



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MÉXICO**

---

---

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES IZTACALA**

**Arquitectura foliar y anatomía de hoja,  
madera y corteza de *Piper amalago* L.  
(Piperaceae)**

**TESIS  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
BIOLOGO  
PRESENTA:  
DIANA IVET RESENDIZ MARTINEZ**



**DIRECTOR DE TESIS: DRA. SILVIA AGUILAR RODRIGUEZ LOS  
REYES IZTACALA, TLALNEPANTLA, MÉXICO 2009**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## **DEDICATORIA**

### **A MI HIJA**

*LA PERSONA QUE SIGNIFICA TODO PARA MI, POR LA QUE VALE LA PENA SEGUIR  
LUCHANDO, POR QUIEN CON SU SONRISA MOTIVA Y ALIENTA TODAS MIS  
DECISIONES.*

### **A MIS PADRES**

*SILVESTRE RESENDIZ Y REMDIOS MARTINEZ POR EL ESFUERZO QUE HAN HECHO  
DURANTE TODOS ESTOS AÑOS, GRACIAS POR SU APOYO INCONDICIONAL, POR SU  
CARIÑO Y CONFIANZA*

### **A MIS HERMANOS**

*DANIEL Y GUSTAVO PORQUE A PESAR DE LAS DIFERENCIAS, SIEMPRE ME HAN  
DEMOSTRADO CUANTO ME QUIEREN.*

## AGRADECIMIENTOS

Gracias a **Dios** por haberme brindado las fuerzas necesarias para lograr mis metas, gracias por permitirme tener una familia maravillosa, la cual esta conmigo para compartir este logro.

A la **Dr. Silvia Aguilar Rodríguez** por ser la directora de este trabajo. Gracias a sus conocimientos y experiencias, ya que estos permitieron que pudiera culminar con una parte de mis metas profesionales. Gracias por su tiempo, dedicación y sobre todo gracias a sus consejos tanto profesionales como personales.

A la **Dr. Teresa M. Terrazas Salgado** por aceptar ser parte de los sinodales de este trabajo. Por sus observaciones y comentarios, los cuales mejoraron sustancialmente este trabajo.

Al **Dr. Daniel Tejero Diez** por sus valiosos comentarios y opiniones ya que fueron importantes para la culminación de esta tesis.

A la **M. en C. Leonor Abundiz Bonilla** por sus importantes sugerencias.

A la **Bióloga Edith López** por el apoyo recibido durante la elaboración de este trabajo

A **Celeste** quien ha estado conmigo en las buenas y en las malas, gracias por tu irremplazable amistad.

A **mis amigos** de la preparatoria, quienes a pesar de los años siguen ahí, haciéndome reír y apoyándome incondicionalmente.

A **mis compañeros** de laboratorio ya que hicieron mas amena mi estancia durante todo mi proyecto de investigación.

A **todos** aquellos que aportaron su granito de arena.

## INDICE

|  |           |
|--|-----------|
| <b>INTRODUCCIÓN.....</b>   | <b>4</b>  |
| <b>ANTECEDENTES.....</b>   | <b>6</b>  |
| <b>JUSTIFICACION.....</b>  | <b>8</b>  |
| <b>OBJETIVOS.....</b>  | <b>8</b>  |
| <b>MATERIAL Y METODO.....</b>  | <b>9</b>  |
| <b>Obtención de las muestras de <i>Piper amalago</i>.....</b>                                | <b>9</b>  |
| <b>Arquitectura Foliar.....</b>  | <b>9</b>  |
| <b>Anatomía de hoja, madera y corteza.....</b>   | <b>9</b>  |
| <b>RESULTADOS.....</b>   | <b>12</b> |
| <b>Arquitectura Foliar.....</b>  | <b>12</b> |
| <b>Anatomía Foliar.....</b>  | <b>13</b> |
| <b>Anatomía de Madera y Corteza .....</b>  | <b>14</b> |
| <b>MICROFOTOGRAFIAS.....</b>   | <b>17</b> |
| <b>DISCUSIÓN.....</b>  | <b>24</b> |
| <b>Arquitectura Foliar.....</b>  | <b>24</b> |
| <b>Anatomía Foliar.....</b>  | <b>25</b> |
| <b>Anatomía de Corteza y Madera .....</b>  | <b>29</b> |
| <b>CONCLUSIÓN.....</b>   | <b>33</b> |
| <b>CUADRO 1 Obtención de muestras <i>Piper amalago</i>.....</b>                              | <b>34</b> |
| <b>CUADRO 2 Morfología de hojas de diferentes especies de <i>Piper</i>.....</b>              | <b>35</b> |
| <b>CUADRO 3 Caracteres cuantitativos y cualitativos de la hoja de <i>Piper amalago</i>..</b> | <b>36</b> |
| <b>CUADRO 4 Caracteres comparativos entre diferentes especies del genero <i>Pipe</i>..</b>   | <b>37</b> |
| <b>BIBLIOGRAFIA.....</b>   | <b>38</b> |

## INTRODUCCIÓN

La familia Piperaceae consiste aproximadamente de 15 géneros y alrededor de 2000 especies, distribuidas en América Central y en el norte de América del Sur, así como en la región centro-sur de África y sur de Asia o Malasia (Standley, 1977; Heywood, 1985; Jaramillo y Manos, 2001); en México se reconocen tres géneros *Piper*, *Peperomia* y *Photomorphe* (Villaseñor, 2004). La familia tiene gran importancia económica y medicinal, cuenta con especies como *Piper nigrum* cuyo fruto se puede utilizar para condimentar alimentos (Standley 1920), mientras que otras poseen aceites esenciales que son empleados como farmacéuticos, insecticidas o antifúngicos (Argueta *et al.*, 1994; Pessini *et al.*, 2003; Albiero *et al.*, 2005b; Silva y Bastos, 2007).

El género *Piper* es uno de los más numerosos e incluye más de 1000 especies. Sus representantes se distribuyen pantropicalmente en forma de arbustos, hierbas y lianas en bosques húmedos. La mayor diversidad de *Piper* se presenta en América tropical con alrededor de 700 especies (Jaramillo y Manos, 2001), mientras que para México se reportan 153 (Villaseñor, 2004).

*Piper amalago* es una de las especies de mayor distribución, localizada desde Tamaulipas hasta Oaxaca (Fig. 1) y llega hasta Colombia. Habita en climas cálidos, semicálidos y templados, desde el nivel del mar hasta los 1380 metros. Crece en bosque tropical caducifolio, subcaducifolio, perennifolio y mesófilo de montaña, así como en bosques de encino; prospera a orillas del camino y en vegetación perturbada. Son árboles o arbustos que pueden medir hasta dos metros de altura. Sus hojas tienen pecíolos cortos, generalmente de 1 cm o menos de largo, la lámina es de color verde oscuro, mide de 6 a 8 cm de largo, de forma ovado-lanceolada a angostamente

lanceolada, con 3-5 nervios evidentes (Fig. 2). Al parecer existe una gran diversidad en la forma de la hoja asociada a las condiciones ambientales en las que crecen los individuos (Gómez Pompa, 1966).

*P. amalago* se separa de otras especies relacionadas por el tamaño de la hoja y por la presencia o ausencia de pubescencia en la hoja y raquis de la inflorescencia, observándose una gran variación de formas que se mezclan y cuya distinción es problemática entre formas cercanas, haciendo sumamente difícil establecer su delimitación taxonómica (Gómez-Pompa, 1966).

*Piper amalago* se emplea comúnmente en la medicina tradicional para curar algunas enfermedades de la piel (Argueta *et al.*, 1994) y según lo reportado en ejemplares de herbario, en los estados de Hidalgo y Oaxaca sus hojas se utilizan en infusión y compresas, para el tratamiento de enfermedades tales como dolor de cabeza, fiebre, heridas y hemorragias. Se exporta de México a Brasil donde se utiliza para aliviar el dolor de pecho y como agente antiinflamatorio (Molina y García, 2001).

