas y están presentes únicamente en el mesófilo (Fig. 17A, 17C y 20A).

8.5.3.2. Pecíolo en vista lateral. En las tres áreas cortadas, se observó una forma casi circular y posee una acanaladura en la región adaxial. La epidermis uniestratificada, con un indumento abundante, está conformada por células cúbicas que poseen una capa gruesa de cutícula. En el pecíolo se observan tricomas tectores pluricelulares que son largos, rectos, ápice agudo, de 5-12 (8) segmentos y de 185.4-463.5 (292.5 ± 96.3) μm de largo. Debajo de la epidermis hay una capa subepidérmica uniestratificada muy delgada. Los haces colaterales están organizados de forma concéntrica. Se observa una vaina esclerenquimática discontinua alrededor de los haces vasculares con las mismas características observadas en la lámina. En el parénquima fundamental se observa una capa discontinua de colénquima angular de 4-5 estratos. En el parénquima fundamental, son mayormente abundantes los cristales del tipo rafídios; en comparación con la lámina. Las células de contenido lipofílico son muy escasas en el parénquima fundamental del pecíolo (Fig. 17B). El pecíolo también posee una capa de parénquima clorofiliano cerca de la hipodermis.

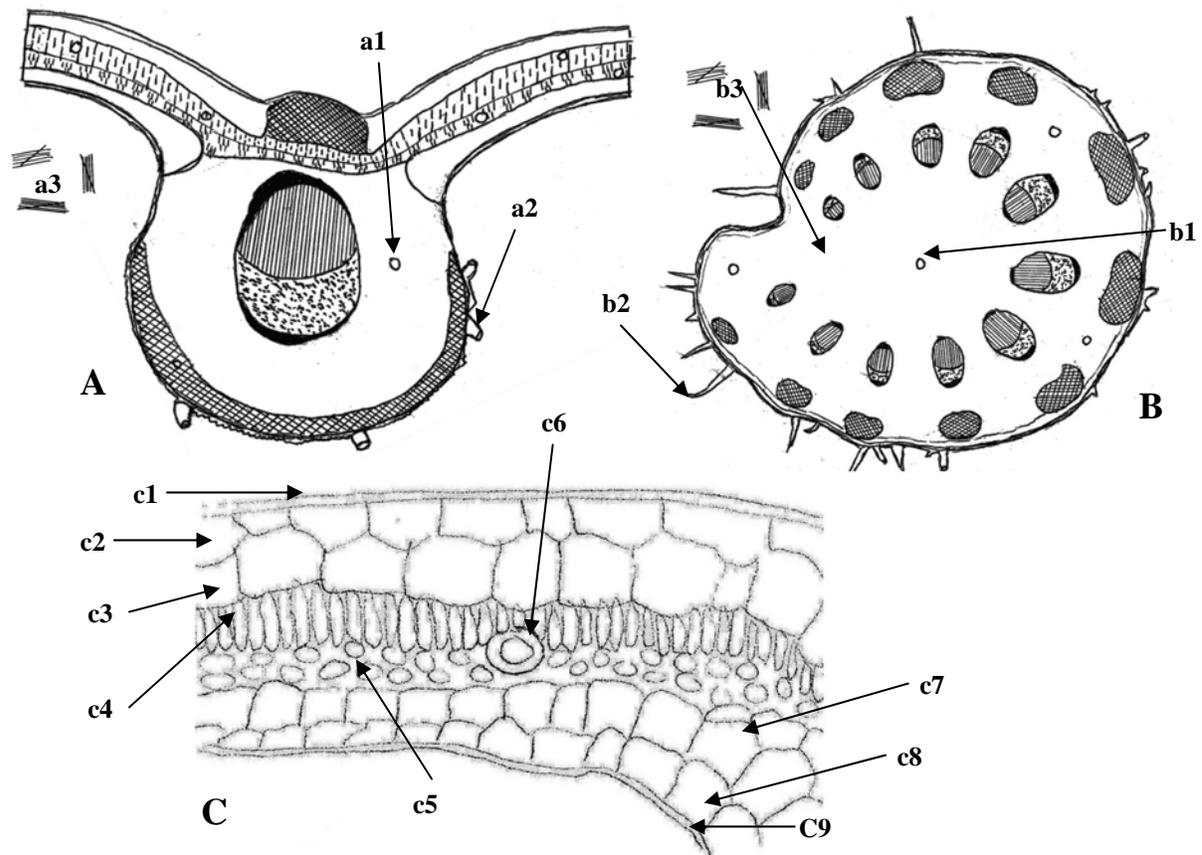


Fig. 17. *P. oradendron* Trel. & Standl. A. Corte transversal de la vena central de la lámina (a1: célula lipofílica, a2: tricoma, a3: cristales en forma de Rafidios); B. Corte transversal del pecíolo (b1: célula lipofílica, b2: tricoma, b3: cristales en forma de Rafidios); C. Corte transversal de la lámina c1: cutícula cara adaxial; c2: epidermis adaxial; c3: capa subepidérmica adaxial; c4: parénquima en empalizada; c5: parénquima esponjoso; c6: célula lipofílica; c7: capa subepidérmica abaxial; c8: epidermis abaxial; c9: cutícula cara abaxial). Para un mayor detalle de A y B ver Anexo 2 página 128. Fuente: datos experimentales.

8.5.3.3. Raíz en vista lateral. Poliarca de crecimiento secundario con suber y felodermis muy delgada. En la raíz se observan células de contenido lipofílico escasas en el parénquima cortical. Además se observan abundantes gránulos de almidón en el parénquima cortical y en menor cantidad en el radio parenquimático (Fig. 20B). En la región más externa del parénquima cortical, se observa una capa muy delgada de células esclerenquimáticas. Los radios parenquimáticos son largos y anchos. Las placas traqueales o medulares irradian desde el centro. El xilema secundario también es muy evidente, con elementos conductores grandes y gran cantidad de células esclerenquimáticas. No se observan cristales.

8.5.4. Diafanizado de hoja.

8.5.4.1. Arquitectura foliar. Hojas de venación pinnada, formada por 3-4 pares de nervios secundarios que nacen de una vena central. Vena central prominente y angostándose hacia el ápice. Las venas secundarias se disponen de forma alterna; aunque hay algunas hojas donde se observa que las venas secundarias más internas son opuestas una con respecto a la otra. Estas venas secundarias se van arqueando gradualmente. Sólo el par más interno de venas secundarias llega hasta el ápice. De las venas secundarias irradian venas terciarias perpendiculares a éstas. Las venas terciarias se subdividen en venas cuaternarias, que forman areolas pentagonales con vénulas que se ramifican unas 3-4 veces.

El tipo de venación de la lámina, basado en el modelo de Hickey (1973), es camptódromo-broquidódromo.

8.5.4.2. Superficie foliar. La lámina foliar es hipoestomática. En vista superficial las células de la epidermis adaxial son poligonales y de contorno rectilíneo a levemente ondulado (Fig. 18F). Cerca de la vena central, las células son poligonales alargadas y márgenes pronunciadamente rectilíneos (Fig. 18B). En la epidermis adaxial se observan tres tipos de tricomas: tector pluricelular largo, el cual es recto, ápice agudo, 5-12 (8) segmentos y de 185.4-463.5 (292.5 ± 96.3) μm de largo; tector pluricelular corto, el cual es recto, base ancha, forma cónica, ápice agudo, 2-3 (2) segmentado y de 56.3-113.3 (69.0 ± 21.6) μm de largo; y tector unicelular corto, el cual es recto, base ancha, forma cónica, ápice agudo y de 24.4-51.3 (36.4 ± 10.4) μm de largo (Fig. 18A, 18C y 18D). Los tres tipos de tricomas son observados en toda la superficie de la lámina. La lámina en estado juvenil, posee una mayor abundancia de los tricomas tectores pluricelulares largos y rectos; ya que en estado adulto disminuye su cantidad y son observados más abundantemente en la vena central cerca de la base de la lámina.

La epidermis abaxial posee estomas tetracíticos. Las células epidérmicas, en vista superficial, tienen diversidad de formas y tamaños con contornos ondulados (Fig. 18E). En la epidermis abaxial se observan los tres tipos observados en la región adaxial y otros dos más los cuales son: tector pluricelular largo, el cual es adpreso, ápice agudo, 5-9 (8) segmentos y de 181.2-401.73 (277.2 ± 85.8) μm de largo; y tricoma glandular de 25.6-30.72 (27.9 ± 1.9) μm de largo, los cuales presentan un pedúnculo y una porción secretora

unicelular de forma ovoide, insertas entre células epidérmicas dispuestas en roseta cuyo número varía de 5-7 (Fig. 18B y 18E). Los tricomas pluricelulares largos y rectos están presentes de manera muy escasa entre las venas y es más abundante en la vena central cerca de la base de la lámina. Los tricomas pluricelulares largos y adpresos están presentes en las venas, principalmente en la vena central y el margen. El resto de tricomas están presentes en toda la superficie de la lámina.

En el diafanizado se observa una alta concentración de cristales de oxalato de calcio del tipo rafidios en la periferia de las venas, pero principalmente en la vena central. En la región abaxial se observan espacios celulares donde se observa una sustancia de color café amarillento claro; esto es provocado por la ruptura de los tricomas glandulares presentes en esta región (Fig. 20C). En el margen de la lámina se observan abundantes tricomas tectores del tipo observado en la nervadura de la región abaxial.

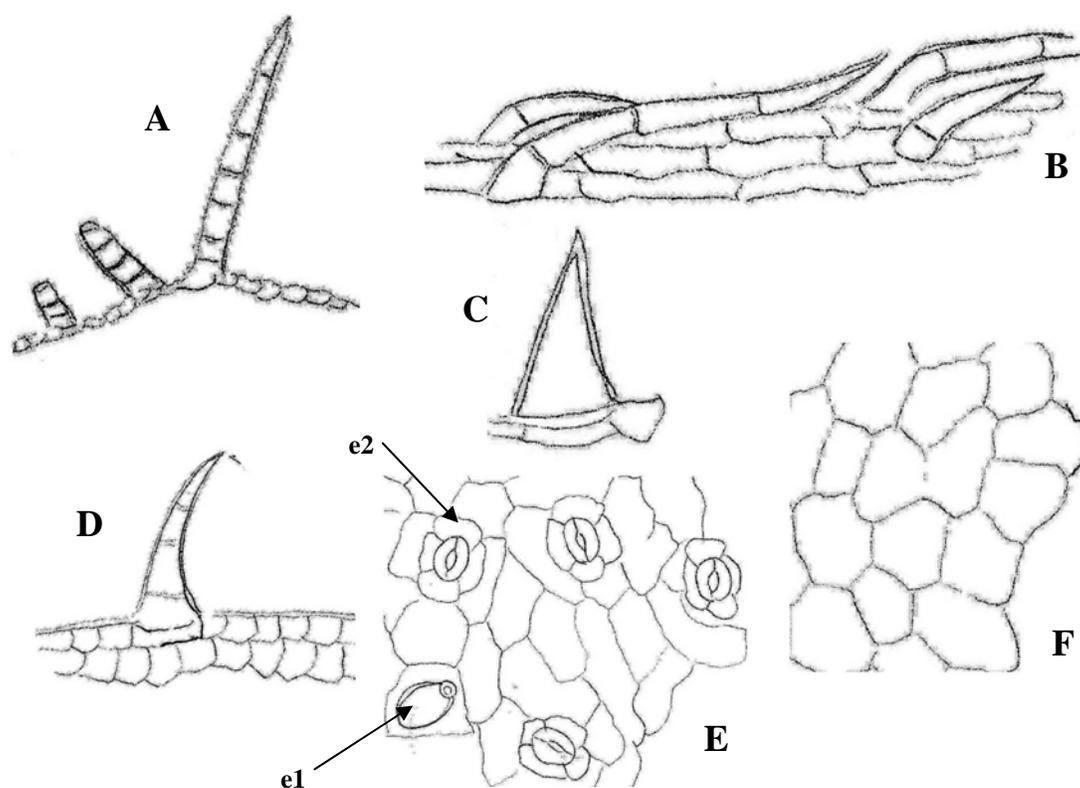


Fig. 18. *P. oradendron* Trel. & Standl. A. Tricomas tectores pluricelulares largos y rectos; B. Tricomas tectores pluricelulares largos y adpresos; C. Tricoma tector unicelular corto; D. Tricoma tector pluricelular corto; E: Vista superficial de la epidermis abaxial (e1: tricoma glandular; e2: estoma tetracítico); F. Vista superficial de la epidermis adaxial. Fuente: datos experimentales.

8.5.5. Disociado de hoja y raíz.

8.5.5.1. Hoja. En el disociado de hoja se puede observar: los tricomas descritos en la sección de diafanizado; tejido epidérmico abaxial donde se observan los estomas y los tricomas glandulares; células del parénquima en empalizada y esponjoso; células con contenido lipofílico; tejido epidérmico adaxial; cristales de oxalato de calcio en forma de rafidios; elementos de los vasos con engrosamiento helicoidal y anular; ambos con placa de perforación simple; y muy escasas fibroesclereidas.

8.5.5.2. Raíz. En el disociado de raíz se puede observar: células rectangulares de parénquima axial; células cúbicas a rectangulares de parénquima cortical con escasas cantidades de células con contenido lipofílico y abundantes cantidades de gránulos de almidón; abundantes fibrotraqueidas; células del súber, compuesta por células cuadradas a rectangulares con márgenes ondulado-sinuado; células felodérmicas; elementos de los vasos con engrosamiento escalariforme con placa de perforación simple, 164.8-360.5 (254.1 ± 51.6) μm de largo y 30.9-92.7 (61.8 ± 16.1) μm de ancho; y braquiesclereidas y muy pocas macrosclereidas (Fig. 19).

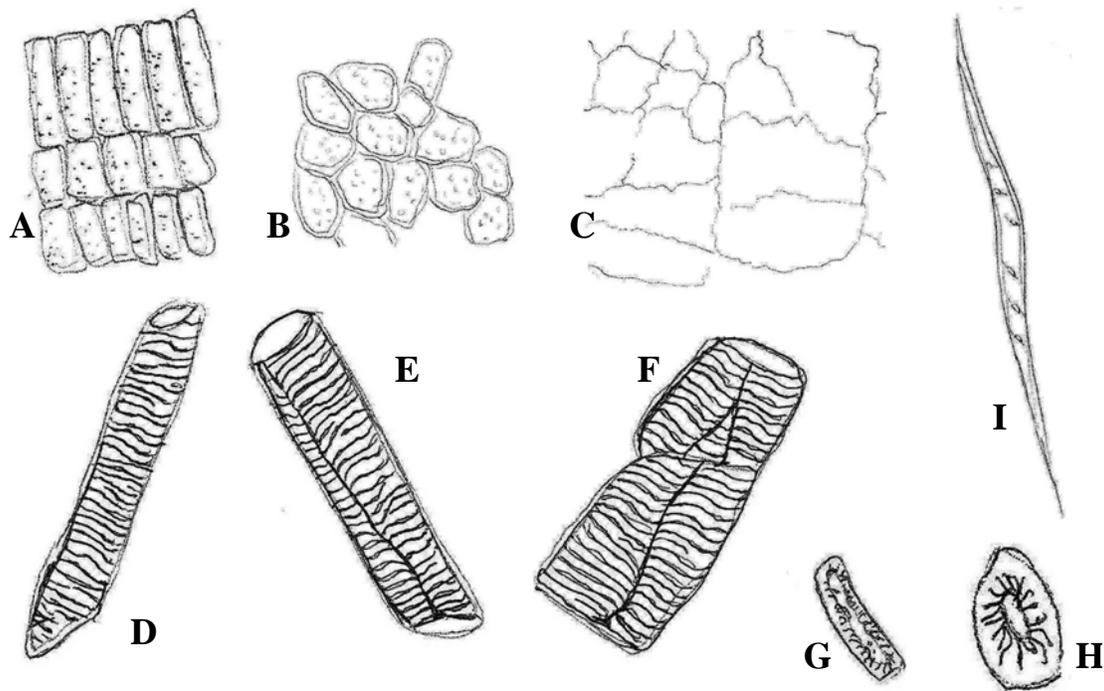


Fig. 19. Disociado de raíz de *P. oradendron* Trel. & Standl. A. Parénquima axial; B. Parénquima cortical; C. Tejido peridérmico; D, E y F. Vasos escalariformes con placa de perforación simple; G. Macroesclereida; H. Braquiesclereida; I. Fibrotraqueida. Fuente: datos experimentales.

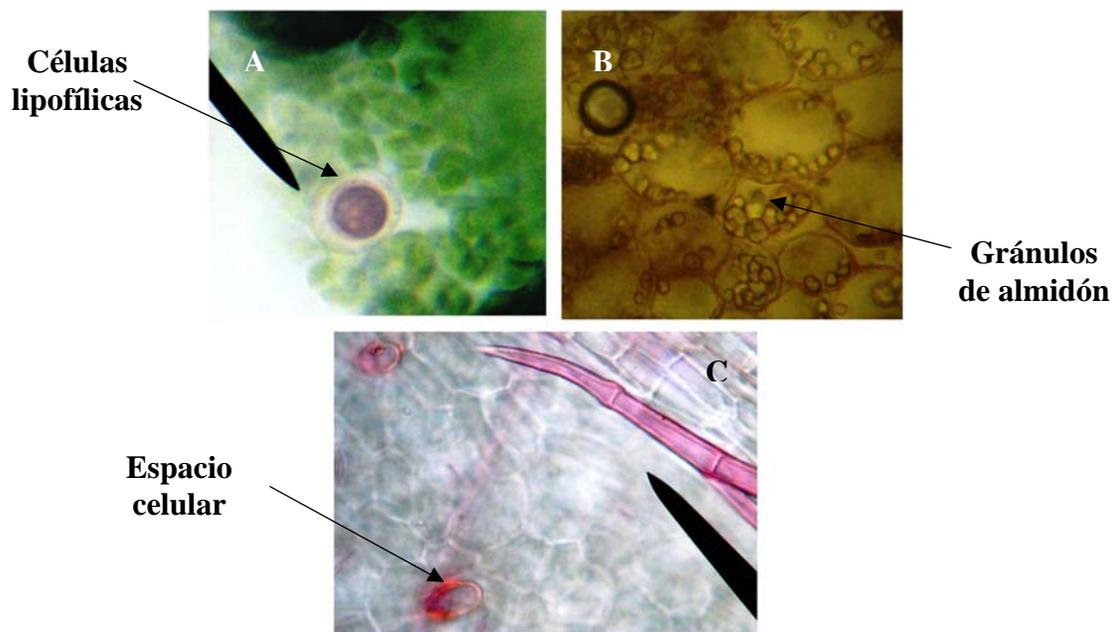


Fig. 20. *P. oradendron* Trel. & Standl. A. Células lipofílicas encontradas en limbo y pecíolo; B. Gránulos de almidón en parénquima cortical de raíz; C. Vista superficial del limbo en cara abaxial, donde se observan las puntuaciones teñidas de color rojo.