Debido a que *Piper amalago* es una especie de amplia distribución en México y a que crece en diferentes ambientes, es importante dar a conocer la variación de sus características anatómicas vegetativas. Los datos obtenidos de este tipo de estudios son evidencia importante para discernir las diferencias y similitudes entre las plantas, ayudar a su identificación y proporcionar información adicional a la morfología, contribuyendo a la sistemática y filogenia del grupo (Dickison, 1999).

## ANTECEDENTES

La taxonomía de *Piper* es sumamente complicada debido a que muchas de sus especies, principalmente las que se distribuyen en el Neotrópico, se han descrito a partir de material fragmentado o pobremente colectado (Callejas, 1986). En México, el trabajo de Standley (1920), presenta 19 especies leñosas de *Piper*, pero él mismo reconoce que este número es incierto debido a las distintas formas en que los autores abordan el estudio del género. No se reporta ninguna revisión taxonómica para el género en el país; sin embargo, existen algunos listados regionales que aportan información sobre el número de especies que crecen en esas localidades, uno de ellos es el de la Flora de Veracruz (Sosa y Gómez-Pompa, 1994).

Recientemente se ha abordado la filogenia de las Piperaceae empleando datos moleculares (Jaramillo y Manos, 2001; Wanke *et al.*, 2007). Con respecto a *Piper*, Jaramillo y Manos (2001) realizan un estudio filogenético basado en las secuencias de ADN ribosomal nuclear y proponen un escenario para la historia evolutiva de la flor e inflorescencia en el género. En ese estudio se considera a *P. amalago* dentro del subgénero *Enckea* relacionándolo con *P. cihuatlanense*. Ellos mencionan que las especies de *Enckea* son arbustos que se distinguen por su venación palmatinerva en las hojas, así como por las características de las inflorescencias y tipos de flores; sin embargo, en dicho estudio no se hace referencia a los caracteres anatómicos vegetativos que apoyen la posición taxonómica de *P. amalago* en el grupo *Enckea* o su relación con *P. cihuatlanense*.

Los datos de morfología vegetativa y anatomía en *Piper* son escasos y a pesar de que algunos de sus caracteres se han incorporado a la taxonomía formal del grupo, no se



han podido emplear como posibles caracteres taxonómicos (Callejas, 1986). Dentro de los estudios anatómicos registrados para este género está el de Metcalfe y Chalk (1950), quienes describen la estructura anatómica de la madera, hoja y tallo de las Piperáceas y aportan información sobre *Piper betle* L., *P. excelsum* Forst., *P. fluminense* C. DC., *P. jaborandi* Vell., *P. methyssticum* Forst. y *P. nigrum* Linn. Pessini *et al.* (2003) muestran aspectos botánicos y parámetros físico-químicos de *Piper regnellii* (Miq.) C.DC., ellos señalan la presencia de sustancias lipídicas y cristales de oxalato de calcio en raíces y tallos, los cuales facilitan la determinación de esta especie, con fines de evaluación de calidad para su comercialización. Souza *et al.* (2004) comparan la morfología y anatomía del tallo y hoja de *Piper diospyrifolium*, pero no toman en cuenta aspectos ambientales, por lo que ellos concluyen que sus datos sólo tienen valor en la caracterización de la especie y no pueden ser usados como taxonómicos o ecológicos. Albiero *et al.* (2005a), realizan un estudio sobre la morfología y anatomía de los órganos vegetativos de *Piper crassinervium* y la comparan con otras especies del género; en dicho estudio se concluye que algunos caracteres como la localización y el número de estratos celulares de la hipodermis y tipo de complejo estomático, ayudan a la diferenciación entre especies.

## JUSTIFICACIÓN

Debido a la gran semejanza morfológica que existe entre las especies de *Piper*, y a que en México no se tienen registrados estudios anatómicos o de arquitectura foliar en *Piper amalago*, ni en alguna otra especie del género, se hace indispensable explorar la anatomía de los órganos vegetativos en la búsqueda de caracteres que contribuyan en el conocimiento de los taxa. Por ello, en este estudio se describe la arquitectura foliar y la histología de la hoja, madera y corteza de *Piper amalago*, así como la posible variación en la morfología e histología de la hoja. Se hace énfasis en la histología de la hoja debido a que se ha demostrado que es el órgano vegetativo que más información aporta en este tipo de investigaciones y a que en estudios sobre variación anatómica se buscan los caracteres que puedan servir como marcadores taxonómicos o bien los que cambian con respecto a los factores ambientales.

## OBJETIVOS

- Describir la arquitectura foliar de *Piper amalago*.
- Describir la anatomía vegetativa (hoja, madera y corteza) de *Piper amalago*
- Dar a conocer posibles caracteres anatómicos que contribuyan a la identificación de las especies del género *Piper*.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Obtención de las muestras de *Piper amalago*

Muestras de madera, corteza y hoja se obtuvieron de especímenes colectados en los estados de Puebla y Tamaulipas con número de herbario 42425 y 42426 respectivamente (Cuadro 1); en ambos sitios de colecta la vegetación corresponde a un bosque mesófilo de montaña. Adicional a la colecta de campo, se removieron hojas de ejemplares depositados en el Herbario Nacional de México ubicado en el Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México (MEXU), con la finalidad de registrar la variación de la hoja en esta especie.

### Arquitectura foliar

Para el estudio de arquitectura foliar las hojas se diafanizaron de acuerdo a lo recomendado por Aguilar-Rodríguez (1998), para lo cual se utilizó hidróxido de potasio (KOH) al 10%, calentando a una temperatura alta pero sin hervir hasta eliminar los contenidos del mesófilo. Posteriormente se lavaron con agua destilada y se blanquearon con cloro comercial al 50%. Se tiñeron en safranina acuosa, seguida de una deshidratación en alcoholes graduales, se terminaron de aclarar en xilol y finalmente se montaron en resina sintética (Dilcher, 1974). La arquitectura de las hojas se describió según la terminología de Hickey (1973) y para la superficie foliar de acuerdo a Wilkinson (1979).

### Anatomía de hoja, madera y corteza

Para el estudio anatómico, la parte media de la lamina de hojas maduras se fijó en formol-alcohol-ácido acético (05:9.0:0.5) (Johansen, 1940). Posteriormente, se

deshidrataron en alcohol etílico e incluyeron en parafina. Se realizaron cortes transversales de 15  $\mu\text{m}$  de grosor con un micrótopo de rotación, posteriormente estos cortes se desparafinaron, se tiñeron con safranina- verde rápido y se montaron en resina sintética. Además, se realizaron cortes transversales a mano en la lámina foliar, así como en el nivel basal, medio y superior del pecíolo para describir la anatomía vascular, éstos se tiñeron con safranina y montaron en gelatina. La descripción se llevo a cabo siguiendo la terminología de Metcalfe y Chalk (1979) y Fahn (1982).

Para el estudio de madera y corteza se obtuvieron muestras del tallo principal a la altura del pecho de 2 individuos de *Piper amalago*. Las muestras se conservaron hidratadas en una solución de glicerina: alcohol: agua (1:1:1) hasta su procesamiento en laboratorio. Empleando un micrótopo de deslizamiento se hicieron cortes de 20-25  $\mu\text{m}$  de grosor en los planos transversal (incluyendo la corteza), tangencial y radial. Del plano tangencial se realizaron cortes seriados de la peridermis a la madera siguiendo la técnica convencional para maderas (Johansen, 1940). Para la disociación de los elementos celulares se utilizó la solución de Jeffrey (Johansen, 1940). La descripción anatómica de la madera se realizó de acuerdo a los estándares propuestos por la Asociación Internacional de los Anatomistas de la Madera (IAWA Committee, 1989). Para la descripción de la corteza se utilizó la terminología de Trockenbrodt (1990). La medición de los elementos celulares del xilema y de la corteza se realizó con el programa NIS-Elements Basic Research (Ver. 2.2). Se realizaron 25 mediciones por carácter cuantitativo; en hoja se midió: grosor de cutícula, longitud de tricomas, tamaño de las células de la epidermis, hipodermis y mesofilo; en madera se midió: diámetro del lumen de los vasos, diámetro de punteaduras intervasculares y longitud del elemento de vaso, así como diámetro total, diámetro del lumen y grosor de la pared en fibras; y en

corteza solo se tomo en cuenta el ancho de peridermis. Para estos valores se registro el promedio, la desviación estándar y los valores mínimo y máximo se anotan entre paréntesis.