8.6. *P. patulum*

8.6.1. Datos de campo.

Coordenadas geográficas: 14°33'05.8'' N 091°27'58.9'' O

Altura: 461msnm

No. Voucher: CFEH 1074

8.6.2. Análisis macroscópico.

Aspecto general: Hojas fragmentadas.

Consistencia: Hojas membranáceas.

Color: Región del haz verde a verde oscuro o café verdoso y levemente lustroso. Región del envés verde grisáceo pálido y lustroso.

Olor: Anisado y con un olor leve a menta.

Sabor: Levemente amargo y algo salado.

Superficie de la lámina: Haz levemente rugoso o bulado a liso, escasamente pelúcido-punctado. Presencia de un escaso indumento corto pubescente, en las regiones entre las venas y ninguno en las venas. Hojas jóvenes con mayor abundancia de tricomas. Venas impresas. La vena central pobremente sobresale cerca de la base de la hoja.

Envés liso, glabro, no pelúcido-punctado. En el envés se observa abundantes espacios secretores, donde se observa un líquido de color pardo a café oscuro. Las venas sobresalen. Venas blanquecinas y algunas café rojizo claro. Margen entero con un abundante indumento corto-pubescente.

Pecíolo conspicuamente estriado, vaginado o alado menos de la mitad, glabrescente y lustroso. Cilíndrico desde el ápice.

Tamaño de la partícula o fragmento: 6.0-12.0 (7.7 ± 1.5) mm de largo y 5.0-9.0 (6.0 ± 0.5) mm de ancho.

8.6.3. Cortes transversales de hoja, pecíolo y raíz.

8.6.3.1. Hoja en vista lateral. La epidermis adaxial uniestratificada está conformada por células cúbicas, con márgenes rectilíneos aunque algo recurvados en los polos, y con una capa muy delgada de cutícula. La epidermis abaxial uniestratificada es mas delgada que la región abaxial, y está constituida por células cúbicas levemente onduladas y con una

cutícula es de similar grosor que la de la parte adaxial. La capa subepidérmica, conformada por células cúbicas, es uniestratificada en ambos lados de la lámina. En la región cercana a la vena central la capa subepidérmica consta de 1-2 estratos en la región adaxial y abaxial (Fig. 21B). La epidermis que envuelve a la vena media tiene un aspecto conspicuamente ondulado y las células son más pequeñas que en el resto de la lámina.

En el corte transversal se observa una cantidad muy escasa de un único tipo de tricoma, el cual es tector unicelular que es corto, recto, base ancha, forma cónica y de ápice agudo. Este tipo de tricoma está presente únicamente en la región adaxial (Fig. 21B).

El mesófilo dorsiventral y bifacial es delgado. El parénquima en empalizada es uniestratificado, formado por células largas, delgadas, rectilíneas a escasamente onduladas. Las células isodiamétricas que conforman el parénquima esponjoso están formadas por 1-2 capas (Fig. 21B). En la región de la vena central, se observa el colénquima angular de 9-10 capas de grosor en la región adaxial y de 2-3 capas o estratos en la abaxial. La capa de colénquima produce una protuberancia bastante pronunciada en la cara adaxial de la lámina (Fig. 21A).

El haz vascular es del tipo colateral. La vaina de esclerénquima que envuelve a la vena central es discontinua (Fig. 21A).

En corte transversal, se observan abundantes monocristales de formas rómbicas, cúbicas y prismáticas en el parénquima que envuelve a la vena central (Fig. 21A). Las células de contenido lipofílico son muy escasas o ausentes en el mesófilo y en el parénquima que envuelve a la vena central (Fig. 21A, 21B y 24A).

8.6.3.2. Pecíolo en vista lateral. Desde la base de la lámina hasta la parte media, tiene una forma casi elíptica con una leve prominencia en la región adaxial (Fig. 21C). Por debajo de la parte media hasta la base del pecíolo es circular, pero con dos grandes proyecciones hacia los lados en dirección a la cara adaxial (Fig. 21D). El pecíolo no posee ondulaciones o acanaladuras. La epidermis es uniestratificada, glabra, conformada por células cúbicas. Debajo de la epidermis hay una capa subepidérmica uniestratificada delgada. Los haces colaterales están organizados de forma concéntrica. Se observa una capa esclerenquimática gruesa pero discontinua que envuelve a los haces vasculares. En el parénquima fundamental se observa una capa discontinua de colénquima angular de 5-7 estratos). En el parénquima fundamental, son abundantes los monocristales de formas cúbicas, rómbicas y

prismáticas. Las células de contenido lipofílico son muy escasas en el parénquima fundamental (Fig. 21C y 21D). El peciolo también posee una capa de parénquima clorofiliano cerca de la hipodermis y debajo de el colénquima.

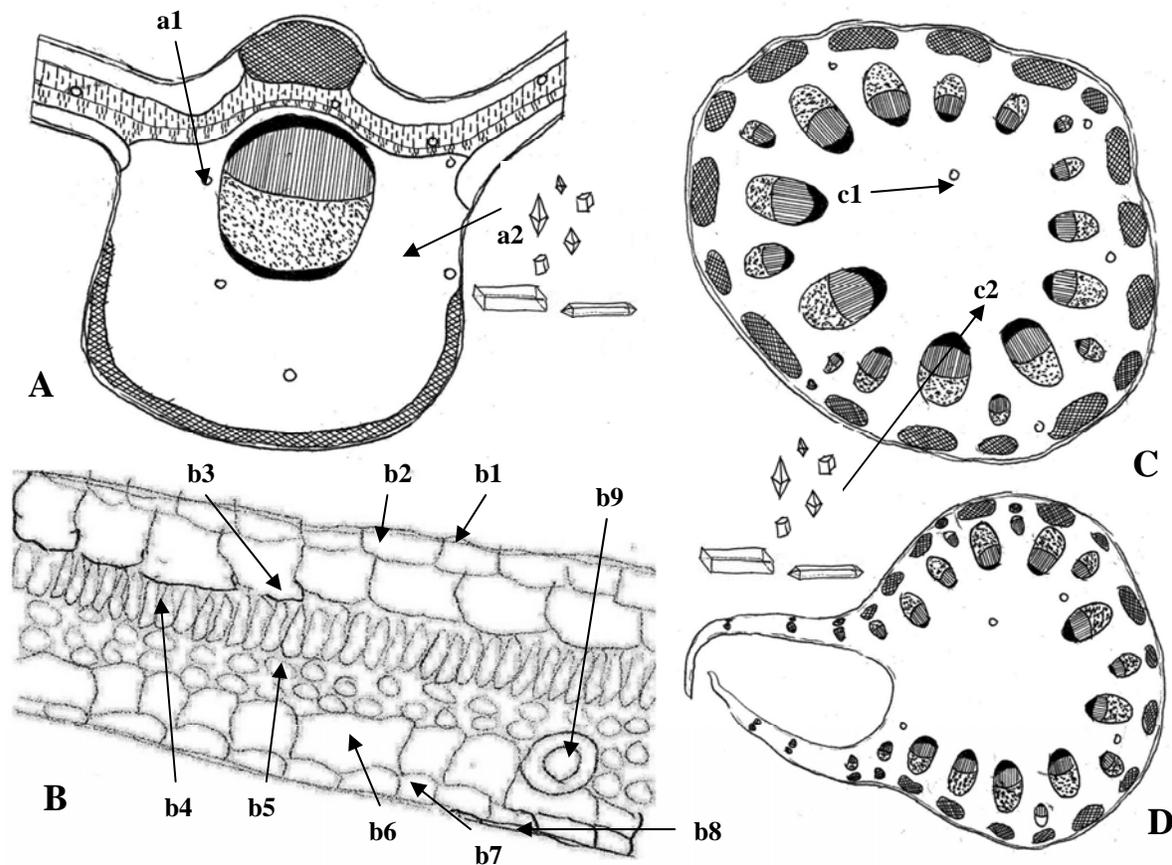


Fig. 21. *P. patulum* Bertol. A. Corte transversal de la vena central de la lámina (a1: célula lipofílica, a2: monocristales de formas cúbicas, rómbicas y prismáticas); B. Corte transversal de la lámina (b1: cutícula de la cara adaxial; b2: epidermis adaxial; b3: capa subepidérmica adaxial; b4: parénquima en empalizada; b5: parénquima esponjoso; b6: capa subepidérmica abaxial; b7: epidermis abaxial; b8: cutícula de la cara abaxial; b9: célula lipofílica); C. Corte transversal del peciolo cerca de la base de la lámina (c1: célula lipofílica, c2: monocristales de formas cúbicas, rómbicas y prismáticas); D. Corte transversal del peciolo entre la región media y la base de éste. Para un mayor detalle de A, C y D ver Anexo 2 página 128. Fuente: datos experimentales.

8.6.3.3. Raíz en vista lateral. Poliarca de crecimiento secundario con suber y feoldermis muy delgada. En el parénquima cortical se observan abundantes células de contenido lipofílico. Además se observa abundantes gránulos de almidón en el parénquima cortical y muy escasos en el radio parenquimático (Fig. 24B). En la región más externa del parénquima cortical, se observa una línea concéntrica y discontinua de células esclerenquimáticas. Los radios parenquimáticos son bastante anchos y se van angostando a

medida que se acercan al centro. Las placas traqueales o medulares irradian desde el centro. El xilema secundario también es muy evidente, con elementos conductores grandes y gran cantidad de células esclerenquimáticas. No se observan cristales.

8.6.4. Diafanizado de hoja.

8.6.4.1. Arquitectura foliar. Hojas de venación palmada formada por 9 nervios primarios. Venas primaria central prominente y angostándose hacia el ápice. Sólo el par más interno de las venas primarias llega hasta el ápice. Estos nervios se subdividen en venas secundarias perpendiculares con respecto a éstas. Estas venas secundarias son arqueadas. De las venas secundarias nacen venas terciarias que forman areolas de formas irregulares con vénulas que se ramifican de 3-4 veces.

El tipo de venación de la lámina, basado en el modelo de Hickey (1973), es campilódromo. Aunque en el margen, de la lámina se observa que las hojas palmadas conservan el tipo broquidódromo de las hojas pinnadas; ya que forman una serie de arcos antes de llegar al margen de la hoja.

8.6.4.2. Superficie foliar. La lámina foliar es hipoestomática. En vista superficial las células de la epidermis adaxial son poligonales y de contorno rectilíneo. Cerca de la vena central, las células son poligonales alargadas y márgenes pronunciadamente rectilíneos. En la epidermis adaxial se observa un único tipo de tricoma: tector unicelular corto, el cual es recto, base ancha, forma cónica, ápice agudo y de 13.0-90.0 (51.2 ± 18.5) μm de largo (Fig. 22A). Este tipo de tricoma está presente en toda la superficie de la lámina; aunque es más abundante en el margen y entre las venas que en las venas. En hojas jóvenes la densidad es mayor.

La epidermis abaxial posee estomas tetracíticos; aunque hay ciclocíticos en menor cantidad por área. Las células epidérmicas, en vista superficial, tienen diversidad de formas y tamaños con contornos ondulados. En la epidermis abaxial se observa únicamente tricomas glandulares, de 30.7-33.3 (31.5 ± 1.2) μm de largo, los cuales presentan un pedúnculo y una porción secretora unicelular de forma ovoide, insertas entre células epidérmicas dispuestas en roseta cuyo número varía de 5-6 (Fig. 22B y 22C). Estos tricomas están presentes en toda la superficie de la lámina.

En el diafanizado se logra observar una alta concentración de monocristales de formas cúbicas, rómbicas y algunas prismáticas en la periferia de las venas, principalmente en la vena central.

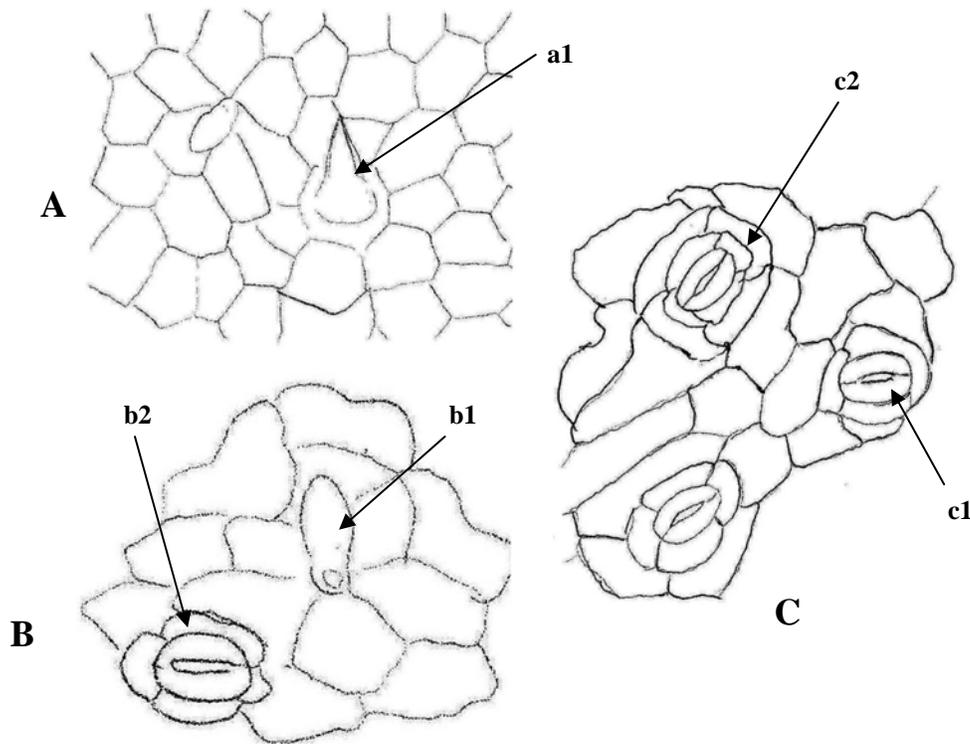


Fig. 22. *P. patulum* Bertol. A. Vista superficial de la epidermis adaxial (a1: tricoma tector unicelular corto); B y C. Vista superficial de la epidermis abaxial (b1: tricoma glandular, b2, c1: estomas tetracíticos, c2: estoma ciclocítico). Fuente: datos experimentales.

8.6.5. Disociado de hoja y raíz.

8.6.5.1. Hoja. En el disociado de hoja se puede observar: los tricomas descritos en la sección de diafanizado; tejido epidérmico abaxial donde se observan los estomas y los tricomas glandulares; células del parénquima en empalizada y esponjoso; escasas células con contenido lipofílico; tejido epidérmico adaxial; elementos de los vasos con engrosamiento helicoidal y algunos pocos reticulados; ambos con placa de perforación simple; y muy escasas a ninguna fibroesclerida.

8.6.5.2. Raíz. En el disociado de raíz se puede observar: células rectangulares de parénquima axial; células cúbicas a rectangulares de parénquima cortical con presencia de células con contenido lipofílico y abundantes cantidades de gránulos de almidón;

abundantes fibrotraqueidas; células del súber, compuesta por células cuadradas a rectangulares con márgenes ondulado-sinuado; células felodérmicas; elementos de los vasos con engrosamiento escalariforme y punteado; ambas con placa de perforación simple, 113.3-329.6 (206.0 ± 58.9) μm de largo y 51.5-72.1 (60.8 ± 7.6) μm de ancho; y esclereidas filiformes y en menor cantidad braquiesclereidas y macrosclereidas (Fig. 23).

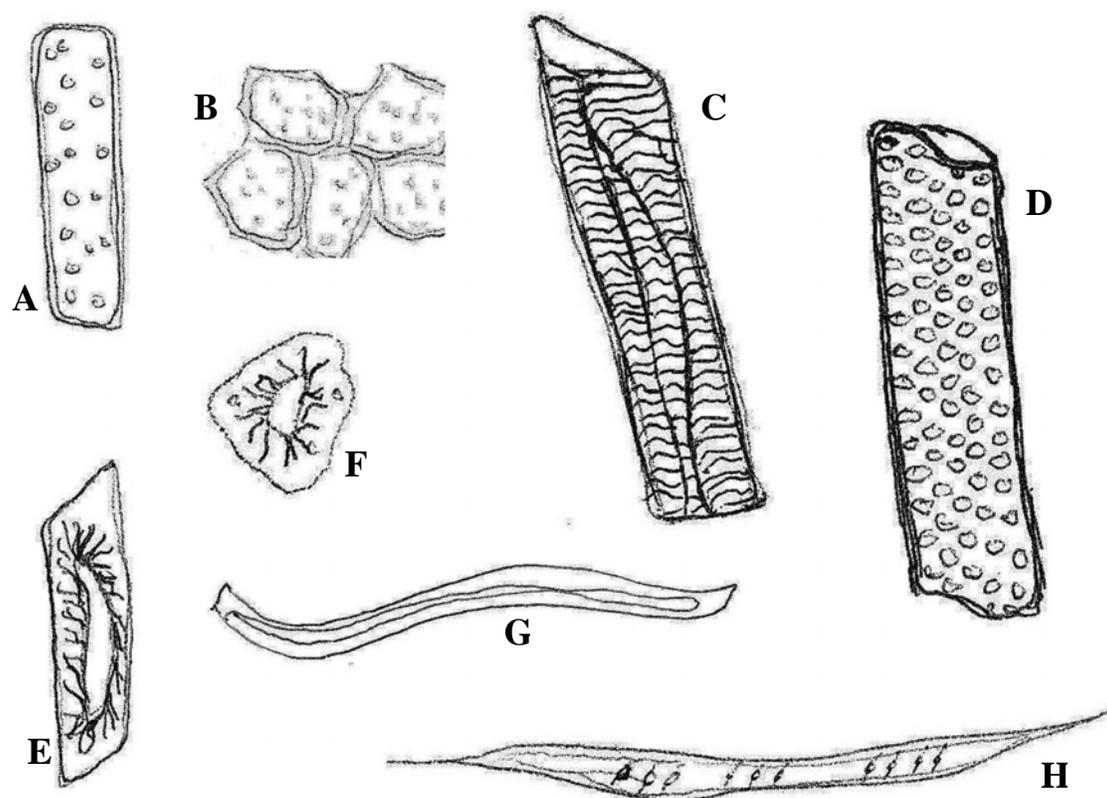


Fig. 23. Disociado de raíz de *P. patulum* Bertol. A. Parénquima axial; B. Parénquima cortical; C. Vaso escalariforme con placa de perforación simple; D. Vaso punteado con placa de perforación simple; E. Macrosclereida; F. Braquiesclereida; G. Esclereida filiforme; H. Fibrotraqueida. Fuente: datos experimentales.