Todas las descripciones se ilustran con microfotografías obtenidas por captura de imagen con cámara digital NIKON Coolpix S4 y trabajadas en el programa NIS-Elements Basic Research (Ver. 2.2)

## RESULTADOS

### Arquitectura foliar

Hojas alternas, simples, pecioladas, de textura cartácea. De forma ovada a ovado-lanceolada con  $8.7 \pm 0.9$  cm (7-10 cm) de largo y  $4.2 \pm 0.7$  cm (3-6 cm.) de ancho (Fig. 2). Ápice acuminado, base oblicua, margen entero. El pecíolo en sección transversal es de forma circular y elíptica con una leve depresión en la cara adaxial próximo a la base de la lamina, mide de 0.5 a 1.2 cm de largo. Las hojas tienen una nervadura acródroma de posición basal y perfecta; con 3 nervios principales arqueados y ascendentes que parten desde la base, de recorrido recto no ramificado y 2 laterales que terminan su trayectoria sin ramificar a la mitad de la hoja. Venas secundarias con un ángulo de divergencia recto a obtuso ( $105^\circ$ ) en la base de la hoja y agudo ( $80^\circ$ ) en el tercio medio y superior de la lámina; el recorrido en las venas internas es recto, mientras que en las externas, cerca del margen, éste es curvado abrupto. Venas terciarias con un patrón reticulado al azar (Fig. 3a). Venas de orden superior hasta de cuarto y quinto orden orientadas al azar (Fig. 3c). Areolas de desarrollo imperfecto con una disposición al azar, con forma cuadrangular; vénulas simples y lineares pero las hay una vez ramificadas y curvas, a veces sin vénulas. La venación última marginal fimbriada, formando arcos en el margen (Fig. 3 b,d).

En el cuadro 2 se muestra la forma de hojas de diferentes especies de *Piper*.

### Anatomía foliar

#### **Hoja**

La cutícula es lisa con  $4 \pm 1.4$   $\mu\text{m}$  (2-6  $\mu\text{m}$ ) de grosor. En vista superficial las células epidérmicas tienen paredes rectas o ligeramente curvas. Estomas en la superficie abaxial de tipo tetracítico (Fig. 4a). En vista transversal los tricomas se observan simples, uniseriados, presentan de dos a seis células (Fig. 5b), se encuentran a

lo largo de la hoja en la superficie adaxial y en menor proporción en la abaxial, además existen glándulas hialinas en forma de perla, constituidas de una sola célula semiesférica con la pared engrosada en su base (Fig. 4b). Las superficies adaxial y abaxial presentan epidermis uniestratificadas e hipodermis, la epidermis adaxial con células rectangulares de lumen amplio y paredes delgadas, las de mayor tamaño con  $12.0 \pm 3.5 \mu\text{m}$  (6-22  $\mu\text{m}$ ) de alto y con  $27 \pm 7.0 \mu\text{m}$  (16-46  $\mu\text{m}$ ) de ancho, mientras que la abaxial con  $17 \pm 2 \mu\text{m}$  (12-20  $\mu\text{m}$ ) de alto y con  $23 \pm 4.0 \mu\text{m}$  (12-28  $\mu\text{m}$ ) de ancho; la hipodermis consta de una capa de células en ambas superficies, sus células presentan paredes delgadas con  $22 \pm 5.0 \mu\text{m}$  (8-28  $\mu\text{m}$ ) de alto y  $30 \pm 6.0 \mu\text{m}$  (22-44  $\mu\text{m}$ ) de ancho en la superficie adaxial y con  $18 \pm 5.0 \mu\text{m}$  (8-28  $\mu\text{m}$ ) de alto y  $31 \pm 7.0 \mu\text{m}$  (20-46  $\mu\text{m}$ ) de ancho en la abaxial (Fig. 4c), hay algunas células secretoras de forma esférica, con contenidos de color amarillo en ambas superficies con promedio de 21  $\mu\text{m}$  de diámetro (Figs. 4c,d). Mesofilo bifacial diferenciado en empalizada y esponjoso, el primero en la superficie adaxial, formado por una o dos capas de células alargadas con  $23.3 \pm 2.4 \mu\text{m}$  (17-28  $\mu\text{m}$ ) de alto y  $6.3 \pm 0.45 \mu\text{m}$  (6-7  $\mu\text{m}$ ) de ancho, mientras que el segundo presenta de 3 a 4 capas de células con formas irregulares, también existen células secretoras de forma esférica pero con menor cantidad de contenidos que las de la hipodermis.

### **Vena media**

Prominente (Fig. 5a), con cutícula lisa; con presencia de tricomas simples uniseriados de 2 a 6 células con  $39 \pm 16.0 \mu\text{m}$  (10-70  $\mu\text{m}$ ) de longitud y se presentan en mayor número que en la superficie adaxial (Fig. 5b). Por debajo de la epidermis adaxial se observa colénquima subepidérmico formado por cuatro capas; próximo a éste se distribuye una vaina de clorénquima de 4-6 células de grosor que rodea al haz vascular; éste es de tipo colateral. Hacia la superficie abaxial se distinguen varios estratos de

células de colénquima cuyas dimensiones se van reduciendo conforme se acercan a la superficie abaxial (Fig. 5a).

### **Pecíolo**

En sección transversal se observan variaciones a lo largo del pecíolo. En la base es de contorno circular y conforme se acerca a la base de la lámina toma forma de media luna. La epidermis presenta tricomas simples uniseriados similares a los de la vena media. Por debajo de la epidermis se presenta una banda continua de colénquima y próximo a esta banda se distingue clorénquima que rodea al tejido de conducción formado de 10-8 cordones vasculares colaterales, los cuales disminuyen en número hasta cinco conforme se acercan a la base foliar, en donde el floema es externo al xilema (Fig. 5c); en la base de la lámina los cinco cordones vasculares se organizan formando una media luna. En el parénquima fundamental se observan células secretoras y células con cristales en forma de arenas dispuestas al azar (Figs. 5c,d).

En el cuadro 3 se muestran algunas características cualitativas y cuantitativas de la hoja de *P. amalago* provenientes de tres diferentes tipos de vegetación. Además en el cuadro 4 se comparan algunas características anatómicas de la hoja de *P. amalago* y de otras especies de distribución sudamericana.

### Anatomía de madera y corteza

#### **Madera.**

En la región medular existen haces vasculares dispersos por todo el tejido fundamental del tallo, arreglados a manera de un atactosteles (Figs. 6 a,b).