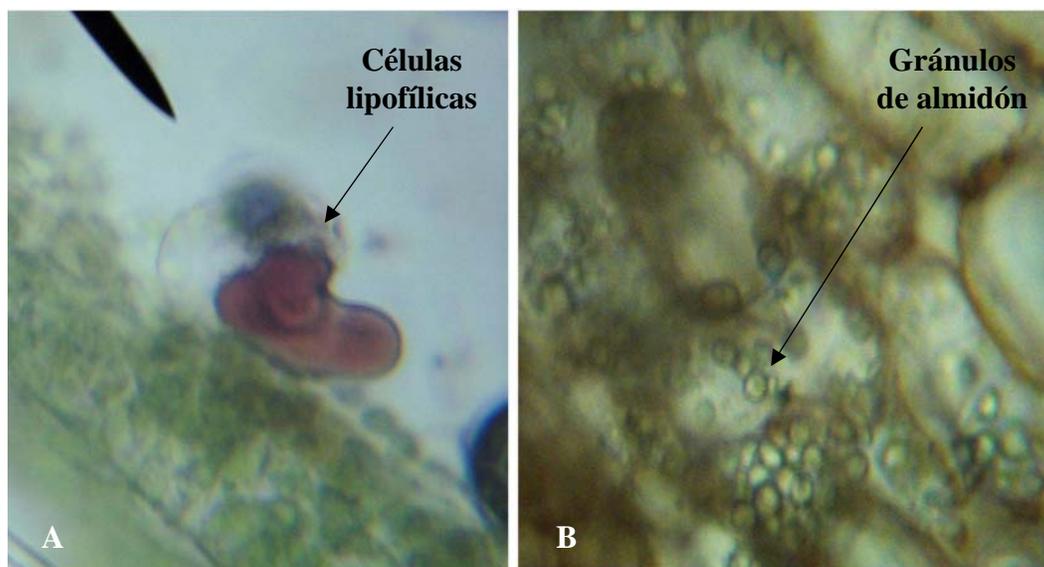


Fig. 24. *P. patulum* Bertol. A. Células lipofílicas encontradas en limbo y pecíolo; B. Gránulos de almidón en parénquima cortical de raíz.

8.7. *P. umbellatum*

8.7.1. Datos de campo.

Coordenadas geográficas: 14°33'06.3'' N 091°28'00.1'' O

Altura: 470 msnm

No. Voucher: CFEH 1070

8.7.2. Análisis macroscópico.

Aspecto general: Hojas fragmentadas.

Consistencia: Hojas membranáceo-flexibles.

Color: Región del haz verde a verde amarillento y opaco a escasamente lustroso. Región del envés verde pálido a verde blancuzco y opaco.

Olor: Levemente ácido y un aroma dulce muy débil.

Sabor: Algo picante y salado.

Superficie de la lámina: Haz escasamente pubescente, textura lisa, muy poco pelúcido-punctado. El indumento es más abundante en la vena central. Los tricomas de las venas son más cortos que los de la región restante de la lámina. Las hojas jóvenes son más abundantemente pubescentes. El haz presenta abundantes espacios secretores, donde se observa un líquido de color café claro a pardo oscuro. Presencia de abundantes espacios

con un líquido oleoso de color pardo a café rojizo. Venas de color café pardusco, sobresalen principalmente en la vena central y presentan ondulaciones muy pronunciadas.

Envés liso, no pelúcido-punctado, con un indumento pubescente con tricomas de color blanco. Estos tricomas están presentes solamente en las venas; principalmente en la vena central. Las hojas jóvenes son más abundantemente pubescentes. En el envés también se observan abundantes estructuras secretoras, con un líquido de color café claro a pardo oscuro. Las venas son muy prominentes y bastante onduladas, de color café pardusco a café blancuzco. Margen entero y glabro.

Pecíolo liso, cilíndrico y abundantemente pubescente.

Tamaño de la partícula o fragmento: 7.0-10.4 (9.2 ± 1.1) mm de largo y 4.5-10.1 (6.0 ± 1.3) mm de ancho.

8.7.3. Cortes transversales de hoja, pecíolo y raíz.

8.7.3.1. Hoja en vista lateral. La epidermis adaxial uniestratificada está conformada por células que en su mayor parte son rectangulares, con márgenes rectilíneos y con una capa delgada de cutícula. La epidermis abaxial uniestratificada es más delgada que la región abaxial, y está constituida por células igualmente rectangulares, y la cutícula es de similar grosor que la de la parte adaxial. La capa subepidérmica está muy poco desarrollada. En la región de la vena central, la capa subepidérmica es de 1-2 capas en la región adaxial y uniestratificada en la abaxial; en el resto de la lámina es uniestratificada en ambos lados. Conforme se va alejando de la vena central la capa subepidérmica se va angostando hasta desaparecer antes de llegar al margen de la lámina. Las células subepidérmicas son cúbicas y levemente grandes (Fig. 25C). La epidermis que envuelve a la vena media tiene un aspecto conspicuamente ondulado y las células son más pequeñas que en el resto de la lámina.

En el corte transversal se observan dos tipos de tricomas: tectores unicelulares que son largos, rectos y de forma cónica; y tectores pluricelulares que son largos, rectos y de ápice agudo (Fig. 25A y 25C).

El mesófilo dorsiventral y bifacial posee un parénquima en empalizada uniestratificado, de células largas, delgadas, rectilíneas a escasamente onduladas y un parénquima esponjoso de disposición uniforme, de células isodiamétricas y de 1-2 capas

(Fig. 25C). En la región de la vena central se observa el colénquima angular de 10-11 capas de grosor en la región adaxial y de 5-6 capas o estratos en la abaxial. (Fig. 25A).

El haz vascular es del tipo colateral. La vaina de esclerénquima que envuelve a la vena central es discontinua, ya que no la envuelve uniformemente; es más gruesa en la región del xilema. Hacia los lados no se observa (Fig. 25A).

En corte transversal, se observan abundantes cristales en forma de rafidios en el mesófilo. En el parénquima que envuelve la vena central, los cristales son escasos o están ausentes (Fig. 31A). Las células de contenido lipofílico son muy escasas o ausentes en el mesófilo y ausentes en el resto de la lámina (Fig. 25A, 25C y 28A).

8.7.3.2. Pecíolo en vista lateral. Los cortes de las tres áreas muestran una forma circular a más o menos elíptico. La superficie del pecíolo es lisa (sin ondulaciones, ni estriaciones). La epidermis es uniestratificada, de células cúbicas delgadas, cutícula delgada, con abundantes tricomas tectores pluricelulares, los cuales son rectos, de ápice agudo, de 3-5 (5) segmentos y de 61.2-121.5 (101.1 ± 27.5) μm de largo. Debajo de la epidermis hay una capa subepidérmica uniestratificada delgada. Los haces colaterales están organizados de forma concéntrica. Se observa una capa esclerenquimática gruesa y discontinua que rodea a los haces vasculares. En el parénquima fundamental se observa una capa discontinua de colénquima angular con un número variable de estratos o capas. En el parénquima fundamental del pecíolo, son abundantes los cristales en forma de rafidios. Las células de contenido lipofílico son muy escasas en el parénquima fundamental (Fig. 31B). El pecíolo también posee una capa de parénquima clorofiliano cerca de la hipodermis y debajo de la colénquima.

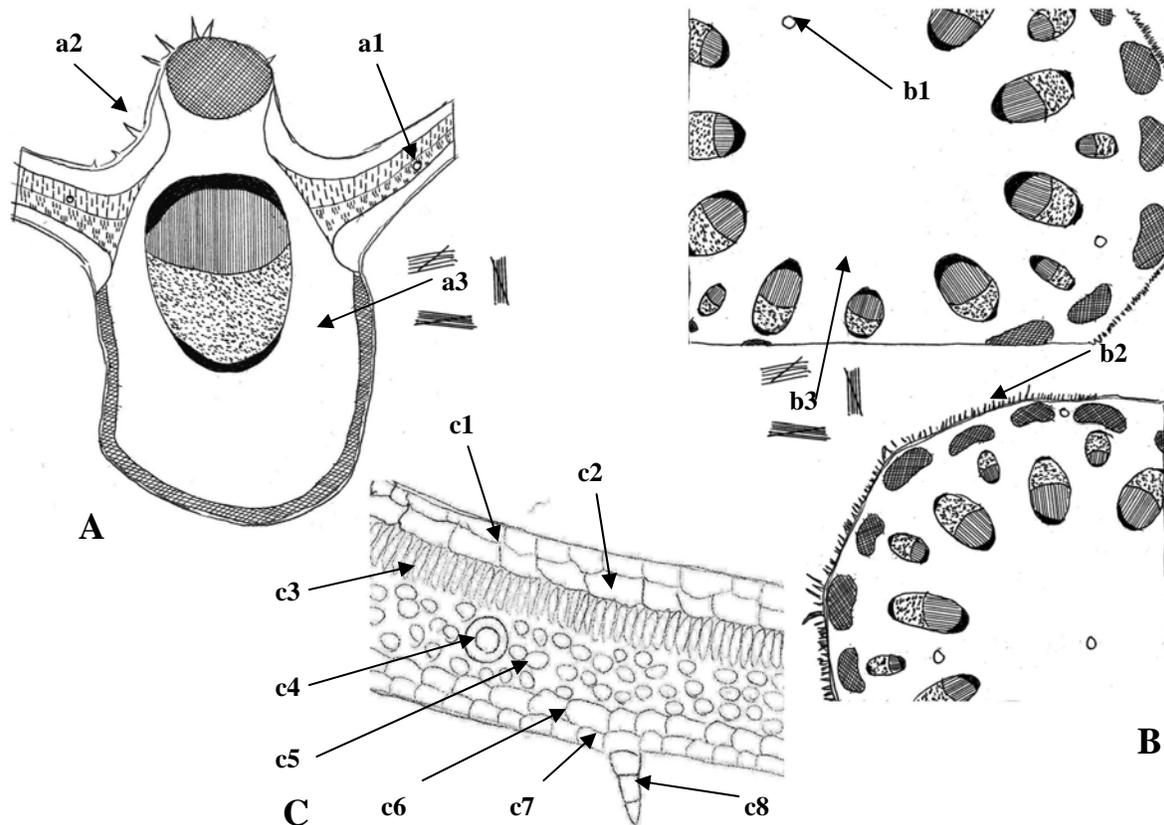


Fig. 25. *P. umbellatum* L. A. Corte transversal de vena central de la lámina (a1: célula lipofílica, a2: tricoma, a3: cristales en forma de Rafidios); B. Cortes transversales del peciolo (b1: célula lipofílica, b2: tricomas, b3: cristales en forma de Rafidios); C. Corte transversal de la lámina (c1: epidermis adaxial; c2: capa subepidérmica adaxial; c3: parénquima en empalizada; c4: célula lipofílica; c5: parénquima esponjoso; c6: capa subepidérmica abaxial; c7: epidermis abaxial; c8: tricoma). Para un mayor detalle de A y B ver Anexo 2 página 128. Fuente: datos experimentales.

8.7.3.3. Raíz en vista lateral. Poliarca de crecimiento secundario con suber y felodermis muy delgada. En la parte más externa del parénquima cortical, se observa una delgada línea concéntrica y discontinua de células esclerenquimáticas. En el parénquima cortical se observan muy abundantes células de contenido lipofílico. Además se observa abundantes gránulos de almidón en el parénquima cortical y radio parenquimático (Fig. 28B). Los radios parenquimáticos son bastante anchos y se van angostando a medida que se acercan al centro. Las placas traqueales o medulares irradian desde el centro. El xilema secundario también es muy evidente, con elementos conductores grandes y gran cantidad de células esclerenquimáticas. No se observan cristales.

8.7.4. Diafanizado de hoja.

8.7.4.1. Arquitectura foliar. Hojas de venación palmada formada por 13 nervios primarios; de los cuales el par más interno nace por arriba de donde surgen los otros 11. La vena central es prominente y se va angostando hacia el ápice. Estos nervios se subdividen en venas secundarias perpendiculares con respecto a éstas. Estas venas secundarias están levemente arqueadas. De las venas secundarias nacen venas terciarias que forman areolas de formas irregulares y algunas regulares cuadradas y pentagonales con vénulas que se ramifican unas 2-3 veces.

Basándose en el modelo de Hickey (1973), el tipo de venación es una combinación del tipo campilódromo y actinódromo-reticulado y basal. A pesar de esto, en el margen de la lámina se observa una arquitectura similar a los del tipo broquidódromo de las hojas pinnadas; ya que los nervios forman una serie de arcos antes de llegar al margen de la hoja.

8.7.4.2. Superficie foliar. La lámina foliar es hipoestomática. En vista superficial las células de la epidermis adaxial son poligonales y de contorno levemente ondulado (Fig. 26B). Cerca de la vena central, las células son poligonales alargadas y márgenes pronunciadamente rectilíneos (Fig. 26C). En la epidermis adaxial de una hoja juvenil se observan dos tipos de tricoma: tector unicelular corto, el cual es recto, base ancha, forma cónica, ápice agudo y de 30.7-56.3 (46.9 ± 9.2) μm de largo; y tector pluricelular, el cual es recto, ápice agudo, 3-5 (5) segmentado y de 61.2-121.5 (101.1 ± 27.5) μm de largo (Fig. 26A y 26C). Los dos tricomas están presentes en toda la superficie de la lámina. El segundo es más abundante en las venas y muy escasos o ausentes entre éstas. El primero es más abundante que el segundo y está distribuido casi uniformemente en toda la superficie. Ambos tricomas son más abundantes en hojas en estado juvenil.

La epidermis abaxial posee estomas tetracíticos. Las células epidérmicas, en vista superficial, tienen diversidad de formas y tamaños con contornos ondulados. En la epidermis abaxial se observan los dos tipos de tricomas descritos para la región adaxial y también tricomas glandulares de 28.2-35.8 (31.0 ± 2.8) μm de largo, los cuales presentan un pedúnculo y una porción secretora unicelular de forma ovoide, insertas entre células epidérmicas dispuestas en roseta cuyo número varía de 7-8 (Fig. 26D). Los tres tipos de tricoma están presentes en toda la superficie de la lámina. Los tricomas pluricelulares

largos y rectos son más abundantes en la vena central, y muy escasos entre éstas. Al igual que en la cara adaxial, en estado juvenil los tricomas tectores son más abundantes. En el margen no se observan tricomas tectores.

En el diafanizado se logra observar una alta concentración de cristales de oxalato de calcio, en forma de rafidios en toda la superficie de la lámina. Además, se observan grandes espacios celulares, rodeadas de células epidérmicas dispuestas en roseta (Fig. 26D y 28C).

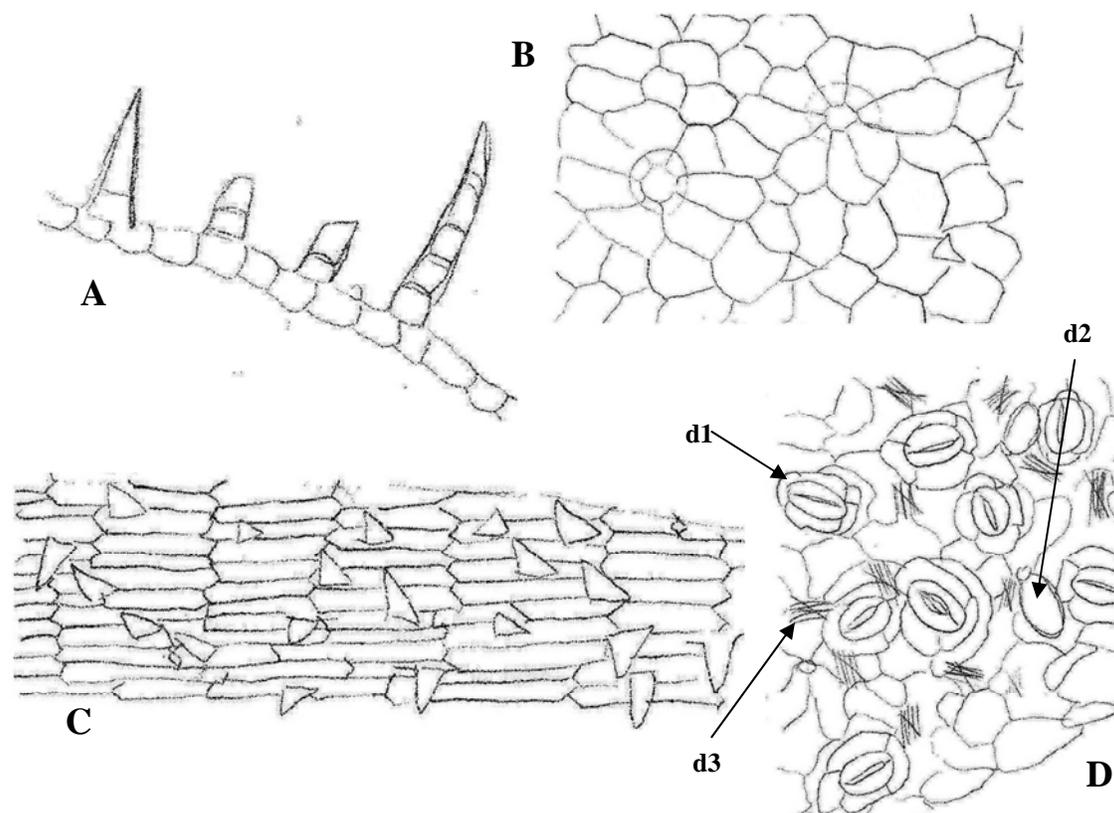


Fig. 26. *P. umbellatum* L. A. Tricomas tectores pluricelulares; B. Vista superficial de la epidermis adaxial; C. Vista superficial de la epidermis abaxial en la región de la vena central, donde se observa tricomas tectores unicelulares cortos; D. Vista superficial de la epidermis abaxial (d1: estoma tetracítico; d2: tricoma glandular; d3: Rafidios de oxalato de calcio). Fuente: datos experimentales.

8.7.5. Disociado de hoja y raíz.

8.7.5.1. Hoja. En el disociado de hoja se puede observar: los tricomas descritos en la sección de diafanizado.; tejido epidérmico abaxial donde se observan los estomas y los tricomas glandulares; células del parénquima en empalizada y esponjoso; escasas células con contenido lipofílico; tejido epidérmico adaxial; elementos de los vasos con

engrosamiento helicoidal y anular, ambos con placa de perforación simple; y muy escasas a ninguna fibroesclereida.

8.7.5.2. Raíz. En el disociado de raíz se puede observar: células rectangulares de parénquima axial; células cúbicas a rectangulares de parénquima cortical con presencia de células con contenido lipofílico y abundantes cantidades de gránulos de almidón; fibrotraqueidas; células del súber, compuesta por células cuadradas a rectangulares con márgenes ondulado-sinuado; células felodérmicas; elementos de los vasos con engrosamiento escalariforme y muy pocas punteadas; ambas con placa de perforación simple, $122.9-339.9$ (218.3 ± 76.3) μm de largo y $25.6-103.0$ (56.8 ± 21.8) μm de ancho; y esclereidas filiformes y fibroesclereidas, y en menor cantidad braquiesclereidas, osteoesclereidas y macrosclereidas (Fig. 27).

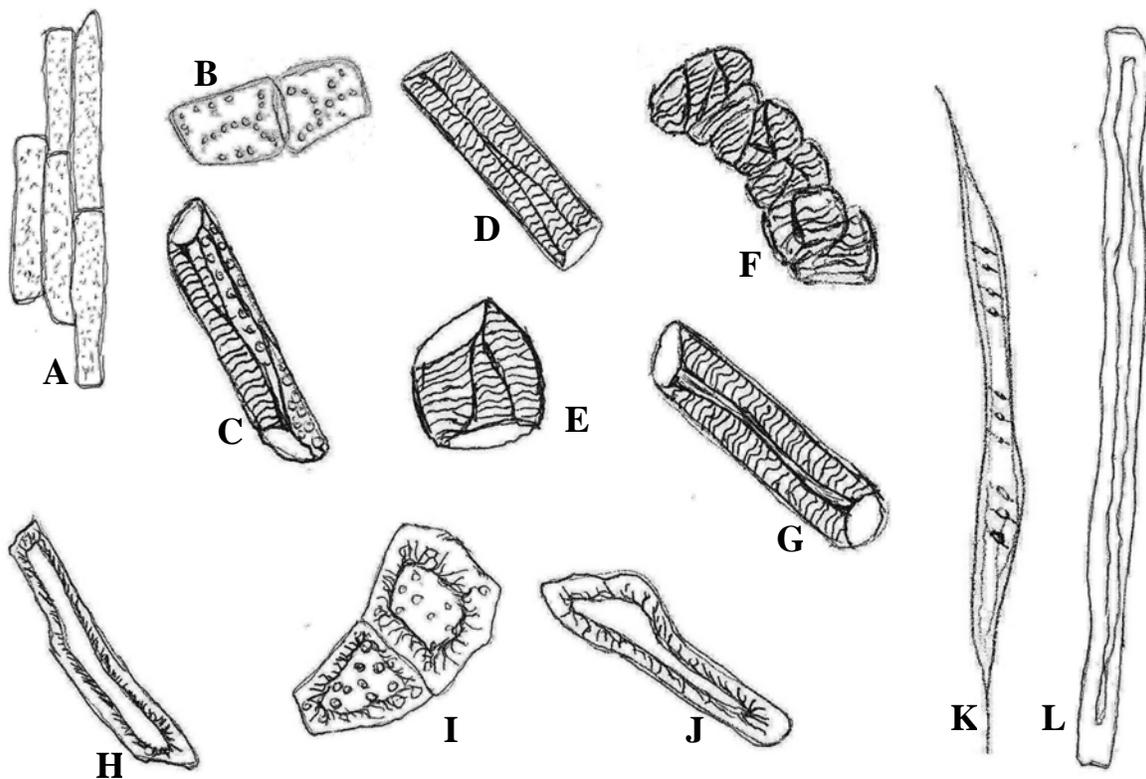


Fig. 27. Disociado de raíz de *P. umbellatum* L. A. Parénquima axial; B. Parénquima cortical; C-G. Vaso escalariforme con placa de perforación simple; H. Macrosclereida; I. Braquiesclereida; J. osteoesclereida; K. Fibrotraqueida; L. Esclereida filiforme. Fuente: datos experimentales.

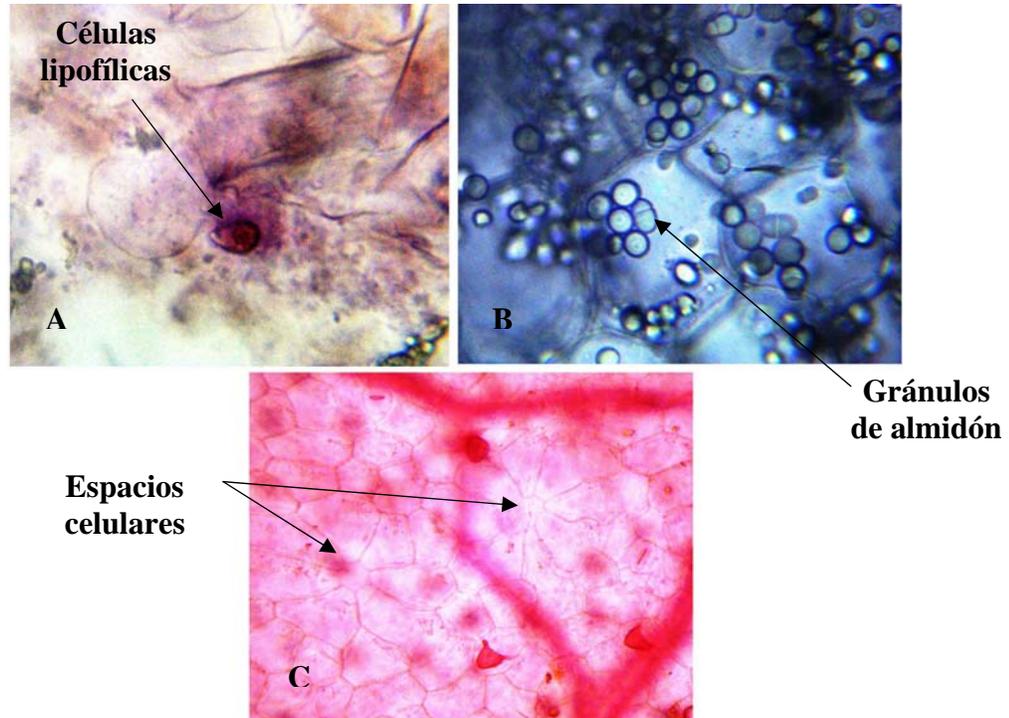


Fig. 28. *P. umbellatum* L. A. Células lipofílicas encontradas en limbo y pecíolo; B. Gránulos de almidón en parénquima cortical de raíz.

9. DISCUSIÓN

En el presente estudio, tanto a nivel macro como microscópico, se detectó que de los 55 caracteres estudiados, el 94.5% de los mismos no presentan diferencias entre las siete especies del género *Piper*; de hecho, en la literatura consultada también se ha documentado muchas similitudes entre especies del mismo género.

La lámina y el pecíolo, a nivel macro y microscópico, presentaron variables diferenciales que pueden ser utilizadas como caracteres diagnósticos. En la raíz no se encontraron variables diferenciales.

En el estudio macroscópico de la hoja, 3 de 19 variables fueron diferentes en las siete especies: características del pecíolo, tipo(s) de indumento y su distribución espacial. En el estudio microscópico de la lámina, 2 de 33 variables fueron diferentes en las siete especies: tipo(s) de tricoma y su distribución espacial. En el pecíolo 3 de 11 variables fueron diferentes en las siete especies: la forma en vista lateral, tipo(s) de tricoma y su distribución espacial.

Al revisar artículos de otras especies de *Piper* se confirmó que las variables microscópicas mencionadas también son diferentes en todas las especies estudiadas. La literatura consultada no indica que éstas variables sean caracteres diagnósticos, pero si concluyen que son de mucha utilidad para la caracterización de una especie (Dasgupta & Datta, 1980; Mohandas & Shah, 1982; Vianna & Akisue, 1997; Nascimento & Vilhena-Potiguara, 1999; Silva & Machado, 1999; Pessini et al., 2003; Souza et al., 2004; Albiero et al., 2005a; Albiero et al., 2005b; Albiero et al., 2006; Duarte & Siebenrock, 2010). Con respecto al estudio macroscópico no hay estudios realizados para poder verificar si las variables diferenciales propuestas, también fueron encontradas en otras especies del género *Piper*.

En este estudio se encontraron seis diferentes tipos de tricoma en la lámina de las siete especies; los cuales fueron: tector pluricelular largo y recto; tector pluricelular largo y adpreso; tector pluricelular corto; tector unicelular corto; tector unicelular largo; y glandular. El tricoma pluricelular largo y recto está presente en *P. amalago*, *P. auritum*, *P. hispidum*, *P. jacquemontianum*, *P. oradendron* y *P. umbellatum*. El tricoma pluricelular largo y adpreso está presente en *P. hispidum* y *P. oradendron*. El tricoma pluricelular corto está presente en *P. hispidum*, *P. jacquemontianum* y *P. oradendron*. El tricoma unicelular

corto está presente en *P. amalago*, *P. auritum*, *P. jacquemontianum*, *P. oradendron*, *P. patulum* y *P. umbellatum*. El tricoma unicelular largo está presente únicamente en *P. jacquemontianum*. El tricoma glandular está presente en las siete especies estudiadas.

En la revisión de literatura, también se han encontrado los tricomas descritos anteriormente (Dasgupta & Datta, 1980; Vianna & Akisue, 1997; Nascimento & Vilhena-Potiguara, 1999; Pessini et al., 2003; Souza et al., 2004; Albiero et al., 2005a; Albiero et al., 2005b; Duarte & Siebenrock, 2010), pero además se han reportado otros tipos: Vianna & Akisue (1997) encontraron en *P. aduncum* tricomas capitados y tricomas glandulares fusiformes; Silva & Machado (1999) encontraron en *P. regnellii* var. *regnellii* tricomas glandulares perolados y saculiformes; Pessini et al. (2003) también encontró tricomas capitados en *P. regnellii* var. *palescens*; Albiero et al. (2005b) encontró en *P. gaudichaudianum* tricomas tectores pluricelulares cortos con dos células en la porción basal.

En el caso del pecíolo se encontraron únicamente tres tipos de tricoma: tector pluricelular largo y recto; tector pluricelular largo y adpreso; y el tector pluricelular corto. El primero está presente en *P. amalago*, *P. hispidum*, *P. jacquemontianum*, *P. oradendron* y *P. umbellatum*. Los dos últimos están presentes únicamente en *P. hispidum*. El pecíolo de *P. auritum* y *P. patulum* es glabro.

Como se dijo anteriormente, los tipos de tricoma varían mucho en la lámina de las siete especies estudiadas; pero si se observa el caso de *P. amalago* y *P. umbellatum*, ambos tienen los mismos tipos de tricoma. Pero al combinar esta variable con la distribución espacial de los mismos, son caracteres diagnósticos útiles. Esto es respaldado por los estudios realizados en otras especies de este género (Dasgupta & Datta, 1980; Vianna & Akisue, 1997; Nascimento & Vilhena-Potiguara, 1999; Silva & Machado, 1999; Pessini et al., 2003; Souza et al., 2004; Albiero et al., 2005a; Albiero et al., 2005b; Duarte & Siebenrock, 2010).

Con respecto al pecíolo, no hay mucha variabilidad en los tricomas; pero al combinar esta variable con la forma del pecíolo puede ser utilizado como un buen recurso para diferenciar las especies. Ésta afirmación es respaldada por la literatura consultada (Dasgupta & Datta, 1980; Souza et al., 2004; Albiero et al., 2005a; Albiero et al., 2005b; Duarte & Siebenrock, 2010).

Con base en los resultados obtenidos se propone usar las siguientes descripciones para describir a nivel macro y microscópico muestras de materia prima de las siete especies estudiadas:

9.1. *P. amalago*. A nivel macroscópico, la cara adaxial de la lámina presenta un indumento pubescente en toda la superficie, pero principalmente en la vena central. La cara abaxial presenta los mismos tipos de tricoma en las venas, principalmente en la vena central, aunque en menor cantidad en comparación con la cara adaxial. El margen es glabro. El pecíolo es glabro y presenta tres estriaciones prominentes.

A nivel microscópico, la cara adaxial de la lámina presenta tricomas: tectores pluricelulares largos que son rectos y unicelulares cortos. Éstos son escasos o ausentes entre las venas y son abundantes en las venas (principalmente la vena central). En la cara abaxial, además de observarse los tricomas mencionados para la cara adaxial también se observan tricomas glandulares.

A nivel microscópico, la cara adaxial del pecíolo presenta tricomas pluricelulares largos que son rectos. La cara abaxial es glabra. El pecíolo tiene una forma cordada; ya que presenta tres acanaladuras que le dan ese aspecto. Esta forma se observa en toda su longitud.

9.2. *P. auritum*. A nivel macroscópico, la cara adaxial de la lámina presenta un indumento pubescente, escaso en toda la superficie de la lámina y más abundante en la vena central. En la cara abaxial también se observa el indumento descrito para la cara adaxial, aunque es mucho más abundante, principalmente en las venas cerca de la base de la lámina. El margen es abundantemente pubescente. Las láminas jóvenes son más pubescentes. El pecíolo es glabro, cilíndrico desde la primera mitad y alado desde el medio hasta la base de éste.

A nivel microscópico, la cara adaxial de la lámina presenta tricomas: tectores pluricelulares largos que son rectos; unicelulares cortos y glandulares. Los tricomas tectores son abundantes en toda la superficie de la lámina (incluyendo el margen), pero principalmente en la vena central. Los tricomas glandulares se observan en toda la superficie de la lámina. En la cara abaxial se observan los mismos tricomas descritos para la cara adaxial y su distribución es similar.

A nivel microscópico, el pecíolo es glabro. La forma del pecíolo, cerca de la base de la hoja es circular y liso; y desde la región media hasta la base del pecíolo tiene una forma de media luna y también es liso.

9.3. *P. hispidum*. A nivel macroscópico, la cara adaxial de la lámina presenta un indumento pubescente en la vena central, cerca de la base de la lámina y un indumento hirsuto en toda la superficie de la lámina. La cara abaxial presenta un indumento estrigoso muy adpreso en las venas, principalmente en la vena central, y un indumento hirsuto en toda la superficie de la lámina. El margen presenta un indumento estrigoso muy adpreso. El pecíolo es muy piloso, liso, no alado y cilíndrico.

A nivel microscópico, la cara adaxial de la lámina presenta tricomas: tectores pluricelulares largos y rectos; tectores pluricelulares cortos; y glandulares. El primero se observa solamente en la vena central cerca de la base. El segundo está presente en toda la superficie de la lámina, principalmente entre las venas; ya que éste es muy escaso en las venas. Los tricomas glandulares están presentes en toda la superficie de la lámina. En el margen no se observan estos tipos. La cara abaxial presenta tricomas: tectores pluricelulares largos y adpresos; tectores pluricelulares cortos; y glandulares. El primero está presente en las venas, principalmente en la vena central, y escasamente en el margen. Los otros dos tipos están presentes en toda la superficie; excepto en el margen.

Albiero et al. (2006), encontraron los mismos tricomas descritos en este estudio; excepto por el tricoma tector de base alargada, el cual no se encontró.

A nivel microscópico, el pecíolo presenta tricomas: tectores pluricelulares largos y adpresos; tectores pluricelulares largos y rectos; y tectores pluricelulares cortos. Estos tres tipos cubren todo el pecíolo. La forma del pecíolo cerca de la base de la lámina tiene una forma elipsoide con ondulaciones muy pronunciadas en la superficie y con una proyección larga en un lado. La región media hasta la base del pecíolo tiene una forma más o menos circular y con ondulaciones también muy pronunciadas.

9.4. *P. jacquemontianum*. A nivel macroscópico, la cara adaxial de la lámina presenta un escaso indumento pubescente de tricomas largos y rectos, presentes en la región de la vena central cerca de la base; el resto es glabro. La cara abaxial presenta un abundante indumento estrigoso en la región de la vena central y en menor cantidad en el resto de las

venas; el resto es glabro. El margen es glabro. El pecíolo es estriado, algo rugoso, levemente piloso y cilíndrico.

A nivel microscópico, la cara adaxial de la lámina presenta tricomas: tectores pluricelulares largos y rectos; tectores pluricelulares cortos. Ambos tricomas presentes únicamente en la vena central cerca de la base. No se observan estos tipos en el margen. La cara abaxial presenta tricomas: tectores unicelulares cortos; tectores pluricelulares cortos; tectores unicelulares largos y adpresos; y glandulares. Los dos primeros tipos están presentes en toda la lámina pero son muy escasos. El tercer tipo está presente únicamente en la vena central; aunque en las hojas juveniles se observan en las otras venas. Los tricomas glandulares se observan en toda la superficie. No hay ningún tipo descrito en el margen.

A nivel microscópico, la cara adaxial del pecíolo es glabra; mientras que la cara abaxial presenta tricomas tectores pluricelulares largos y rectos. La forma del pecíolo cerca de la base de la lámina es circular con una proyección larga en uno de los lados. En la región media hasta la base tiene una forma elipsoide a circular. En toda su longitud, el pecíolo es escasamente ondulado en la superficie.

9.5. *P. oradendron*. A nivel macroscópico, la cara adaxial de la lámina presenta un indumento pubescente en la vena central cerca de la base y en menor cantidad en el resto. La pubescencia es más abundante en las hojas jóvenes. La cara abaxial presenta un abundante indumento estrigoso, de tricomas muy adpresos en las venas, principalmente en la vena central. En la vena central cerca de la base se observa un indumento del tipo observado en la cara adaxial; en el resto de la lámina se observa en menor cantidad. El margen presenta un abundante indumento estrigoso. El pecíolo es liso, cilíndrico, arrugado cuando seco, sin estriaciones, abundantemente piloso y vaginado casi desde la mitad.