Anillos de crecimiento poco evidentes, madera tardía apenas perceptible por un ligero engrosamiento de las paredes de las fibras en esta zona. Porosidad difusa; 25 mm<sup>2</sup>, vasos principalmente en grupos de dos, seguido por los solitarios y escasos de tres



y cuatro, organizados principalmente en cadenas radiales; con un contorno redondeado; diámetro tangencial de  $70 \pm 6.0 \mu\text{m}$  (56-80  $\mu\text{m}$ ), grosor de la pared de  $6 \pm 1.4 \mu\text{m}$  (4-8  $\mu\text{m}$ ) (Fig. 6 c,d). Elementos de vaso con longitud promedio de  $286 \pm 40 \mu\text{m}$  (236-362  $\mu\text{m}$ ); placa de perforación simple (Fig. 6e); punteaduras intervasculares alternas, con diámetro tangencial de  $3 \pm 0.4 \mu\text{m}$  (2-4 $\mu\text{m}$ ). Fibras con punteaduras simples, longitud promedio de  $802 \pm 120 \mu\text{m}$  (558-982  $\mu\text{m}$ ) diámetro tangencial de  $15.3 \pm 1.3 \mu\text{m}$  (12-17  $\mu\text{m}$ ), grosor de la pared de  $4.2 \pm 0.5 \mu\text{m}$  (3-5  $\mu\text{m}$ ) algunas presentan engrosamientos helicoidales.

Parénquima axial paratraqueal vasicéntrico de 1-2 células de espesor formando una vaina angosta. Radios multiseriados de 13-23 células de ancho, no se observan radios uniseriados; los multiseriados formados por células cuadradas y erectas a lo largo de todo el radio; son muy altos y se continúan a lo largo del entrenudo.

### **Corteza.**

Externamente la corteza es lisa, de color café claro, con lenticelas distribuidas irregularmente formando líneas verticales y horizontales, con 1-2 mm de longitud; corteza interna muy delgada, con 1mm de grosor total.

En sección transversal se distinguen cuatro regiones: floema no colapsado, floema colapsado, córtex y peridermis (Fig. 7b). El no colapsado mide 183  $\mu\text{m}$  de ancho, mientras que el colapsado mide un promedio de 204  $\mu\text{m}$ ; ambos se componen de elementos de tubo criboso (ETC), células acompañantes (CA), parénquima axial (PA), parénquima radial (PR) y esclerénquima.

En vista transversal general, los radios multiseriados anchos se dilatan conforme se alejan de la zona cambial, no existen radios uniseriados. Hacia la periferia se distinguen

paquetes de fibras externas al floema, asociados a éstos hay células secretoras, aunque también se presentan escasas dentro de estos paquetes.

En el floema no colapsado, los ETC presentan células de forma rectangular y con paredes delgadas, placa cribosa simple, con inclinación de 35° a 0°; las células acompañantes se encuentran en los ángulos de los tubos cribosos (Fig. 7c). El parénquima axial es abundante, se arregla en forma de hileras tangenciales largas y algo sinuosas entre los ETC. Los radios son de 13 a 20 células de ancho, formados por células procumbentes y cuadradas a lo largo del radio; son muy altos. El esclerénquima se encuentra en grupos discretos formados por células pétreas dentro de los radios. En el floema colapsado los ETC y CA se colapsan observándose con paredes gruesas entre las células de parénquima. Las células de parénquima axial conservan sus paredes delgadas en su mayoría y sólo se expanden ligeramente. Los radios se dilatan debido a que las células se expanden tangencialmente; al igual que en floema no colapsado, dentro de los radios se presentan grandes grupos de esclerénquima, formados por células pétreas. Se observan células de aceite en los márgenes y dentro de los paquetes de esclerénquima que se encuentran por encima de los radios floemáticos (Fig. 7b). En la región próxima al córtex los radios dilatados se asocian con una banda de esclerénquima en forma de media luna (cúpula) constituida por fibras.

El córtex es angosto y está formado por células de parénquima en forma rectangular con paredes delgadas y por células de aceite.

Se presenta un ritudoma de  $179.2 \pm 33.11 \mu\text{m}$  (141-251  $\mu\text{m}$ ) de ancho, formado por varias peridermis, en la más interna se distinguen 2-3 capas de felodermis, el felógeno en división y el felema formado por células aplanadas arregladas en hileras radiales regulares y las más externas se desprenden con facilidad.

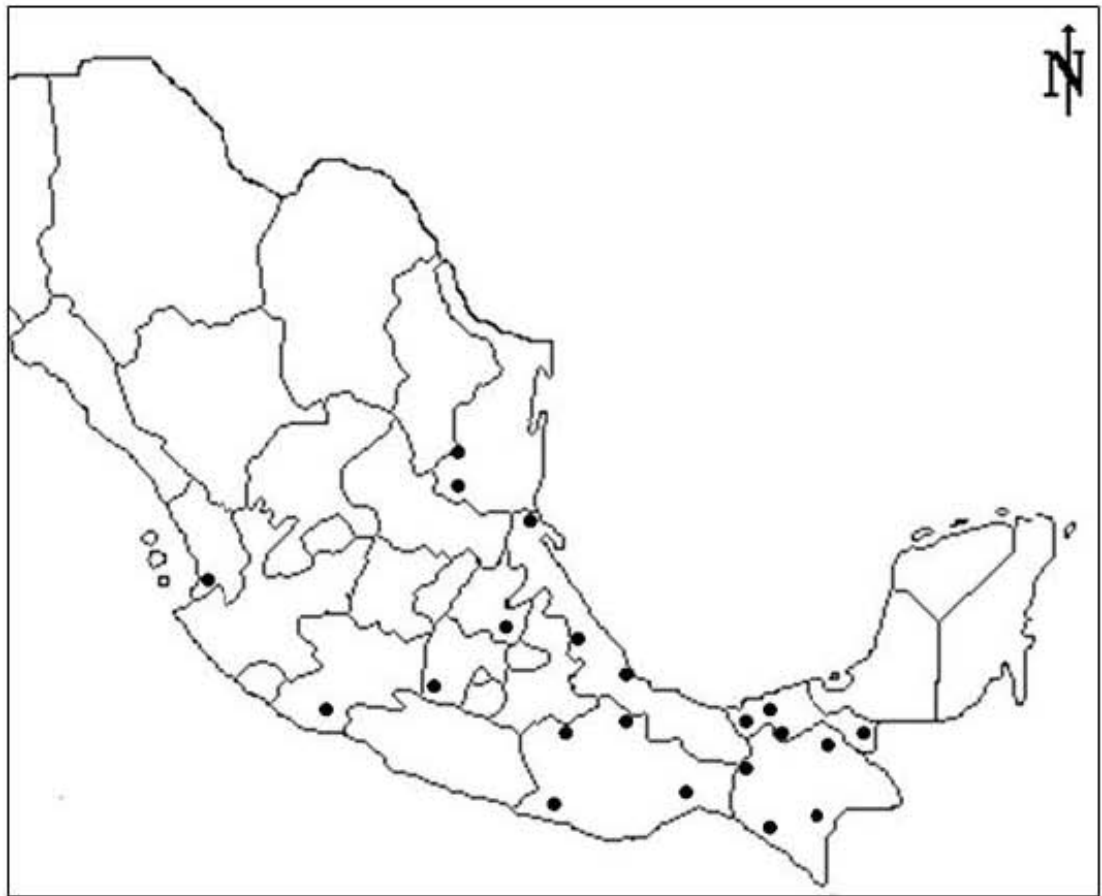


Fig. 1. Distribución de *Piper amalago* en México, basada en la revisión de ejemplares de herbario.