A nivel microscópico, la cara adaxial de la lámina presenta tricomas: tectores pluricelulares largos y rectos; tectores pluricelulares cortos; y tectores unicelulares cortos. Los tres tipos se distribuyen en toda la superficie. El primer tipo de tricoma es más abundante en la vena central cerca de la base. No se observan estos tricomas en el margen. En la cara abaxial, se observan los tres tipos de tricoma descritos en la cara adaxial y los tricomas tectores pluricelulares largos que son adpresos; y los tricomas glandulares. Los tricomas tectores pluricelulares largos y rectos son muy escasos entre las venas y son más

abundantes en la vena central cerca de la base. Los tricomas tectores pluricelulares largos y adpresos están presentes en las venas, principalmente en la vena central, y el margen. Los otros tres tipos se observan en toda la superficie.

A nivel microscópico, el pecíolo presenta tricomas tectores pluricelulares largos y rectos en la región adaxial y abaxial; aunque es más escaso en el segundo. La forma del pecíolo en toda su longitud es casi circular y con una acanaladura en la cara adaxial.

9.6. *P. patulum*. A nivel macroscópico, la cara adaxial de la lámina presenta un escaso indumento corto-pubescente entre las venas. Este indumento está presente en toda la superficie; aunque es escaso en las venas. Las hojas jóvenes tienen una mayor abundancia de éste indumento. La cara abaxial es glabra. El margen presenta un abundante indumento corto-pubescente. El pecíolo es conspicuamente estriado, vaginado o alado desde la región basal hasta un poco menos de la mitad, cilíndrico en el resto, glabrescente y lustroso.

A nivel microscópico, la cara adaxial de la lámina presenta únicamente tricomas tectores unicelulares cortos. Este tipo está presente en toda la superficie; aunque es más abundante en el margen y entre las venas. Las hojas jóvenes tienen una mayor abundancia de éstos tricomas. En la cara abaxial se observan solamente tricomas glandulares, presentes en toda la superficie.

A nivel microscópico, el pecíolo es glabro. La forma del pecíolo, desde el ápice hasta la parte media es casi elíptica con una leve prominencia en la región adaxial. Por debajo de la parte media hasta la base es circular, pero con dos grandes proyecciones hacia los lados que se doblan hacia la cara adaxial. El pecíolo no posee ondulaciones o acanaladuras.

9.7. *P. umbellatum*. A nivel macroscópico, la cara adaxial de la lámina presenta un indumento pubescente en toda la superficie, pero es más abundante en la vena central. La cara abaxial presenta un indumento pubescente presente solamente en las venas, principalmente en la vena central. Las hojas jóvenes son más abundantemente pubescentes. El margen es glabro. El pecíolo es liso, cilíndrico y abundantemente pubescente.

A nivel microscópico, la cara adaxial de la lámina presenta tricomas: tectores pluricelulares; y tectores unicelulares cortos. El primero es más abundante en las venas y escaso o ausente entre éstas. El segundo es más abundante que el primero y está distribuido

casi uniformemente en toda la superficie. Ambos tricomas son más abundantes en hojas juveniles. En la cara abaxial, también se observan los tricomas observados en la cara adaxial más tricomas glandulares. Los tres tipos están presentes en toda la superficie. Los tricomas tectores pluricelulares están presentes principalmente en la vena central. En el margen no se observan tricomas.

A nivel microscópico, toda la superficie del pecíolo está cubierta por tricomas tectores pluricelulares. En pecíolo en toda su longitud tiene una forma circular a más o menos elíptica, la superficie es lisa (sin estriaciones).

10. CONCLUSIONES

10.1. Las cuatro especies (*P. auritum*, *P. hispidum*, *P. jacquemontianum* y *P. oradendron*), que tienen una venación pinnada, presentaron un patrón de venación camptódromo-broquidódromo.

10.2. Las tres especies (*P. amalago*, *P. patulum* y *P. umbellatum*), que tienen una venación palmada, presentaron un patrón de venación campilódromo y broquidódromo cerca del margen, venas impresas en el haz, venas sobresalientes en el envés, margen de la lámina lisa, consistencia membranácea, olor cítrico, sabor salado y amargo y presencia de puntuaciones.

10.3. En la hoja a nivel macroscópico, 16 de 19 variables fueron comunes para las siete especies, representando el 84.2% del total de las variables analizadas.

10.4. En la lámina a nivel microscópico, 31 de 33 variables fueron comunes para las siete especies, representando el 93.9% del total de las variables analizadas.

10.5. En el pecíolo a nivel microscópico, 8 de 11 variables fueron comunes para las siete especies, representando el 72.7% del total de las variables analizadas.

10.6. En la raíz a nivel microscópico, todas las variables estudiadas fueron similares en las siete especies estudiadas.

10.7. Los caracteres diagnósticos, a nivel macroscópico, de la hoja de *P. amalago* son: La cara adaxial posee un indumento pubescente en toda la superficie, pero principalmente en la vena central. La cara abaxial posee un indumento pubescente en la región de las venas, principalmente en la vena central, aunque en menor cantidad en comparación con la cara adaxial. Margen glabro. El pecíolo es glabro y presenta tres estriaciones prominentes.

10.8. Los caracteres diagnósticos, a nivel microscópico, de la lámina de *P. amalago* son: La cara adaxial posee tricomas tectores pluricelulares largos que son rectos, y tectores unicelulares cortos; ambos presentes en toda la superficie, pero son más abundantes en las venas; principalmente en la vena central. En el resto de la lámina son escasos o incluso están ausentes. La cara abaxial posee los dos tricomas descritos para la cara adaxial y la ubicación de éstos es la misma. Además, la cara abaxial posee tricomas glandulares distribuidos en toda la región de la lámina. Márgen glabro.

10.9. Los caracteres diagnósticos, a nivel microscópico, del pecíolo de *P. amalago* son: la región adaxial posee tricomas tectores pluricelulares largos que son rectos. La región

abaxial es glabra. El pecíolo de *P. amalago* es cordado; ya que presenta tres acanaladuras que le dan ese aspecto. Esta forma se observa en toda su longitud.

10.10. Los caracteres diagnósticos, a nivel macroscópico, de la hoja de *P. auritum* son: La cara adaxial posee un indumento pubescente en toda la superficie de la lámina y más abundante en la vena central. La cara abaxial posee un indumento pubescente, aunque es mucho más abundante en la cara adaxial, principalmente en las venas cerca de la base de la lámina. Margen abundantemente pubescente. El pecíolo es glabro, cilíndrico desde la primera mitad y alado desde el medio hasta la base de éste.

10.11. Los caracteres diagnósticos, a nivel microscópico, de la lámina de *P. auritum* son: la cara adaxial posee tricomas tectores pluricelulares largos que son rectos; tectores unicelulares cortos; y tricomas glandulares. Los dos tricomas tectores son abundantes en toda la superficie de la lámina, incluyendo el margen, pero aún más en la vena central. Los tricomas glandulares se observan en toda la lámina. La cara abaxial posee los tres tipos de tricomas descritos para la cara adaxial. La ubicación es la misma para los tres tipos.

10.12. Los caracteres diagnósticos, a nivel microscópico, del pecíolo de *P. auritum* son: Pecíolo glabro. En la región cerca de la base de la hoja el pecíolo es circular y liso (no sulcado = no acanalado). La región media hasta la base del pecíolo tiene forma de media luna (alado) y es liso.

10.13. Los caracteres diagnósticos, a nivel macroscópico, de la hoja de *P. hispidum* son: La cara adaxial posee un indumento pubescente en la vena central, cerca de la base de la lámina y un indumento hirsuto en toda la superficie de la lámina. La cara abaxial posee un indumento estrigoso muy adpreso en las venas, principalmente en la vena central, y un indumento hirsuto en toda la superficie de la lámina. Margen con un indumento estrigoso muy adpreso. El pecíolo es muy piloso, liso, no alado y cilíndrico.

10.14. Los caracteres diagnósticos, a nivel microscópico, de la lámina de *P. hispidum* son: la cara adaxial posee tricomas tectores pluricelulares largos que son rectos; tectores pluricelulares cortos; y tricomas glandulares. El primer tipo se observa solamente en la vena central cerca de la base de la lámina. Los otros dos tricomas tectores están presentes en toda la superficie de la lámina, principalmente entre las venas; ya que en las venas son muy escasos. Los tricomas glandulares están presentes en toda la superficie de la lámina. La cara abaxial posee tricomas tectores pluricelulares cortos; tectores pluricelulares largos

que están adpresos a la lámina; y tricomas glandulares. El tricoma tector pluricelular largo y adpreso está presente en las venas, principalmente en la vena central, y escasamente en el margen. Los otros dos tricomas tectores y los glandulares están presentes en toda la superficie de la lámina; excepto en el margen.

10.15. Los caracteres diagnósticos, a nivel microscópico, del pecíolo de *P. hispidum* son: la región adaxial posee tricomas tectores pluricelulares largos que están adpresos a la lámina; tectores pluricelulares largos que son rectos; y tectores pluricelulares cortos. Éstos cubren toda la superficie. La región cercana al ápice tiene una forma elipsoide con ondulaciones muy pronunciadas en la superficie y con una proyección larga en un lado. La región media hasta la base del pecíolo tiene una forma más o menos circular y con ondulaciones también muy pronunciadas.

10.16. Los caracteres diagnósticos, a nivel macroscópico, de la hoja de *P. jacquemontianum* son: la cara adaxial posee un escaso indumento pubescente de tricomas largos y rectos, en la región de la vena central cerca de la base de la lámina; el resto es glabro. La cara abaxial posee un abundante indumento estrigoso en la región de la vena central y en menor cantidad en el resto de las venas; el resto de la lámina es glabro. Margen glabro. El pecíolo es estriado, algo rugoso, levemente piloso y cilíndrico.

10.17. Los caracteres diagnósticos, a nivel microscópico, de la lámina de *P. jacquemontianum* son: La cara adaxial posee tricomas tectores pluricelulares largos que son rectos; y tectores pluricelulares cortos. Estos tricomas, están presentes únicamente en la vena central cerca de la base de la lámina. La cara abaxial posee tricomas tectores unicelulares cortos; tectores unicelulares largos que están adpresos a la lámina; tectores pluricelulares cortos; y tricomas glandulares. Los tricomas tectores unicelulares largos y adpresos están presentes únicamente en la vena central. Los tricomas tectores unicelulares cortos están presentes en toda la lámina; aunque éstos son muy escasos. Los tricomas glandulares se observan con mayor abundancia en toda la superficie. Márgen glabro.

10.18. Los caracteres diagnósticos, a nivel microscópico, del pecíolo de *P. jacquemontianum* son: la región adaxial es glabra. La región abaxial presenta tricomas tectores pluricelulares largos que son rectos. El pecíolo en la región cerca del ápice es circular con una proyección larga en uno de los lados. En la región media hasta la base

tiene una forma elipsoide a circular. En toda su longitud, el pecíolo es escasamente ondulado en la superficie.

10.19. Los caracteres diagnósticos, a nivel macroscópico, de la hoja de *P. oradendron* son: la cara adaxial posee un abundante indumento pubescente en la vena central cerca de la base y en menor cantidad en el resto de la lámina. La cara abaxial posee un abundante indumento estrigoso, de tricomas muy adpresos, en las venas, principalmente en la vena central. En la región de la vena central cerca de la base y en menor abundancia en el resto de la lámina, se presenta un indumento del tipo observado en la cara adaxial. Margen con un abundante indumento estrigoso. El pecíolo es liso, cilíndrico, arrugado cuando seco, sin estriaciones, abundantemente piloso y vaginado casi desde la mitad.

10.20. Los caracteres diagnósticos, a nivel microscópico, de la lámina de *P. oradendron* son: la cara adaxial posee tricomas tectores pluricelulares largos que son rectos; tectores pluricelulares cortos; y tectores unicelulares cortos. Los tres tipos se distribuyen en toda la superficie de la lámina. El tricoma tector pluricelular largo y recto es más abundante en la vena central cerca de la base. La cara abaxial, además de poseer los tres tipos mencionados para la cara adaxial, también posee tricomas tectores pluricelulares largos que están adpresos a la lámina; y tricomas glandulares. Los tricomas tectores pluricelulares largos y rectos están presentes de manera muy escasa entre las venas, y es más abundante en la vena central cerca de la base. Los tricomas tectores pluricelulares largos y adpresos están presentes en las venas, principalmente en la vena central, y el margen de la lámina. Los otros tres tipos están presentes en toda la superficie de la lámina.

10.21. Los caracteres diagnósticos, a nivel microscópico, del pecíolo de *P. oradendron* son: la región adaxial posee tricomas tectores pluricelulares largos que son rectos. La región abaxial también presenta estos tricomas pero es muy escaso. Toda la extensión del pecíolo tiene una forma casi circular y posee una acanaladura en la región adaxial.

10.22. Los caracteres diagnósticos, a nivel macroscópico, de la hoja de *P. patulum* son: la cara adaxial posee un escaso indumento corto-pubescente entre las venas. Este indumento está presente en toda la superficie de la lámina; aunque es muy escaso en las venas. La cara abaxial es glabra. Margen con un abundante indumento corto-pubescente. El pecíolo es conspicuamente estriado, vaginado o alado desde la región basal hasta un poco menos de la mitad, cilíndrico en el resto, glabrescente y lustroso.

10.23. Los caracteres diagnósticos, a nivel microscópico, de la lámina de *P. patulum* son: la cara adaxial posee tricomas tectores unicelulares cortos, presente en toda la superficie de la lámina; aunque es más abundante en el margen y entre las venas. La cara abaxial posee únicamente tricomas glandulares, presentes en toda la superficie de la lámina.

10.24. Los caracteres diagnósticos, a nivel microscópico, del pecíolo de *P. patulum* son: Pecíolo glabro. Desde el ápice hasta la parte media, el pecíolo tiene una forma casi elíptica con una leve prominencia en la región adaxial. Por debajo de la parte media hasta la base la forma es circular, pero con dos grandes proyecciones hacia los lados en dirección a la región adaxial. El pecíolo no posee ondulaciones o acanaladuras.

10.25. Los caracteres diagnósticos, a nivel macroscópico, de la hoja de *P. umbellatum* son: la cara adaxial posee un indumento pubescente en toda la superficie de la lámina, pero más abundantes en la vena central. La cara abaxial presenta un indumento pubescente presente solamente en las venas, principalmente en la vena central. Margen glabro. El pecíolo es liso, cilíndrico y abundantemente pubescente.

10.26. Los caracteres diagnósticos, a nivel microscópico, de la lámina de *P.umbellatum* son: la cara adaxial posee tricomas tectores pluricelulares que son rectos; y tectores unicelulares cortos. El primero es más abundante en las venas y muy escasos o ausentes entre éstas. El segundo es más abundante que el primero y está distribuido casi uniformemente en toda la superficie. La cara abaxial, además de poseer a los dos mencionados para la cara adaxial, también posee tricomas glandulares. Los tres tipos están presentes en toda la superficie. Los tricomas tectores pluricelulares largos y rectos están presentes principalmente en la vena central. Margen glabro.

10.27. Los caracteres diagnósticos, a nivel microscópico, del pecíolo de *P. umbellatum* son: Toda la superficie del pecíolo está cubierta por tricomas tectores pluricelulares que son rectos. Toda la extensión del pecíolo tiene una forma circular a más o menos elíptica. La superficie es lisa, es decir que no presenta estriaciones.

11. RECOMENDACIONES

11.1. Hacer más estudios en las especies del género *Piper*, para comprobar si realmente los caracteres diagnósticos propuestos en este estudio son efectivos.

11.2. Realizar estudios histoquímicos y fitoquímicos en las siete especies, ya que se encontraron unas estructuras celulares, de contenido lipofílico, de diferente tonalidad en cada especie estudiada; para poder determinar el contenido de las mismas.

11.3. Implementar entre los cursos de farmacobotánica y Laboratorio Farmaya la efectividad de diagnóstico de los caracteres propuestos. Complementar este estudio con la parte de histoquímica y de exámenes de pureza para poder elaborar monografías de calidad para las especies.

12. REFERENCIAS

- Achenbach, H., Fietz, W., Wörth J., Waibel, R. & Portecop, J. (1986). Constituents of tropical medicinal plants, ix: 1. Investigations of the constituents of *Piper amalago*-30 new amides of the piperine-type. *Journal of Planta Medica*, 52(1), 12-18.
- Adams, C.D. (1972). *Flowering plants of Jamaica*. Mona, Jamaica: The University Press-University of the West Indies.
- Agbor, G.A., Vinson, J.A., Oben, J.E., & Ngogang, J.Y. (2007). *In vitro* antioxidant activity of three *Piper* species. *Journal of Herbal Pharmacotherapy*, 7, 49-64.
- Aguilar, A., Camacho, J.R., Chino, S., Jáquez, P., & López, M.E. (1994). *Herbario medicinal del Instituto Mexicano del Seguro Social: información etnobotánica*. México: Redacta.
- Akendengue, B., & Louis, A.M. (1994). Medicinal plants used by the masango people in Gabon. *Journal of Ethnopharmacology*, 41, 193-200.
- Albiero, A.L.M., Paoli, A.A.S., Souza, L.A., & Mourão, K.S.M. (2005a). Morfoanatomia dos órgãos vegetativos de *Piper crassinervium* HBK (Piperaceae). *Acta Botânica Brasilica*, 19, 305-312.
- 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). *Brazilian Journal of Pharmacognosy*, 16, 379-391.
- Albiero, A.L.M., Souza, L.A., Mourão, K.S.M., de Almeida, O.J.G., & Lopes, W.A.L. (2005b). Morfo-anatomia do caule e da folha de *Piper guadichaudianum* Kuntze (Piperaceae). *Acta Farmacéutica Bonaerense*, 24, 550-554.
- Alécio, A.C., Bolzani, V., Young, M.C.M., Kato, M.J., & Burlan, M. (1998). Antifungal amide from leaves of *Piper hispidum*. *Journal of Natural Products*, 61, 637-639.
- Asprey, G.F., & Thornton, P. (1955). Medicinal plants of Jamaica. *West Indian Medical Journal*, 4, 145-169.
- Ballvé, A., Saraiva, N.C., Auler, L., de Assis-Brasil G.A., & Deud K.F. (1995). *Plantas medicinais de uso popular: atlas farmacognóstico*. Canoas, Brasil: Edita ULBRA.
- Barrett, B. (1994). Medicinal plants of Nicaragua's Atlantic coast. *Economic Botany*, 48(1), 8-20.

- Barroso, G.M., Guimarães, E.F., Ichaso, C.L.F., Costa, C.G., Peixoto, A.L., & Lima, H.C. (1978-1991). *Sistemática de angiospermas do Brasil* (Vols. 1-2). São Paulo, Brasil: Livros Técnicos e Científicos Editora e Editora da Universidade de S São Paulo.
- Bioka, D., & Abena, A. (1990). Psychopharmacological profile of *Piper umbellatum* aqueous extract. *L'encéphale*, *16*, 205-208.
- Blake, S.F. (1922). Native names and uses of some plants of eastern Guatemala and Honduras. *Contributions from the United States National Herbarium*, *24*, 87-100.
- Bouquet, A., & Debray, M. (1974). Medicinal Plants of the Ivory Coast. *Trav Doc Orstom*, *32*, 1.
- Browner, C.H. (1985). Plants used for reproductive health in Oaxaca, México. *Economic Botany*, *39*, 482-504.
- Cáceres, A. (Ed.). (2009). *Vademécum nacional de plantas medicinales*. Guatemala: Editorial Universitaria USAC, MSPAS.
- Chicago Field Museum, USA. s.f. Museo de Historia Natural: Base de datos colecciones botánicas (en línea). Consultado el 9 mar. 2009. Disponible en <http://fm1.fieldmuseum.org/vrrc>.
- Ciulei, I. (1982). *Practical manual on the industrial utilization of medicinal and aromatics plants: methodology for analysis of vegetable drugs*. Bucharest, Romania: Behalf of UNIDO.
- Coe, F.G., & Anderson, G.J. Ethnobotany of the garifuna of eastern Nicaragua. *Economic Botany*, *50*, 71-107.
- Comerford, S.C. (1996). Medicinal plants of two mayan healers from San Andres, Petén, Guatemala. *Economic Botany*, *50*(3), 327-336.
- Cronquist, A. (1981). *An integrated system of classification of flowering plants*. New York, USA: Columbia University Press.
- Cruz, S.M. (2005). *Caracterización de aceites esenciales y evaluación de la actividad biocida de cinco especies nativas de Piperaceae*. (Tesis de Maestría). Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia USAC. Guatemala.
- Cruz, S.M., Solís, G., Vásquez, Y., Calderón, A., Ortega, E., Gupta, M.P., et al. (2005). Evaluación de la actividad biocida del extracto etanólico y particiones de *Piper aeruginosibaccum* Trelease. *Revista Latinoamericana de Química*, *33*(FT-11):159.

- Cruz, S.M., Véliz, R., Gómez, A., Alvarez, L., Cáceres, A., Morales, J., et al. (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.
- 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(1), 17-25.
- Desmarchelier, C., Barros, S., Repetto, M., Latorre, L.R., Kato, M., Coussio, J. et al. (1997). 4-nerolidylacetol from *Pothomorphe* spp. scavenges peroxy radicals and inhibits Fe(ii)-dependent DNA damage. *Planta Médica*, 63(6), 561-563.
- Dias dos Santos, P., de Lima Moreira, D., Guimarães, E.F., & Coelho, M.A. (2001). Essential oil of 10 Piperaceae species from the Brazilian Atlantic forest. *Phytochemistry*, 58(4), 547-551.
- Dieseldorff, E.P. (1977). *Las plantas medicinales del departamento de Alta Verapaz*. Guatemala: Tipografía Nacional.
- Domínguez, X.A., & Alcorn, J.B. (1985). Screening of medicinal plants used by huastec mayans of northeastern Mexico. *Journal of Ethnopharmacology*, 13, 139-156.
- Dominguez, X.A., Verde, J.S., Sucar, S., & Treviño, R. (1986). Two amides from *Piper amalago*. *Phytochemistry*, 25, 239-240.
- Duarte, M., & Siebenrock, M.C.N. (2010). Caracteres anatómicos de folha e caule de *Piper mikanianum* (Kunth) Steud., Piperaceae. *Latin American Journal of Pharmacy*, 29(1), 45-51.
- Duke, J.A., & Atchley A.A. (1986). *CRC handbook of proximate analysis tables of higher plants*. Boca Ratón, Florida: CRC Press.
- Duke, J.A., & Vásquez, R. (1994). *Amazonian ethnobotanical dictionary*. Boca Ratón, Florida, USA: CRC Press.
- Durand, E., Ellington, E.V., Feng, P.C., Haynes, L.J., Magnus, K.E., & Philip, N. (1962). Simple hypotensive and hypertensive principles from some West Indian medicinal plants. *Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 14, 562-566.

- Facundo, V.A., Polli, A.R., Rodrigues, R.V., Militão J.S.L., Stabelli, R.G., & Cardoso, C.T. (2008). Constituintes químicos fixos e voláteis dos talos e frutos de *Piper tuberculatum* Jacq. e das raízes de *P. hispidum* HBK. *Acta Amazónica*, 38, 733-742.
- Feng, P.C., Haynes, L.J., Magnus, K.E., Plimmer, J.R., & Sherratt, H.S.A. (1962). Pharmacological screening of some West Indian medicinal plants. *Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 14(9), 556-561.
- Figuroa, R. (2008). *Un científico popular*. Cienfuegos, Cuba: Ediciones Mecenasa.
- Flores, E.M. (1999). *La planta: estructura y función* (Vols. 1-2). Libro Universitario Regional (EULA/GTZ).
- Font-Quer, P., & Sierra-Ráfols, E. (2000). *Diccionario de botánica* (2a ed.). Barcelona, España: Ediciones Península.
- François T., Pierre, J.D., Lambert, S.M., Ndifor, F., Arlette, W.N., Paul, A.Z., et al. (2009). Comparative essential oils composition and insecticidal effect of different tissues of *Piper capense* L., *Piper guineense* Schum. et Thonn., *Piper nigrum* L. and *Piper umbellatum* L. grown in Cameroon. *African Journal of Biotechnology*, 8, 424-431.
- Gattuso, M., & Gattuso, S.J. (1999). *Manual de procedimientos para el análisis de drogas en polvo*. Argentina: Editorial de la Universidad Nacional de Rosario.
- Germósen, R.L. (1995). *Hacia una farmacopea caribeña: investigación científica y uso popular de plantas medicinales en el Caribe*. Santo Domingo, República Dominicana: Edición Tramil 7 – enda-caribe, UAG & Universidad de Antioquia.
- Germósen, R.L. (2005). *Farmacopea vegetal caribeña* (2a ed.). León, Nicaragua: Editorial Universitaria UNAN.
- Gobbi, A.P. (2003). *Morfo-anatomia comparativa da folha de três espécies da família Piperaceae*. Maringá, Brasil: Monografia – Universidade Estadual de Maringá.
- Goldberg, H.S. (1999). De la fitoterapia a la etnomedicina. *Fitociencia*, 11, 16-17.
- Gómez A. (2008). *Caracterización de extractos y aceites esenciales y evaluación de la actividad biológica de hoja de tres especies de Piperaceas (P. jacquemontianum, P. oradendron, P. umbellatum)*. (Tesis de Licenciatura, Química Farmacéutica). Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia USAC. Guatemala.

- Grainge, M., & Ahmed, S. (1988). *Handbook of plants with pest-control properties*. USA: John Wiley & Sons.
- Gupta M. (2008). *270 Plantas Medicinales Iberoamericanas*. Bogotá, Colombia: Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología. CYTED. Convenio Andrés Bello.
- Hammer, M.L.A., & Johns, E.A. (1993). Tapping an amazonian plethora: four medicinal plants of Marajo Island, Para (Brazil). *Journal of Ethnopharmacology*, 40, 53-75.
- Hernández I. (2007). *Validación farmacológica del efecto antiinflamatorio, de hoja de Solanum hartwegii Benth (Huiz), de hoja de Litsea guatemalensis Mez (Laurel), y de hoja de Piper jacquemontianum Kunth (Cordoncillo)*. (Tesis de Licenciatura, Química Farmacéutica). Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia USAC. Guatemala.
- Hosana, M., Alécio, A.C., Kato, M.J., Bolzani, V., Young, M.C.M., Cavalheiro, A.J., et al. (2000). Antifungal amides from *Piper hispidum* and *Piper tuberculatum*. *Phytochemistry*, 55, 621-626.
- Jackson, B., & Snowdon, D. (1990) *Atlas of microscopy of medicinal plants, culinary herbs and spices*. Londres: Library of Congress Cataloging in publication data.
- Jaramillo, M., & Manos, P. (2001). Phylogeny and patterns of floral diversity in the genus *Piper* (Piperaceae). *American Journal of Botany*, 88, 706-716.
- Jenett-Siems, K. (1999). Actividad antiplasmódica *in vitro* de plantas medicinales de Centro América. *Tropical Medicine & International Health*, 4, 611-615.
- Jones, S. (1988). *Sistemática vegetal: nomenclatura botánica*. Huesca M, trad. México: Editorial McGraw-Hill.
- Kerharo, J., & Bouquet, A. (1950). *Plantes médicinales et toxiques de la Cote-d'Ivoire-Haute-Volta*. Paris: Éditions Vigot frères.
- Kijjoo, A., Giesbrecht, M.A., Akisue, K.M., Gottlieb, R.O., & Gottlieb, E.H. (1980). 4-nerolidylcatechol from *Potomorphe umbellata*. *Planta Medica*, 39, 85-87.
- Kokwaro, J.O. (1976). *Medicinal plants of east Africa*. Nairobi, Kenya: University of Nairobi Press.
- Lentz, D.L., Clark, A.M., Hufford, C.D., Meurer-Grimes, B., Passreiter, C.M., Cordero, J., et al. (1998). Antimicrobial properties of Honduran medicinal plants. *Journal of Ethnopharmacology*, 63(3), 253-263.

- Machado, M.F., Militão, J.S.L.T., Morais, S.M., & Machado, M.I.L. (1994). Leaf oils of two Brazilian *Piper* species: *Piper arboreum* Aublet var. *latifolium* (C. DC) Yuncker and *Piper hispidum* Sw. *Journal of Essential Oil Research*, 6(6), 643-644.
- Martínez, J.V. (2009). Caracterización morfológica, ecológica, genética y química de 3 especies de *Piper* (*Piper jacquemontianum*, *Piper donnell smithii* y *Piper oradendron*) con fines de conservación y mejoramiento para su aprovechamiento como nuevos recursos aromáticos y/o medicinales en Guatemala. Guatemala: Proyecto FODECYT No. 114-2006.
- Martínez, M. (1979). *Catálogo de nombres vulgares y científicos de plantas mexicanas*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Martínez-Alfaro, M.A. (1984). Medicinal plants used in a Totonac community of the Sierra Norte de Puebla: Tuzamapan de Galeana, Puebla, México. *Journal of Ethnopharmacology*, 11, 203-221.
- Martins, A.P., Salgueiro, L., Vila, R., Tomi, F., Cañigüeral, S., Casanova, J., et al. (1998). Essential oils from four *Piper* species. *Phytochemistry*, 48, 2019-2023.
- Mellen, G.A. (1974). El uso de las plantas medicinales en Guatemala. *Guatemala Indígena*, 9, 102-148.
- 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.
- Michel, J.L., Chen, Y., Zhang, H., Huang, Y., Kronic, A., Orjala, J., et al. (2010). Estrogenic and serotonergic butenolides from the leaves of *Piper hispidum* Swingle (Piperaceae). *Journal of Ethnopharmacology*, 129, 220–226.
- Missouri Botanical Garden, USA. s.f. Museo de Historia Natural: Base de datos colecciones botánicas (en línea). Consultado el 11 mar. 2009. Disponible en <http://tropicos.org>.
- Mohandas, K.K., & Shah, G.L. (1982). Structure and ontogeny of trichomes in some Piperaceae. *Acta Botanica Indica*, 10, 92-95.
- Moraes, M.S. (1986). Considerações sobre a pariparoba oficial *Pothomorphe umbellata* (L.) Miq. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, 1, 101-108.
- Moreno, N. (1984). *Glosario botánico ilustrado*. México: Compañía Editorial Continental.

- 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.
- New York Botanical Garden, USA. s.f. Museo de Historia Natural: Base de datos colecciones botánicas (en línea). Consultado el 13 mar. 2009. Disponible en <http://sciweb.nybg.org/science2/hcol/allvasc/index.asp>.
- Noumi, E., & Yomi, A. (2001). Medicinal plants used for intestinal diseases in mbalmayo region, Central Province, Cameroon. *Fitoterapia*, 72, 246-254.
- Núñez, V. (2005). Inhibitory effects of *Piper umbellatum* and *Piper peltatum* extracts towards mytoxic phospholipases A2 from *Bothrops* snake venoms: Isolation of 4-nerolidylcatechol as active principle. *Phytochemistry*, 66, 1017-1025.
- 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.
- Otero, R., Fonnegra, R., Jiménez, S.L., Núñez, V., Evans, N., Alzate, S.P., et al. (2000). Snakebites and ethnobotany in the northwest region of Colombia; Part I: Traditional use of plants. *Journal of Ethnopharmacology*, 71, 493-504.
- Parmar, V.S., Jain, S.C., Bisht, K.S., Jain, R., Taneja, P., Jha, A., et al. (1997). Phytochemistry of the genus *Piper*. *Phytochemistry*, 4, 597-673.
- 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.
- Plazas, E., Cuca, L., & Delgado, W. (2008). Flavonoides aislados de las inflorescencias de *Piper hispidum* Kunth (Piperaceae) y derivados acetilados. *Revista Colombiana de Química*, 37, 135-144.
- Ríos, M. (1993). *Plantas útiles en el noroccidente de la provincial de Pichincha*. Cayambe, Ecuador: Editorial Abyala.

- Roersch, C. (2010). *Piper umbellatum* L.: A comparative cross-cultural analysis of its medicinal uses and an ethnopharmacological evaluation. *Journal of Ethnopharmacology*, 131(3), 522-537. doi:10.1016/j.jep.2010.07.045.
- Roig, J.T. (1988). *Plantas medicinales, aromáticas o venenosas de Cuba* (2a ed.). La Habana, Cuba: Editorial Científico-Técnica.
- Roque, J.M. (1941). *Flora médico guatemalteca*. Guatemala: Tipografía Nacional.
- Schultes, R.E. (1975). De plantis toxicariis e mundo novo tropicale commentationes; XII. Notes on biodynamic piperaceous plants. *Rhodora*, 77, 165.
- Schultes, R.E., & Raffauf, R.F. (1990). Field notes on curare constituents in the northwest Amazonia Curare, 13, 105-120.
- Schultes, R.E. (1980). De plantas toxicariis e mundo novo tropicale commentation. XXVI; Ethnopharmacological notes on the flora of northwestern South America. *Botanical Museum Leaflets of Harvard University*, 28, 1-45.
- Selvanayahgam, Z.E., Gnanavendhan, S.G., Balakrishna, K., & Bhima Rao, R. (1994). Antisnake venom botanicals from ethnomedicine. *Journal of Herbs Spices & Medicinal Plants*, 2(4), 45-100.
- 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.
- Simmons, C.S., Tarano, J.M., & Pinto, J.H. (1976). *Clasificación de reconocimiento de los suelos de la República de Guatemala*. Guatemala: Editorial del Ministerio de Educación Pública "José de Pineda Ibarra".
- Smithsonian Institution, USA. s.f. Museo de Historia Natural: Base de datos colecciones botánicas (en línea). Consultado el 14 mar. 2009. Disponible en <http://nhb-acsmiht1.si.edu/emuwebbotweb/pages/nmnh/bot/Query.php>.
- Soc M. (2002). *Informe de servicios realizados durante la ejecución del Ejercicio Profesional Supervisado (EPS) en la ecoparcela "El Kakawatal", Cantón Chiguaxté, Samayac, Suchitepéquez*. (Informe final EPS). Facultad de Agronomía USAC. Guatemala.
- Soler B.A. (2005). *Aspectos de control de calidad de las drogas crudas*. Guatemala: MUPLAM- Curso de Farmacognosia y Control de Calidad. Documento Técnico.

- Solereeder, M. (1908). *Systematic anatomy of the dicotyledons*. Oxford: Clarendon Press.
- Solís, P.N., Guerrero, N., Gattuso, M., & Cáceres, A. (2004). *Manual de caracterización y análisis de drogas vegetales y productos fitoterapéuticos*. (s.l.): Organización de los Estados Americanos.
- 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 diospyrifoium* Kunth. (Piperaceae). *Gayana Botánica*, 61(1), 6-17.
- Standley, P.C. (1926). Trees and shrubs of México. *Smithsonian Institution Press*, 23(5), 1647.
- Standley, P.C. (1930). Flora of Yucatán. *Fieldiana: Botany*, 3(3), 241.
- Standley, P.C. (1937). Flora of Costa Rica. *Fieldiana: Botany*, 18(1), 329-370.
- Standley, P.C., & Steyermark, J.A. (1952). Flora of Guatemala. *Fieldiana: Botany*, 24(3), 275-337.
- Stehmann, J.R., & Brandao, M.G.L. (1995). Medicinal plants of Lavras Novas (Minas Gerais, Brazil). *Fitoterapia*, 56, 515-520.
- Stevens, W.D., Pool, A., & Montiel, M. (2001). Flora of Nicaragua. *Missouri Botanical Garden Press*, 3, 2510.
- Stimson, W.R. (1971). Ethnobotanical notes from Puerto Rico. *Lloydia*, 34(1), 165.
- Tabopda, T.K., Ngoupayo, J., Liu, J., Mitaine-Offer, A.C., Tanoli, S.A., Khan, S.N., et al. (2008). Bioactive aristolactams from *Piper umbellatum*. *Phytochemistry*, 69, 1726-1731.
- Takemori N.K. (2002). Anatomia comparada de *Peperomia catharinae* Miquel, *P. emarginella* (Sw.) C.DC., *P. cuadrifolia* (L.) Kunth e *P. rotundifolia* (L.) Kunth (Piperaceae). (Dissertação Mestrado). Universidade Federal do Paraná. Curitiba, Brasil.
- The European Scientific Cooperative on Phytotherapy. (2003). *Monographs: The Scientific Foundation for Herbal Medicinal Plants* (2a. ed.). United Kingdom: Exeter.
- Valadeau, C., Pabon, A., Deharo, E., Albán-Castillo, J., Estevez, Y., Lores, F.A., et al. (2009). Medicinal plants from the Yanasha (Peru): Evaluation of the leishmanicidal and antimalarial activity of select extracts. *Journal of Ethnopharmacology*, 123, 413-422.