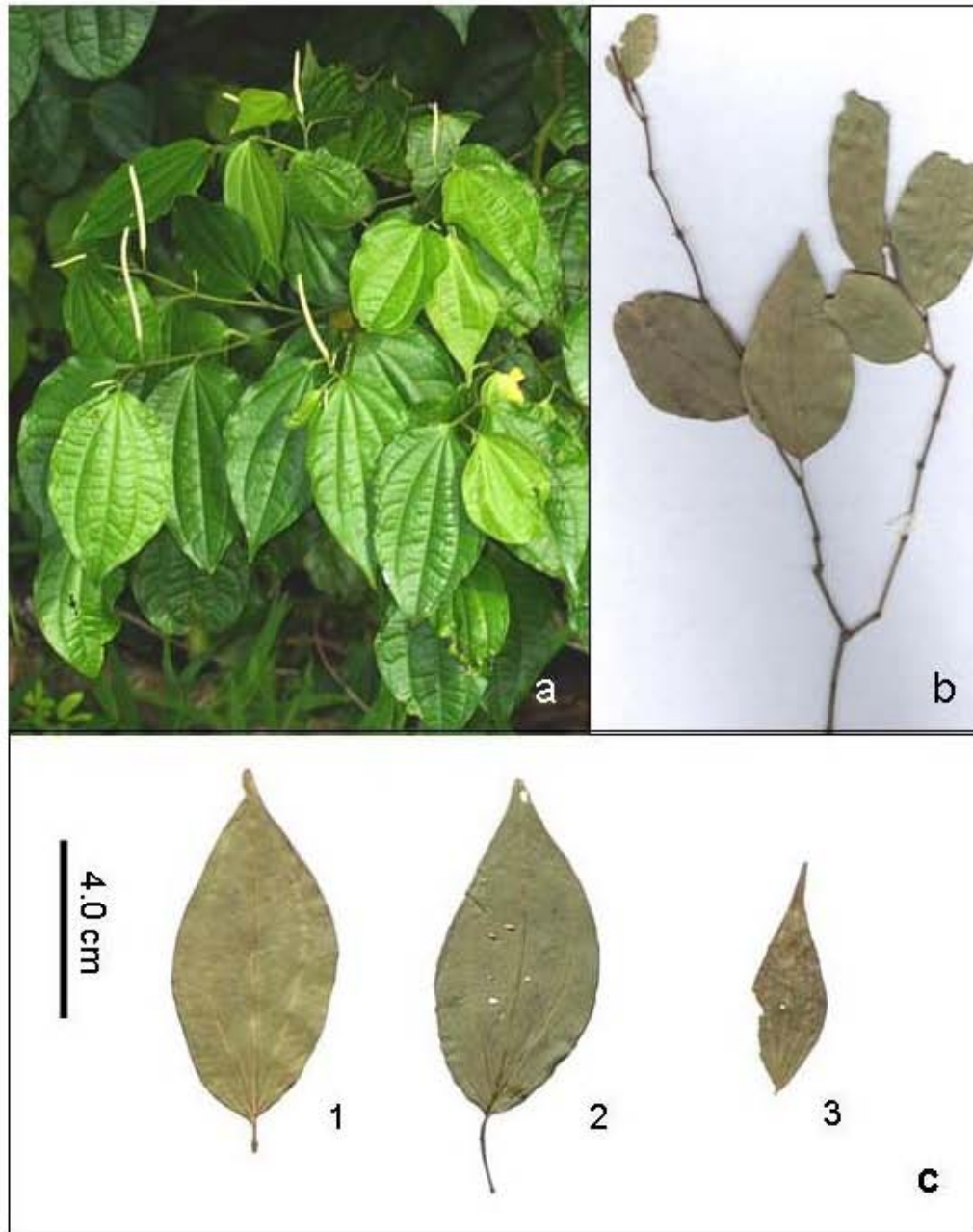


Fig. 2. *Piper amalago*. a,b. Características morfológicas; c. Variación de la hoja: 1) bosque mesófilo de montaña, Tamaulipas, hoja ovada; 2) bosque mesófilo de montaña, Puebla, hoja ovada; 3) selva baja, Morelos, hoja angostamente lanceolada.

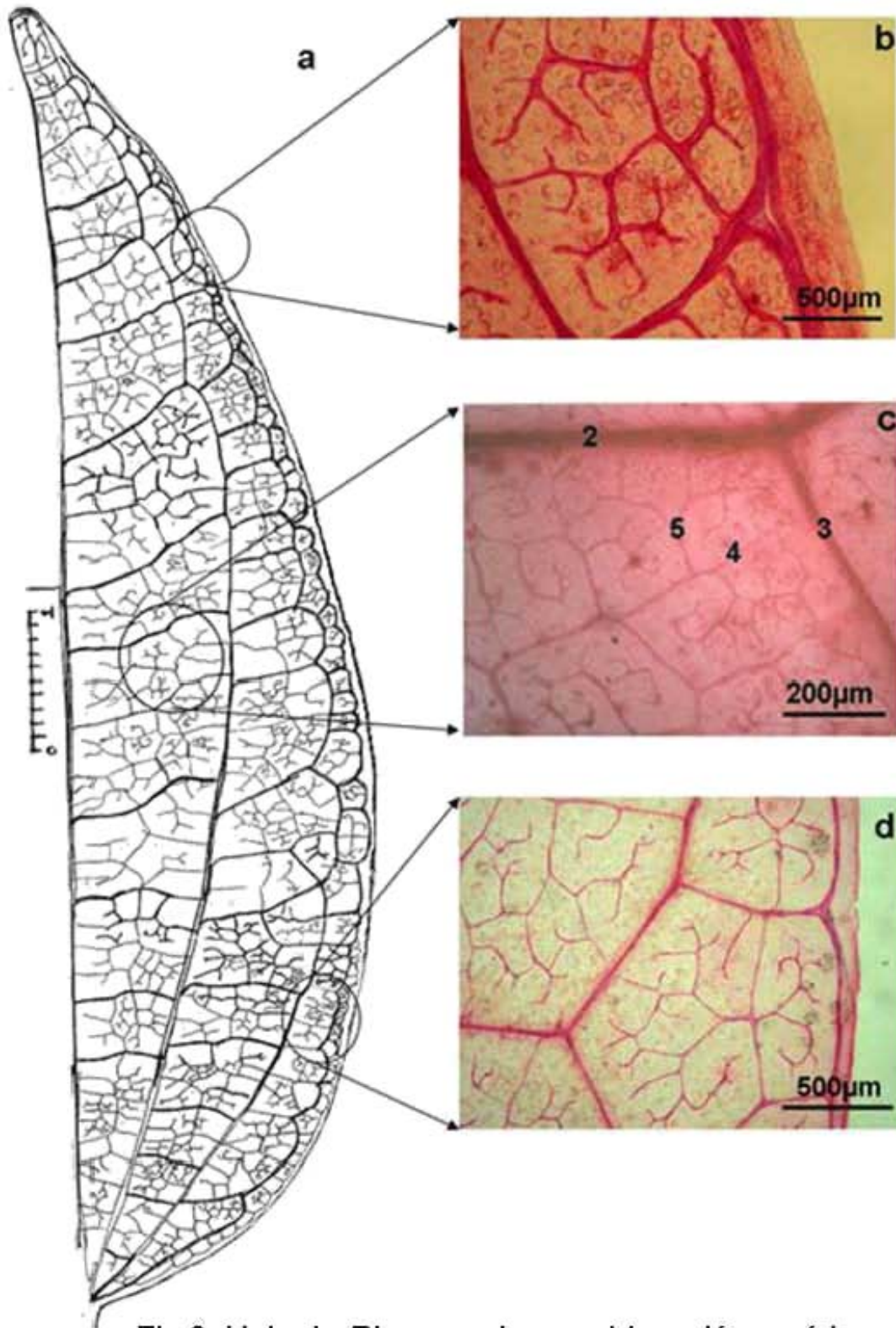


Fig.3. Hoja de *Piper amalago*. a. Venación acródroma. b, d. Venación última marginal: c. Venación de alto orden reticulado al azar.