- Vasilev, A. (1969). *Plantas medicinales de Guinea*. Conakry, Republique de Guinea.
- Véliz, R., Cruz, S., Gómez, A., García, V., Alvarez, L., Cáceres, A., et al. (2006). *Caracterización de Aceites Esenciales y extractos de ocho especies Mesoamericanas de Piperaceas y evaluación de la actividad biocida para su aprovechamiento como nuevos recursos aromáticos y/o medicinales*. Guatemala: Dirección General de Investigación-USAC.
- Vianna, W.O., & Akisue, G. Caracterização morfológica de *Piper aduncum* L. *Lecta*, 15, 141-62.
- Villacrés, V. (1995). *Bioactividad de plantas amazónicas*. Quito, Ecuador: Ediciones Abya-Yala.
- Villar, L. & Villavicencio, V. (2001). *Manual de Fitoterapia*. Lima, Perú: Organización Panamericana de la Salud.
- World Health Organization. (1998). *Quality Control Methods for Medicinal Plants Materials*. Geneva, Switzerland: World Health Organization Press.
- World Health Organization. (1999-2007). *WHO monographs on Selected Medicinal Plants*. (Vols. 1-3). Geneva, Switzerland: World Health Organization Press.
- Yuncker, T.G. (1972). The Piperaceae of Brazil – I. *Piper* – group I, II, III, IV. *Hoehnea*, 2, 19-366.
- Yuncker, T.G. (1973). The Piperaceae of Brazil – II. *Piper* – group V; *Ottonia*; *Pothomorphe*; *Sarcorrhachis*. *Hoehnea*, 3, 29-284.
- Zamora-Martínez, M.C., & Pola, C.N.P. (1992). Medicinal plants used in some rural populations of Oaxaca, Puebla and Veracruz, Mexico. *Journal of Ethnopharmacology*, 35, 229-257.

13. ANEXOS

Anexo 1. Tablas de resultados

Tabla 1. Características de la lámina en corte transversal. Fuente: datos experimentales.

| | <i>P. amalago</i> | <i>P. auritum</i> | <i>P. hispidum</i> | <i>P. jacquemontianum</i> | <i>P. oradendron</i> | <i>P. patulum</i> | <i>P. umbellatum</i> |
|--|-------------------|-------------------|--------------------|---------------------------|----------------------|-------------------|----------------------|
| Tipo de hoja según la distribución de los estomas | Hi* | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi |
| Estratos epidérmicos haz | 1 (1) | 1 (1) | 1 (1) | 1 (1) | 1 (1) | 1 (1) | 1 (1) |
| Estratos epidérmicos envés | 1 (1) | 1 (1) | 1 (1) | 1 (1) | 1 (1) | 1 (1) | 1 (1) |
| Estratos capa subepidérmica haz | 1 (1) | 1 (1) | 1 (1) | 1 (1) | 1 (1) | 1 (1) | 1 (1) |
| Estratos capa subepidérmica envés | 1 (1) | 1 (1) | 1 (1) | 1 (1) | 1 (1) | 1 (1) | 1 (1) |
| Estratos capa subepidérmica haz, vena central | 1-2 (2) | 1-2 (1) | 1 (1) | 1 (1) | 1 (1) | 1 (1) | 1-2 (2) |
| Estratos capa subepidérmica envés, vena central | 1-2 (2) | 3-4 (4) | 1 (1) | 1-2 (1) | 1-2 (2) | 1-2 (2) | 1 (1) |
| Tipo de mesófilo | Dv | Dv | Dv | Dv | Dv | Dv | Dv |
| Estratos de parénquima empalizada | 1 (1) | 2-3 (2) | 1 (1) | 1 (1) | 1 (1) | 1 (1) | 1 (1) |
| Estratos de parénquima esponjoso | 2-3 (2) | 2-3 (2) | 1-3 (2) | 2-3 (2) | 1-2 (2) | 1-2 (2) | 2-3 (2) |
| Tipo de haz vascular | Co | Co | Co | Co | Co | Co | Co |
| Tipo de colénquima | An | An | An | An | An | An | An |
| Cristales | P | P | P | P | P | P | P |
| Tipo de cristales | Sr, Sc y Gr | Sr, Sc y Ra | Ra | Ra | Ra | Sr, Sc y Sp | Ra |
| Localización | Pf | Pf | Pf | Pf | Pf | Pf | Mf |
| Células con contenido lipofílico | P | P | P | P | P | P | P |
| Distribución de las células con contenido lipofílico | Mf, Cl, Pf y Fl | Hp, Mf y Pf | Pf, Mf e Hp | Mf y Pf | Es en Mf | Pf y Mf | Mf |

*Revisar el Anexo 3 en la página 129 para ver el significado de las abreviaciones

Tabla 2. Características del pecíolo en corte transversal. Fuente: datos experimentales.

| | <i>P. amalago</i> | <i>P. auritum</i> | <i>P. hispidum</i> | <i>P. jacquemontianum</i> | <i>P. oradendron</i> | <i>P. patulum</i> | <i>P. umbellatum</i> |
|--|----------------------------|-------------------|-----------------------------|---------------------------|-----------------------------|-------------------|----------------------------|
| Forma de la región apical | Cor | Cr | El | Cr | Scr | Se | Cr-Se |
| Forma de la región media | Cor | MI | Scr | El-Cr | Scr | Se | Cr-Se |
| Forma de la región basal | Cor | MI | Scr | El-Cr | Scr | Cr | Cr-Se |
| Superficie | 3-Ac | Li | On | Eo | Eo | Li | Li |
| Tricomas | P | A | P | P | P | A | P |
| Tipo(s) de tricoma | | | | | | | |
| Tpl1 | P | - | P | P | P | - | P |
| No. Segmentos | 5-7 (6) | - | 5-8 (7) | 4-6 (4) | 5-12 (8) | - | 4-5 (5) |
| Longitud (µm) | 82.4-175.1 118,4 ± 35.4 | - | 105.4-278.3 179.4 ± 56.3 | 60.4-103.1 83.4 ± 14.6 | 185.4-463.5 292.5 ± 96.3 | - | 61.2-121.5 101.1 ± 27.5 |
| Tpl2 | A | - | P | A | A | - | A |
| No. Segmentos | - | - | 5-7 (6) | - | - | - | - |
| Longitud (µm) | - | - | 153.6-288.4 215.9 ± 42.9 | - | - | - | - |
| Tpc | - | - | P | A | A | - | A |
| No. Segmentos | - | - | 2 (2) | - | - | - | - |
| Longitud (µm) | - | - | 56.3-102.4 67.1 ± 19.8 | - | - | - | - |
| Distribución espacial de los tricomas | Cara adaxial | - | Todo el pecíolo | Cara abaxial | Todo el pecíolo | - | Todo el pecíolo |
| Tipo de haz vascular | Co | Co | Co | Co | Co | Co | Co |
| Disposición de los haces | Cn | Cn | Cn | Cn | Cn | Cn | Cn |
| Cristales | P | P | P | P | P | P | P |
| Tipo de cristales | Sr y Sc | Sr, Sc y Ra | Ra | Ra | Ra | Sc y Sr | Ra |
| Células con contenido lipofílico | P | P | P | P | P | P | P |
| Distribución de las células con contenido lipofílico | Pf | Pf | Pf | Pf e Hp | Pf | Pf | Pf |

Tabla 3. Características de la raíz en corte transversal. Fuente: datos experimentales.

| | <i>P. amalago</i> | <i>P. auritum</i> | <i>P. hispidum</i> | <i>P. jacquemontianum</i> | <i>P. oradendron</i> | <i>P. patulum</i> | <i>P. umbellatum</i> |
|--|--|--|--|--|--|--|--|
| Tipo de raíz | Poliarca |
| Gránulos de almidón | P | P | P | P | P | P | P |
| Distribución | Parénquima cortical y radio parenquimático |
| Células con contenido lipofílico | P | P | P | P | P | P | P |
| Distribución | Parénquima cortical | Parénquima cortical | Parénquima cortical y radio parenquimático | Parénquima cortical | Parénquima cortical | Parénquima cortical | Parénquima cortical |
| Células esclerenquimáticas en el parénquima cortical | Presentes |

Tabla 4. Características de la arquitectura foliar. Fuente: datos experimentales.

| | <i>P. amalago</i> | <i>P. auritum</i> | <i>P. hispidum</i> | <i>P. jacquemontianum</i> | <i>P. oradendron</i> | <i>P. patulum</i> | <i>P. umbellatum</i> |
|--|---|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---|--|
| Tipo de venación | Pa | Pn | Pn | Pn | Pn | Pa | Pa |
| No. nervios, incluyendo la vena central | 5 (5) | 7-9 (7) | 9-11 (9) | 7-9 (7) | 7-9 (7) | 9 (9) | 13 (13) |
| Forma de las areolas | Pe | Pe, Tc y Tr | Pe, Tc y Tr | Tc, Tr, Pe y He | Pe | Ir | Ir, Tc y Pe |
| No. ramificaciones de las vénulas de las areolas | 3-4 (3) | 2-3 (3) | 2-3 (3) | 3-5 (4) | 3-4 (3) | 3-4 (3) | 2-3 (3) |
| Tipo de venación, basado en el modelo de Hickey (1973) | Campilódromo. Broquidódromo cerca del margen de la lámina; ya que forman una serie de arcos antes de llegar al margen de la hoja. | Camptódromo-broquidódromo | Camptódromo-broquidódromo | Camptódromo-broquidódromo | Camptódromo-broquidódromo | Campilódromo. Broquidódromo cerca del margen de la lámina; ya que forman una serie de arcos antes de llegar al margen de la hoja. | Combinación del tipo campilódromo y actinódromo-reticulado y basal. El margen de la lámina conserva el tipo broquidódromo de las hojas pinnadas; ya que los nervios forman una serie de arcos antes de llegar al margen de la hoja |

Tabla 5. Características de la superficie adaxial de la lámina en diafanizado. Fuente: datos experimentales.

| | <i>P. amalago</i> | <i>P. auritum</i> | <i>P. hispidum</i> | <i>P. jacquemontianum</i> | <i>P. oradendron</i> | <i>P. patulum</i> | <i>P. umbellatum</i> |
|----------------------------------|---|--|--|--|--|--|--|
| Forma de las células epidérmicas | Pl e Is | Pl e Is | Pl e Is | Pl | Pl | Pl | Pl |
| Contorno | Rt | Lo | Rt a Lo | Lo | Rt a Lo | Rt | Lo |
| Tipos de tricomas | | | | | | | |
| Tpl1 | P | P | P | P | P | A | P |
| No. Segmentos | 5-7 (6) | 5-9 (6) | 5-8 (7) | 4-6 (4) | 5-12 (8) | - | 4-5 (5) |
| Longitud (µm) | 82.4-175.1 118,4 ± 35.4 | 153.6-257.5 192.4 ± 30.5 | 105.4-278.3 179.4 ± 56.3 | 60.4-103.1 83.4 ± 14.6 | 185.4-463.5 292.5 ± 96.3 | - | 61.2-121.5 101.1 ± 27.5 |
| Tpc | A | A | P | P | P | A | A |
| No. Segmentos | - | - | 2-3 (2) | 2 (2) | 2-3 (2) | - | - |
| Longitud (µm) | - | - | 56.3-102.4 67.1 ± 19.8 | 24.0-31.0 (26.3 ± 2.81) | 56.3-113.3 69.0 ± 21.6 | - | - |
| Tuc | P | P | A | A | P | P | P |
| Longitud (µm) | 51.5-61.8 56.2 ± 4.6 | 50.3-59.7 53.0 ± 3.6 | - | - | 24.4-51.3 36.4 ± 10.4 | 13.0-90.0 51.2 ± 18.5 | 30.7-56.3 46.9 ± 9.2 |
| Tg | A | P | - | A | A | A | A |
| Longitud (µm) | - | 25.6-30.72 28.2 ± 2.10 | 25.6-30.72 28.4 ± 1.9 | - | - | - | - |
| Distribución de los tricomas | Ambos escasos o ninguno entre las venas y abundantes en las venas, principalmente la vena central | Presentes en toda la superficie de la lámina. Tpl1 y Tuc más abundante en la vena central. | Tpl1 únicamente vena central cerca de la base. El resto en toda la superficie de la lámina | Únicamente en la vena central cerca de la base de la lámina. | Los tres tipos en toda la superficie de la lámina. Tpl1 más abundantes en vena central cerca de la base. | En toda la superficie de la lámina, pero es muy escaso en la región de las venas | Tpl1 es escaso o ausente y Tuc más abundante que Tpl1. Ambos en toda la superficie |
| Margen | No se observan | Tpl1 y Tuc | No se observan | No se observa | No se observan | Si se observa | No se observan |

Tabla 6. Características de la superficie abaxial de la lámina en diafanizado. Fuente: datos experimentales.

| | <i>P. amalago</i> | <i>P. auritum</i> | <i>P. hispidum</i> | <i>P. jacquemontianum</i> | <i>P. oradendron</i> | <i>P. patulum</i> | <i>P. umbellatum</i> |
|----------------------------------|---|---|--|---|--|-------------------------------------|---|
| Tipos de estoma | Tci y Cci | Tci y Cci | Tci y Aci | Tci | Tci | Tci y Cci | Tci |
| Forma de las células epidérmicas | Ir | Ir | Ir | Ir | Ir | Ir | Ir |
| Contornos | On a Lo | Lo | Mo | Mo | On | On | On |
| Tipo de tricomas | | | | | | | |
| Tpl1 | P | P | A | A | P | A | P |
| No. Segmentos | 5-7 (6) | 5-9 (6) | - | - | 5-12 (8) | - | 4-5 (5) |
| Longitud (µm) | 82.4-175.1 118,4 ± 35.4 | 153.6-257.5 192.4 ± 30.5 | - | - | 185.4-463.5 292.5 ± 96.3 | - | 61.2-121.5 101.1 ± 27.5 |
| Tpl2 | A | A | P | A | P | A | A |
| No. Segmentos | - | - | 5-7 (6) | - | 5-9 (8) | - | - |
| Longitud (µm) | - | - | 153.6-288.4 215.9 ± 42.9 | - | 181.2-401.73 277.2 ± 85.8 | - | - |
| Tpc | A | A | P | P | P | A | A |
| No. Segmentos | - | - | 2-3 (2) | 2 (2) | 2-3 (2) | - | - |
| Longitud (µm) | - | - | 56.3-102.4 67.1 ± 19.8 | 24.0-31.0 26.3 ± 2.81 | 56.3-113.3 69.0 ± 21.6 | - | - |
| Tuc | P | P | A | P | P | A | P |
| Longitud (µm) | 51.5-61.8 56.2 ± 4.6 | 50.3-59.7 53.0 ± 3.6 | - | 23.04-51.2 35.9 ± 9.2 | 24.4-51.3 36.4 ± 10.4 | - | 30.7-56.3 46.9 ± 9.2 |
| Tul | A | A | - | P | A | A | A |
| Longitud (µm) | - | - | - | 71.7-102.4 76.0 ± 6.1 | - | - | - |
| Tg | P | P | P | P | P | P | P |
| Longitud (µm) | 28.2-35.8 30.2 ± 3.4 | 25.6-30.72 28.2 ± 2.10 | 25.6-30.72 28.4 ± 1.9 | 25.6-30.72 27.9 ± 2.2 | 25.6-30.72 27.9 ± 1.9 | 30.7-33.3 31.5 ± 1.2 | 28.2-35.8 31.0 ± 2.8 |
| Distribución de los tricomas | Tpl1 y Tuc escasos o ninguno entre las venas y abundantes en las venas, principalmente la vena central. Tg en toda la lámina. | Presentes en toda la lámina. Tpl1 y Tuc más abundante en la vena central. | Presentes en toda la lámina. Tpl2 en las venas, principalmente en la vena central. | Tul únicamente en las venas, principalmente en la vena central. Los otros tres presentes en toda la lámina. | Tpl1 muy escaso entre las venas y es más abundante en la vena central cerca de la base. Tpl2 únicamente venas, principalmente la vena central. El resto en toda la lámina. | En toda la superficie de la lámina. | Tpl1 en toda la lámina, principalmente en la vena central. El resto presente en toda la lámina. |
| Margen | No se observan | Tpl1 y Tuc | Tpl2 | No se observan | Tpl2 | No se observa | No se observan |

Tabla 7. Características del disociado débil de la lámina. Fuente: datos experimentales.

| | <i>P. amalago</i> | <i>P. auritum</i> | <i>P. hispidum</i> | <i>P. jacquemontianum</i> | <i>P. oradendron</i> | <i>P. patulum</i> | <i>P. umbellatum</i> |
|----------------------------|--|--|------------------------------|--|------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| Elementos xilemáticos | | | | | | | |
| Tipos de vaso | Helicoidales | Helicoidales, anulares y pocas reticuladas | Helicoidales y anulares | Helicoidales, anulares y pocas escalariiformes | Helicoidales y anulares | Helicoidales y pocas reticuladas | Helicoidal y anular |
| Placa de perforación | Simple | Simple | Simple | Simple | Simple | Simple | Simple |
| Células esclerenquimáticas | Cantidades diminutas de braquiesclereidas, macroesclereidas y fibroesclereidas | Escasas fibroesclereidas | Muy escasas fibroesclereidas | Abundantes fibroesclereidas | Muy escasas fibroesclereidas | Muy escasas a ninguna fibroesclereida | Muy escasas a ninguna fibroesclereida |

Tabla 8. Características del disociado fuerte de la raíz. Fuente: datos experimentales.

| | <i>P. amalago</i> | <i>P. auritum</i> | <i>P. hispidum</i> | <i>P. jacquemontianum</i> | <i>P. oradendron</i> | <i>P. patulum</i> | <i>P. umbellatum</i> |
|----------------------------|--|---|--|---|--|---|--|
| Tipos de vasos | Punteado alterno y escalariforme | Escalariforme y pocas punteadas | Escalariforme, pocas punteadas y helicoidales | Escalariforme | Escalariforme | Escalariforme y punteado | Escalariforme y muy pocas punteadas |
| Longitud (µm) | | | | | | | |
| Largo | 76.8-319.3 207.8 ± 69.3 | 113.3-267.8 174.0 ± 56.6 | 185.4-339.9 245.9 ± 47.1 | 123.6-278.1 203.9 ± 48.8 | 164.8-360.5 254.1 ± 51.6 | 113.3-329.6 206.0 ± 58.9 | 122.9-339.9 218.3 ± 76.3 |
| Ancho | 30.9-72.1 46.2 ± 15.2 | 30.9-82.4 55.1 ± 16.1 | 23.0-51.5 32.6 ± 9.2 | 10.3-61.8 44.3 ± 14.6 | 30.9-92.7 61.8 ± 16.1 | 51.5-72.1 60.8 ± 7.6 | 25.6-103.0 56.8 ± 21.8 |
| Placa de perforación | Simple | Simple | Simple | Simple | Simple | Simple | Simple |
| Células esclerenquimáticas | Fibras libriformes; algunas fibrotraqueidas; abundantes macroesclereidas, braquiesclereidas y esclereidas filiformes | Abundantes macroesclereidas y braquiesclereidas en menor cantidad | Abundantes fibrotraqueidas, fibroesclereidas y abundantes esclereidas filiformes | Abundantes fibrotraqueidas; macroesclereidas y algunas osteoesclereidas y braquiesclereidas | Abundantes fibrotraqueidas; braquiesclereidas y muy pocas macroesclereidas | Abundantes fibrotraqueidas; esclereidas filiformes y en menor cantidad braquiesclereidas y macroesclereidas | Fibrotraqueidas; esclereidas filiformes; fibroesclereidas y en menor cantidad braquiesclereidas, osteoesclereidas y macroesclereidas |

Tabla 9a. Características macroscópicas de la hoja y el pecíolo. Fuente: datos experimentales.