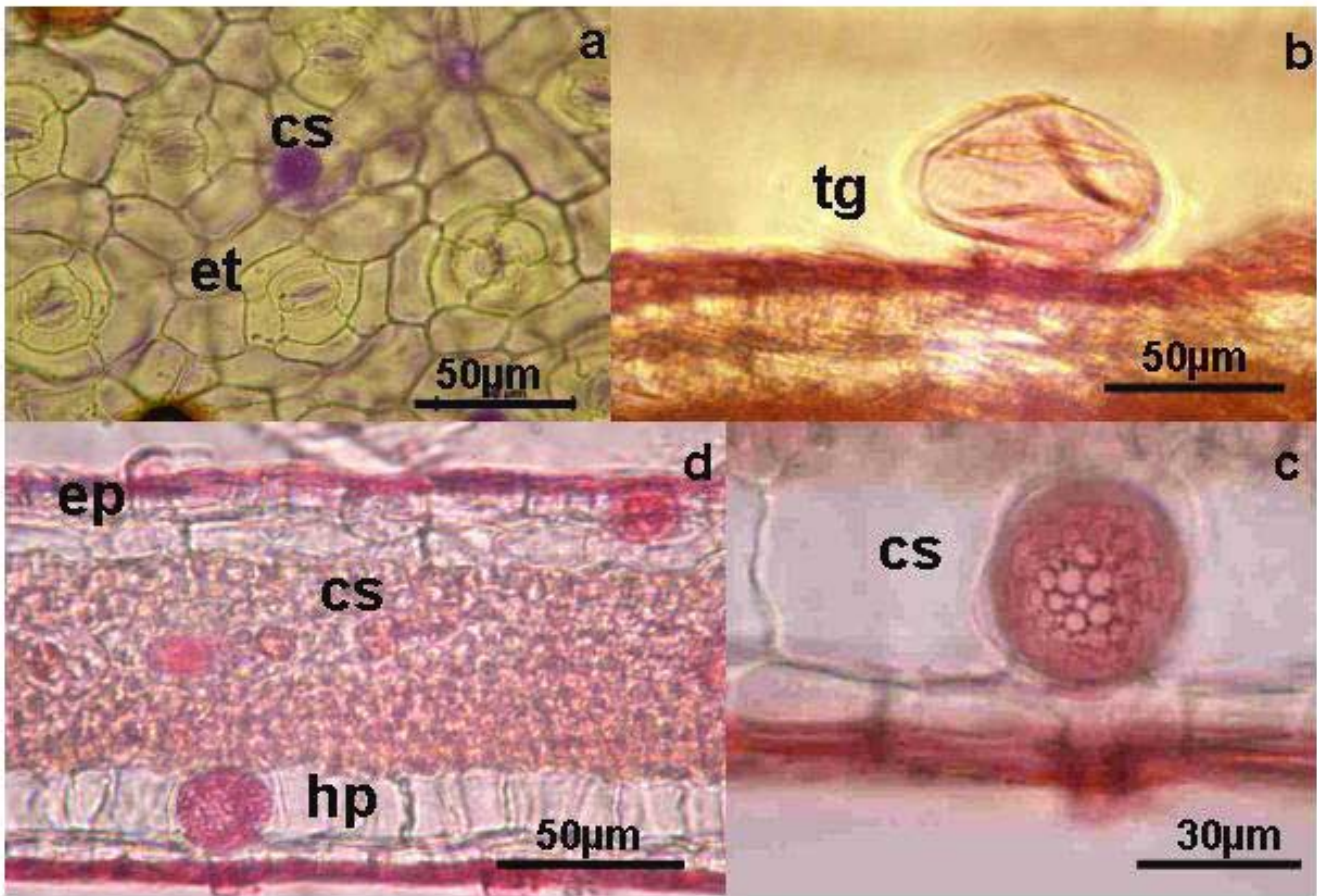


Fig. 4. *Piper amalago*, caracteres anatómicos de la lamina foliar. a. Vista superficial, estomas tetracíticos; b. Superficie adaxial, tricoma glandular; c. Vista transversal; d. Superficie abaxial, acercamiento de célula secretora con cristales.  
 ep=epidermis, cs=célula secretora, cs= célula secretora, hp=hipodermis.

|

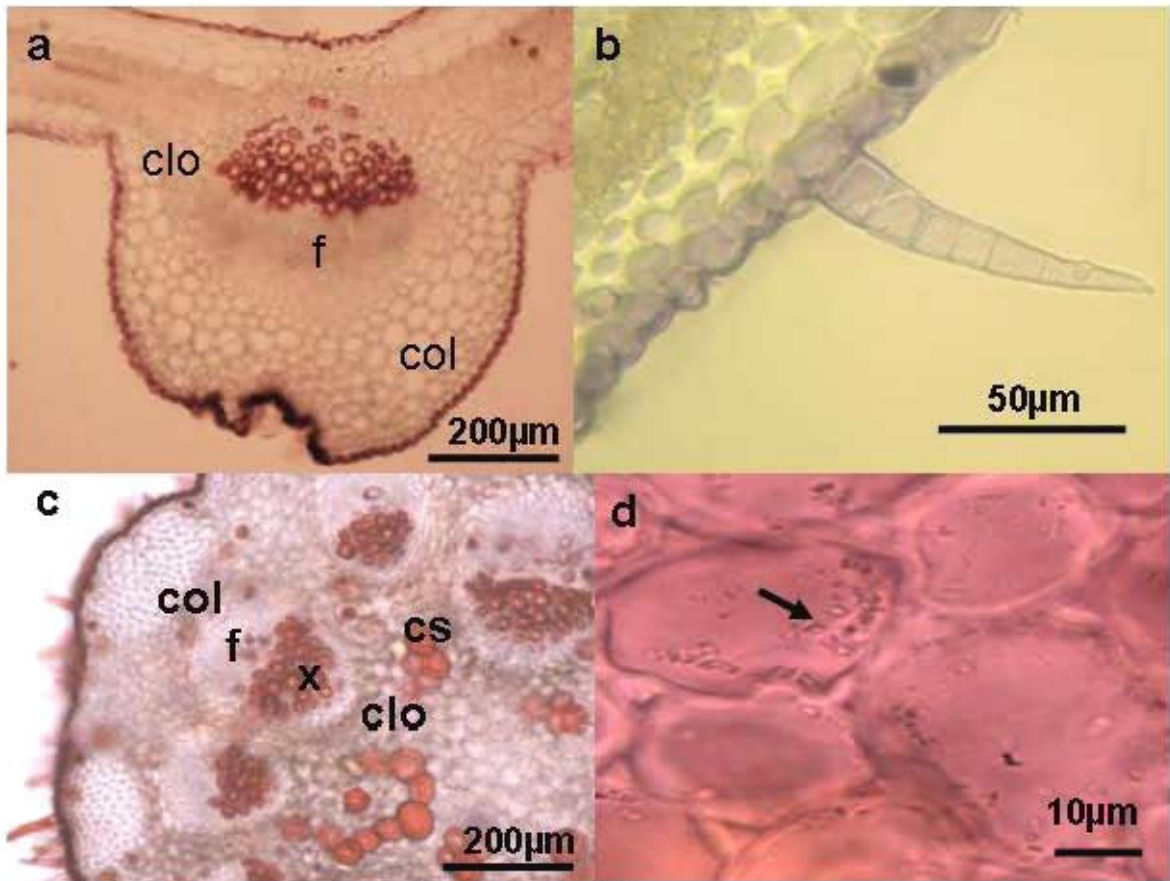


Fig. 5. *Piper amalago*, características anatómicas de vena media y pecíolo. a. Vista transversal de vena media; b. Tricoma simple; c. Vista transversal de pecíolo; d. Cristales en forma de arena en pecíolo; e. Célula secretora (clo=clorénquima, f=floema, col=colénquima, x=xilema, cs=células secretoras. flecha =células con cristales )

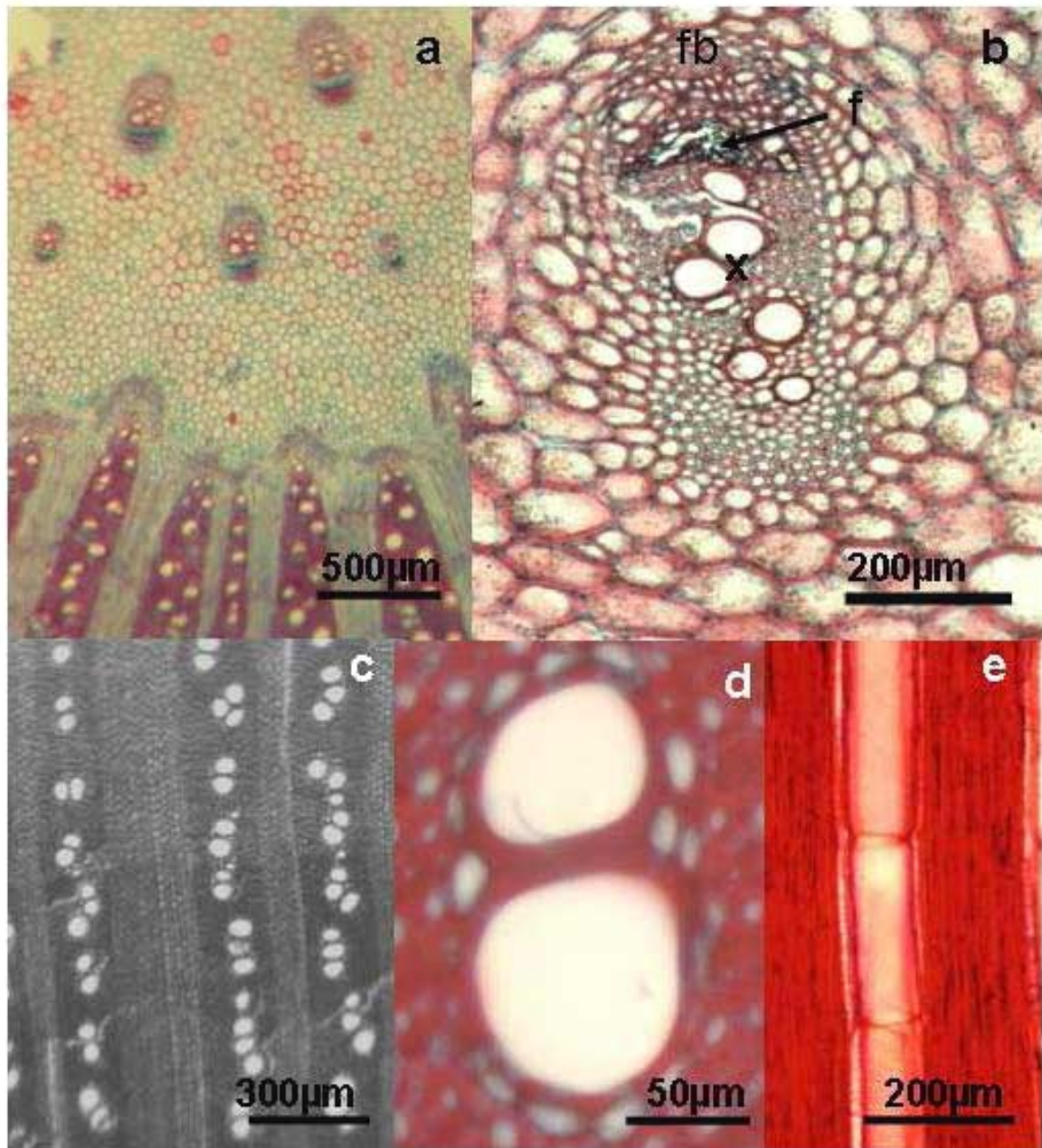


Fig. 6 *Piper amalago*. características anatómicas de madera. a, b. Haz vascular de la región medular; c, vista transversal, vasos organizados en cadenas radiales; d. Parénquima axial vasicéntrico; e. Vista tangencial de elementos de vaso con placa de perforación simple y punteaduras intervasculares alternas.



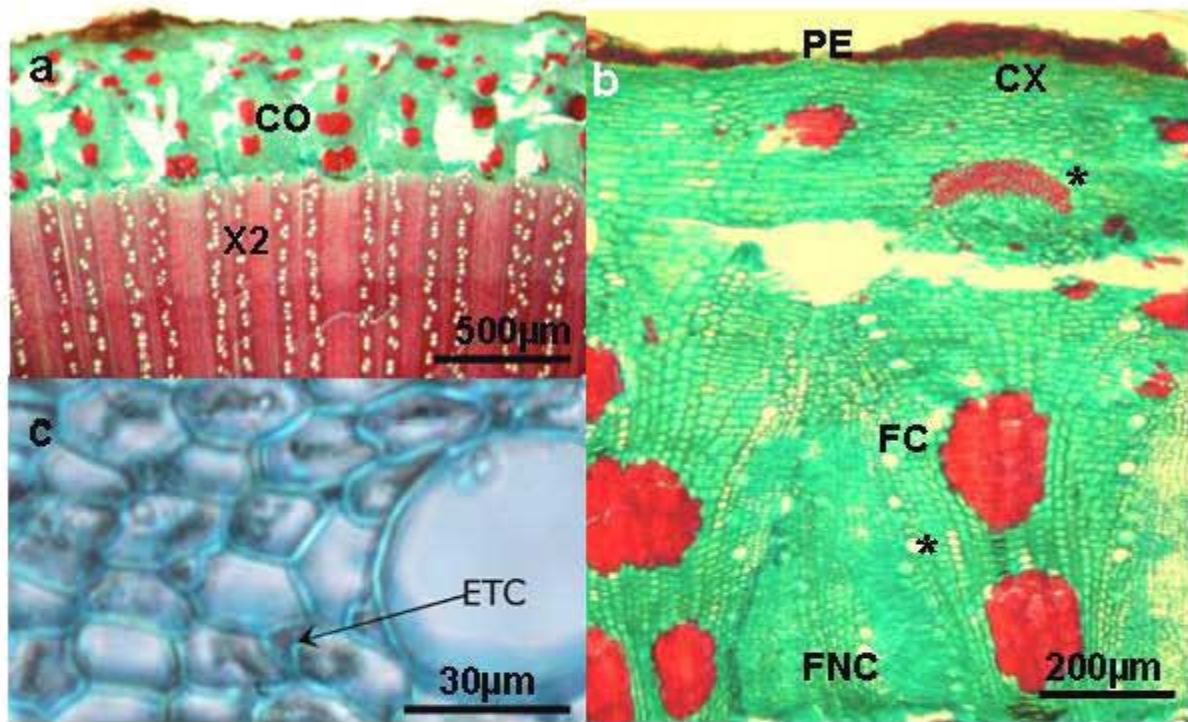


Fig. 7 *Piper amalago*. características anatómicas de madera. a. Vista general de sección transversal de madera y corteza; b. Vista transversal de corteza; c. detalle de ETC=elementos de tubo criboso y células acompañantes. CO= corteza, X2= xilema secundario, PE= peridermis, CX= cortex, FC= floema colapsado y FNC= floema no colapsado, \* células secretoras.

## DISCUSIÓN

### Arquitectura foliar

Según Trelease y Yuncker (1950) la familia Piperaceae puede presentar hojas alternas, opuestas o verticiladas, pero en *Piper* siempre son alternas y simples con formas y tamaños variables, en raras ocasiones con margen entero; características que coinciden con las observadas en *P. amalago*. Además en esta especie la forma de la hoja varía de ovado-lanceoladas a angostamente lanceolada, aspecto que según Gómez-Pompa (1966) parece estar asociado con las condiciones climáticas donde se desarrollan los individuos; este autor menciona que en las zonas más secas las hojas de esta especie tienden a ser angostamente lanceoladas y aquí se confirma esta aseveración, pues los datos obtenidos de los ejemplares revisados arrojan una relación entre el tamaño y la forma de la hoja con el ambiente. Las hojas colectadas de *P. amalago* en Puebla (42425) se describen como ovado-lanceoladas y provienen de un bosque mesófilo de montaña, en donde el clima se caracteriza por una humedad elevada, mientras que las hojas de los especímenes de la selva baja son angostamente lanceoladas y de menores dimensiones. En otras especies de *Piper* estas formas de la lámina también son comunes; en este sentido Jaramillo y Manos (2001) menciona que la forma foliar de *P. cihuatlanense*, del subgénero *Arctotonia*, es similar a la de *P. amalago*, del subgénero *Enckea*.