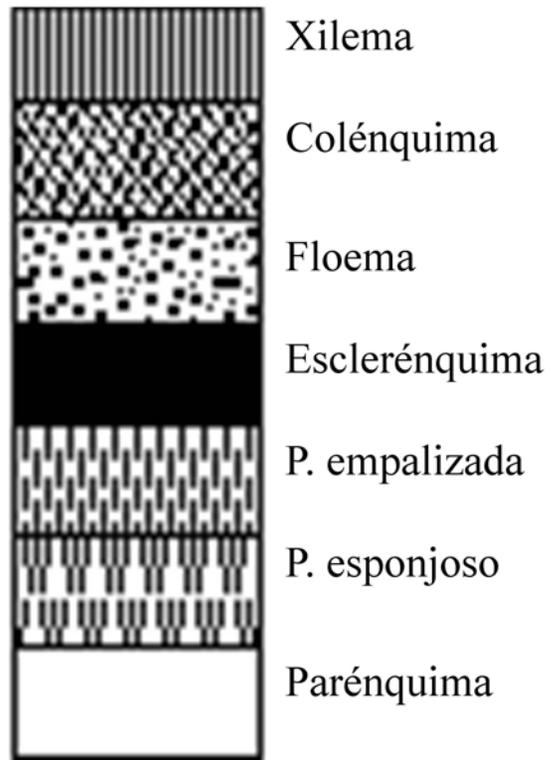
| | <i>P. amalago</i> | <i>P. auritum</i> | <i>P. hispidum</i> |
|-----------------------------|---|--|--|
| Aspecto general | Fragmentadas | Fragmentadas | Fragmentadas |
| Consistencia | Membranáceo-flexible | Membranáceo-flexible | Flexible |
| Color haz | Verde grisáceo oscuro y levemente lustroso | Verde amarillento opaco a levemente lustroso | verde oscuro y poco lustroso |
| Color envés | Verde pálido lustroso | Verde blanquizco opaco | Verde claro a verde blanquizco y opaco |
| Color de las venas en envés | Blanquecinas | Cerca de la base es café claro a levemente más oscuro. El resto café más claro a blanquecino | Café rojizo |
| Olor | Muy fuerte a cítrico | Principalmente anisado y escasamente cítrico | Muy fuerte a cítrico |
| Sabor | Levemente amargo | Salado y luego levemente dulce | Astringente |
| Textura del haz | Liso | Liso | Áspero al tacto, escasamente bulado |
| Presencia de puntuaciones | Escasamente pelucido-punctado | Abundantemente pelucido-punctado | Abundantemente pelucido-punctado |
| Indumento | Indumento pubescente en toda la superficie; aunque es más abundante en la región de la vena central | Escaso indumento pubescente en toda la superficie de la lámina, más abundante en la vena central | Indumento pubescente en la vena central cerca de la base y un escaso indumento hirsuto en toda la superficie |
| Aspecto de las venas | Impresas. Venas primarias sobresalen levemente, cerca de la base de la lámina | Impresas. La vena central sobresale escasamente | Impresas a escasamente sobresalientes; principalmente en la vena central |
| Textura del envés | Liso | Liso | Liso a escasamente áspero al tacto |
| Presencia de puntuaciones | Sin puntuaciones | Escasamente o nada pelucido-punctado | Pobrementemente pelucido-punctado |
| Indumento | Escaso indumento pubescente, principalmente en la vena central; aunque en menor cantidad en comparación con la cara adaxial | Abundantemente pubescente; más en la región de las venas y vena central, cercanas a la base de la lámina | Abundante indumento estrigoso, muy adpresos en las venas, pero más en la vena central. Entre las venas, también se observa un indumento hirsuto, como en los descritos para el haz |
| Aspecto de las venas | Sobresalen; principalmente en la vena central | Sobresalen en envés pero aún más en la vena central | Sobresalen; principalmente en la vena central |
| Margen de la lámina | Entero y glabro | Entero y abundantemente pubescente | Entero y glabrescente, donde se observan poco indumento estrigoso |
| Pecíolo | Glabro con tres estriaciones prominentes | Glabro. Cilíndrico desde la primera mitad y alado desde el medio hasta la base de éste | Muy piloso, liso, no alado y cilíndrico |
| Tamaño de la partícula (mm) | | | |
| Largo | 8-15 10.3 ± 1.9 | 8-14.5 10.6 ± 2.5 | 6.5-10.6 9.8 ± 1.0 |
| Ancho | 5-8.6 6.6 ± 0.9 | 5-9.0 7.0 ± 1.1 | 3-9.5 6.7 ± 1.8 |

Tabla 9b. Características macroscópicas de la hoja y el pecíolo. Fuente: datos experimentales.

| | <i>P. jacquemontianum</i> | <i>P. oradendron</i> |
|-----------------------------|---|---|
| Aspecto general | Fragmentadas | Fragmentadas |
| Consistencia | Coriácea | Membranáceo-flexible |
| Color haz | Verde oscuro a verde claro. Muy lustroso | Verde a una tonalidad más clara. Escasamente lustroso |
| Color envés | Verde claro a verde grisáceo. Muy lustroso | Verde pálido a verde blancuzco. Levemente más lustroso que el haz |
| Color de las venas en envés | Blanquecinas y translúcidas | La vena central tiene una coloración café claro, mientras que en resto de las venas es de color café amarillento claro |
| Olor | Cítrico muy fuerte, parecido al de la hoja de limón. Levemente dulce al desmenuzar la hoja con los dedos | Levemente cítrico |
| Sabor | Levemente astringente | Escasamente salado |
| Textura del haz | Liso a levemente bulado | Muy bulado, levemente áspero al tacto |
| Presencia de puntuaciones | Muy poco pelucido-punctado. | Levemente o nada pelucido-punctado |
| Indumento | Glabro entre las venas y escaso indumento pubescente, de tricomas largos y rectos, en la región de la vena central cerca de la base | Indumento pubescente. Los tricomas son más abundantes en la vena central, cerca de la base, y en menor cantidad en el resto de la lámina. |
| Aspecto de las venas | Impresas | Impresas y algo sobresalientes en la vena central cerca de la base de la lámina |
| Textura del envés | Liso | Levemente bulado |
| Presencia de puntuaciones | Espacios en donde se observa una sustancia de color amarillo-naranja. No pelucido-punctado | No pelucido-punctado. Se observan unos pequeños orificios donde sale una sustancia de color café amarillento claro |
| Indumento | Abundante indumento estrigoso en la región de la vena central y en menor cantidad en el resto de las venas | En las venas y principalmente la vena central hay un indumento estrigoso. En la región de la vena central cerca de la base y en menor abundancia en el resto de la lámina, se observa el indumento descrito para el haz |
| Aspecto de las venas | Sobresalen; principalmente en la vena central | Sobresalen; principalmente en la vena central |
| Margen de la lámina | Entero y glabro | Entero y abundantemente estrigoso |
| Pecíolo | Estriado, algo rugoso, levemente piloso, cilíndrico | Liso, cilíndrico, arrugado cuando seco, sin estriaciones, abundantemente piloso, vaginado casi desde la mitad |
| Tamaño de la partícula (mm) | | |
| Largo | 7.0-10.9 9.6 ± 1.2 | 9.0-13.0 10.7 ± 1.2 |
| Ancho | 3-9.8 6.8 ± 1.2 | 4.8-10.0 7.7 ± 1.0 |

Tabla 9c. Características macroscópicas de la hoja y el pecíolo. Fuente: datos experimentales.

| | <i>P. patulum</i> | <i>P. umbellatum</i> |
|-----------------------------|---|---|
| Aspecto general | Fragmentadas | Fragmentadas |
| Consistencia | Membranácea | Membranáceo-flexible |
| Color haz | Verde a verde oscuro o café verdoso. Levemente lustroso | Verde a verde amarillento. Opaco a escasamente lustroso |
| Color envés | Verde grisáceo pálido. Lustroso | Verde pálido a verde blancuzco. Opaco |
| Color de las venas en envés | Blanquecinas y algunas café rojizo claro | Café parduzco a café blancuzco |
| Olor | Anisado; además tiene un olor leve parecido a la menta | Levemente ácido y un aroma dulce muy débil |
| Sabor | Levemente amargo y algo salado | Algo picante y salado |
| Textura del haz | Levemente bulado a liso | Liso |
| Presencia de puntuaciones | Escasamente pelúcido-punctado | Muy poco pelúcido-punctado. Además, presenta abundantes espacios secretores, donde se observa un líquido de color café claro a pardo oscuro |
| Indumento | Escaso indumento corto pubescente, en las regiones entre las venas y ninguno en las venas | Indumento pubescente en toda la superficie pero más abundante en la vena central |
| Aspecto de las venas | Impresas. La vena central pobremente sobresale cerca de la base de la hoja | Sobresalen principalmente en la vena central y presentan ondulaciones muy pronunciadas |
| Textura del envés | Liso | Liso |
| Presencia de puntuaciones | No pelúcido punctado. Presencia de abundantes espacios secretores, donde se observa un líquido de color pardo a café oscuro | No pelúcido-punctado. Presencia de abundantes estructuras secretoras, con un líquido de color café claro a pardo oscuro |
| Indumento | Glabro | Indumento pubescente. Los tricomas están presentes solamente en las venas; principalmente en la vena central. |
| Aspecto de las venas | Sobresalen; principalmente en la vena central | Muy prominentes y bastante onduladas |
| Margen de la lámina | Entero y con un abundante indumento corto pubescente | Entero y glabro |
| Pecíolo | Conspicuamente estriado, vaginado o alado menos de la mitad, glabrescente y lustroso. Cilíndrico desde el ápice | Liso, cilíndrico y abundantemente pubescente |
| Tamaño de la partícula (mm) | | |
| Largo | 6.0-12.0 7.7 ± 1.5 | 7.0-10.4 9.2 ± 1.1 |
| Ancho | 5.0-9.0 6.0 ± 0.5 | 4.5-10.1 6.0 ± 1.3 |

Anexo 2. Claves de Metcalfe y Chalk para la elaboración de los esquemas micrográficos

Anexo 3. Abreviaciones de las tablas.

| | |
|--------------------------|---|
| A: Ausente | On: Ondulado |
| Ab: Abundante | P: Presente |
| Ac: Acanalado | Pa: Palmado |
| Aci: Anisocítico | Pe: Pentagonal |
| An: Angular | Pf: Parénquima fundamental |
| Cci: Ciclocítico | Pl: Poligonal |
| Cl: Colénquima | Pn: Pinnado |
| Cn: Concéntrico | Ra: Rafídios |
| Co: Colateral | Rt: Rectilíneo |
| Cor: Cordado | Sc: Solitario cúbico |
| Cr: Circular | Scr: Semicircular |
| Dv: Dorsiventral | Se: Semi-elíptico |
| El: Elíptico | Sp: Solitario prismático |
| Eo: Escasamente ondulado | Sr: Solitario rómbico |
| Es: Escaso | Tc: Tetragonal cuadrado |
| Fl: Floema | Tci: Tetracítico |
| Gr: Granulados | Tg: Tricoma glandular |
| He: Hexagonal | Tpc: Tricoma tector pluricelular corto |
| Hp: Hipodermis | Tpl1: Tricoma tector pluricelular largo y recto |
| Ir: Irregular | Tpl2: Tricoma tector pluricelular largo y adpreso |
| Is: Isodiamétrico | Tr: Tetragonal rectangular |
| Lo: Levemente ondulado | Tuc: Tricoma tector unicelular corto |
| Ma: Muy abundante | Tul: Tricoma tector unicelular largo |
| Me: Muy escaso | |
| Mf: Mesófilo | |
| MI: Media luna | |
| Mo: Muy ondulado | |

Anexo 4. Mapas de distribución geográfica de las siete especies del género *Piper* estudiadas.

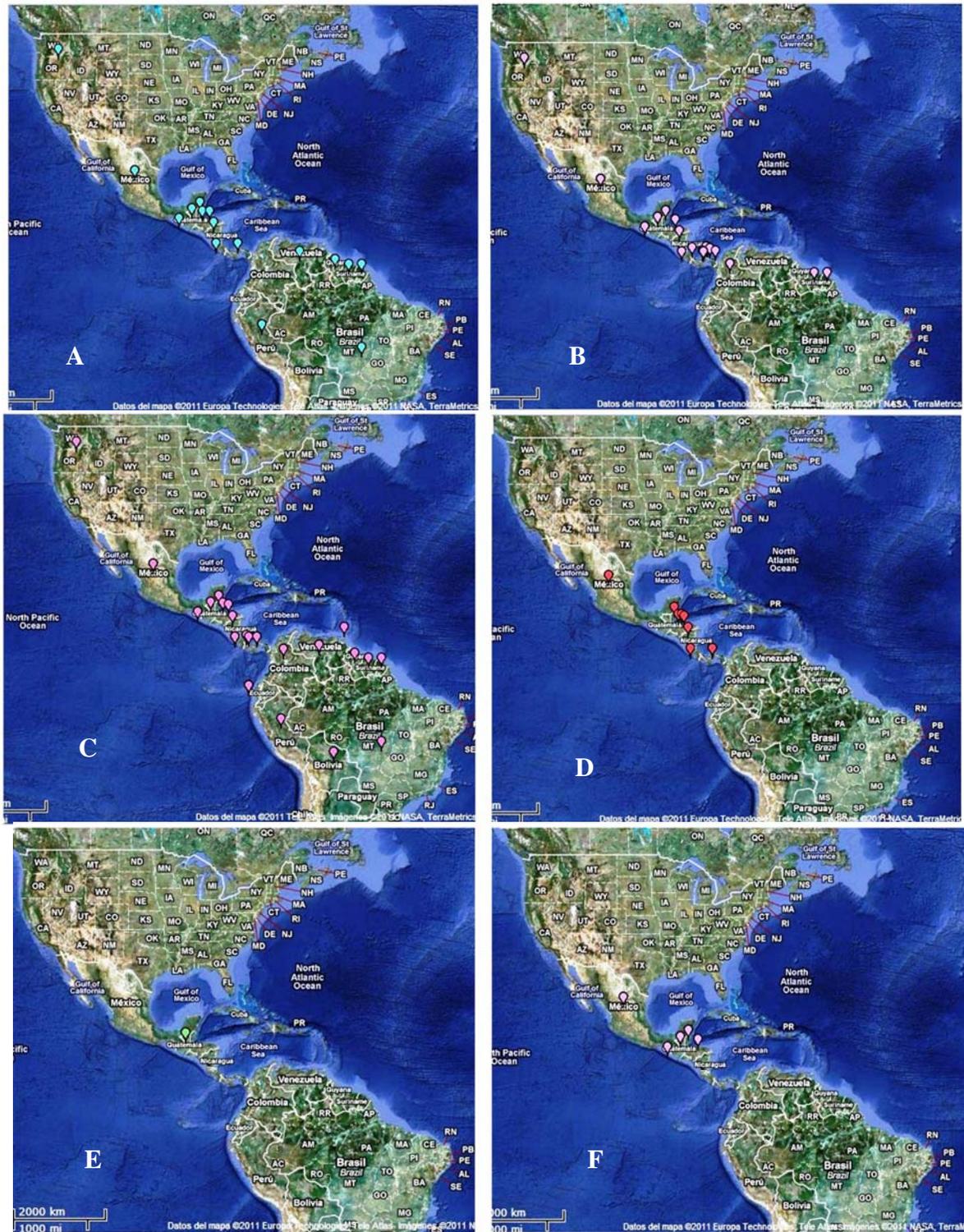
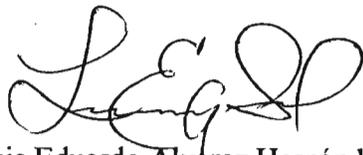


Fig. 29. Mapas de distribución. A. *P. amalago*; B. *P. auritum*; C. *P. hispidum*; D. *P. jacquemontianum*; E. *P. oradendron*; F. *P. patulum*. Fuente: <http://www.tropicos.org>.



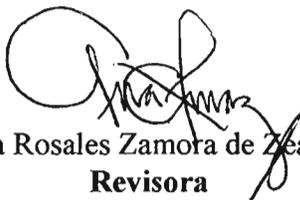
Fig. 30. Mapa de distribución de *P. umbellatum*. Fuente: <http://www.tropicos.org>



Luis Eduardo Álvarez Hernández
Autor



Licenciado Armando Cáceres Estrada
Asesor



Carolina Rosales Zamora de Zea, M.Sc.
Revisora



Doctor Sergio Melgar Valladares
Director Escuela de Biología



Doctor Oscar Manuel Cobar Pinto
DECANO