Al parecer no existe un carácter en la forma de la hoja que pueda indicar alguna diferencia diacrítica de *P. amalago* con especies cercanas, pero diferentes combinaciones ápice/base pueden apoyar en la separación de algunas taxa, por ejemplo, en *P. amalago* el ápice es acuminado y su base oblicua, a diferencia de *P. regnellii* que presenta un ápice mucronado y una base simétrica; en *P. diospyrifolium* el ápice es acuminado a cuspidado, con la base de la hoja equilátera, mientras que para *P.*

*gaudichaudianum*, se reporta con un ápice cuspidado y base oblicua (Silva y Machado, 1999; Souza *et al.*, 2004; Albiero *et al.*, 2005b). Es importante notar que el uso de diferentes términos en algunas descripciones puede ocasionar interpretaciones imprecisas.

Uno de los aspectos de la arquitectura foliar de las Piperáceas es la disposición de sus nervios principales; se describen como hojas palmatinervias o penninervias (Standley, 1920). Retomando la terminología de Hickey (1973), la venación de *P. amalago* se reconoce como acródroma, con 3 nervios principales bien definidos y 2 laterales que terminan su recorrido a la mitad de la hoja. Sin embargo, este patrón general de venación, así como el número de venas también pueden ser observados en *Piper muelleri*, *P. neesianum* y *P. cihuatlanense* (Bornstein, 1989). En otras especies, el número de venas puede variar, tal como en *P. marginatum* (con 7-11), *P. tuberculatum* (con 8-10) y *P. arboreum* (con 8-13) (Guimarães y Giordano, 2004).

Con respecto a la venación de orden superior, en todos los individuos estudiados de *P. amalago* se observaron venas de 4° y 5° orden que se distribuyen al azar. Albiero *et al.* (2006) describen para *P. hispidum* venas de tercer orden que se distribuyen perpendicularmente y se subdividen en cuarto y quinto orden. Con respecto a las areolas en *P. amalago* son de forma cuadrangular, con vénulas simples y ramificadas una vez, mientras que en *P. hispidum* tienen forma pentagonal y se ramifican hasta tres veces. La venación marginal en la especie estudiada es fimbriada, de la misma manera que en *P. hispidum*.

#### Anatomía foliar

Los aparatos estomáticos anisocítico y anomocítico están presentes en las Piperaceae (Takemori, 2003). En *Piper amalago* se observaron de tipo tetracítico,

semejante al registrado en *P. diospyrifolium*, *P. gaudichaudianum* y ocasionalmente en *P. crassinervium* y *P. regnellii* (Pessini *et al.*, 2003; Souza *et al.*, 2004; Albiero *et al.*, 2005a,b) así como en *Peperomia dahlstedtii* (Metcalf y Chalk, 1950; Souza *et al.*, 2004). A su vez en otras especies de *Piper*, como *P. hispidinervium*, se ha reconocido el tipo ciclocítico (Nascimento y Vilhena-Potiguara, 1999). Los tipos de estomas se han usado como un carácter diagnóstico (Metcalf y Chalk, 1979) y Souza *et al.* (2004) mencionan que en las Piperaceae este carácter no puede ser empleado para apoyar la taxonomía de la familia. Al parecer en *Piper* se pueden presentar por lo menos dos formas, el tetracítico y el ciclocítico; sin embargo, en la especie estudiada no se observó el tipo ciclocítico.

Los tricomas en *P. amalago* se observan simples uniseriados y glandulares, en ocasiones los glandulares se encuentran en desarrollo y se presentan esporádicamente, como fue observado en los ejemplares colectados en Tamaulipas, mientras que los simples uniseriados se presentaron constantes en todos los individuos estudiados. Ambos tipos de tricomas son evidentes en otras especies; sin embargo, se reportan algunas variantes. En *P. amalago* el tricoma glandular consta de una célula basal y ápice esférico, mientras que en *P. aduncum* son capitados y glandulares fusiformes (Vianna y Akisue, 1997), en *P. regnellii* son glandulares en forma de perla (Silva y Machado, 1999) y en *P. hispidinium* la célula apical tiene forma de saco (Nascimento y Vilhena-Potiguara, 1999); probablemente estos contrastes estén más relacionados con la terminología empleada que con una diferencia real en la forma de este tipo de tricoma. Análisis histoquímicos de estas glándulas revelan la presencia de sustancias lipídicas y proteicas (Pessini *et al.*, 2003), también referidas por Solereder (1908) y Metcalf y Chalk (1950) quienes mencionan que estos aceites están relacionados con las interacciones planta-microbio, planta-planta y planta-animal. De esta relación surge el

interés industrial por los aceites esenciales que contienen enormes cantidades de sustancias cuya actividad bioquímica apenas comienza a ser descrita (Pessini *et al.*, 2003).

Por debajo de la epidermis uniestratificada de *P. amalago* hay una sola capa de células con lumen amplio en ambas superficies de la hoja; según Bary (1877) ésta es característica de la familia y suele funcionar como tejido almacenador de agua (Fahn, 1982). En *P. betle* y en *P. aduncum* esta capa solo se limita a la cara adaxial y en *P. hispidinervium* se presentan hasta 3 estratos de células. Vianna y Akisue (1997) y Nascimento y Vilhena-Potiguara, (1999) describen varias especies de *Piper* y se refieren a estas capas como hipodermis; sin embargo, mencionan la necesidad de realizar estudios ontogenéticos para el esclarecimiento del origen de estas capas de células. Albiero *et al.* (2005a) realizaron cortes de laminas foliares en diferentes fases ontogenéticas, ellos describen divisiones periclinales poco comunes en células protodérmicas que semejan a la banda subepidérmica, pero mencionan que no fue posible concluir si esta capa constituye una hipodermis o una epidermis múltiple, por lo que le asignan el término “subepidermis”. Con respecto al tamaño de estas células en *P. amalago* no se encontró una variación amplia, pero Artiaga de Santiago *et al.* (2001) reportan que su tamaño varía bajo condiciones de intensidades de luz, al someter a *P. hispidinervium* a diferentes intensidades de iluminación, ellos concluyen que la radiación solar influye en el crecimiento y desarrollo de este tejido. En *P. amalago* esta capa hipodérmica contiene células aisladas que se destacan por su forma esférica y gran tamaño; pero no son exclusivas de la especie, pues se encuentran también en la hipodermis de *P. diospyrifolium*, *P. regnellii* y *P. crassinervium* (Souza *et al.*, 2004; Silva y Machado, 1999; Albiero *et al.*, 2005).

En *Piper amalago* el mesofilo bifacial con parénquima en empalizada y esponjoso también están provistos con las células secretoras de aceite descritas para la hipodermis. Al respecto Albiero *et al.* (2005a) mencionan que el producto de secreción de estas estructuras debe estar constituido por aceites esenciales como sucede en *P. regnellii* var. *pallenscens*. También Metcalfe y Chalk (1950) se refieren a estas células como secretoras de aceites.

En el pecíolo de *Piper amalago*, a diferencia de otras especies de *Piper*, se presenta por debajo de la epidermis una banda continua de colénquima. Esta banda puede interrumpirse formando paquetes, como se describe para *P. diospyrifolium* (Souza *et al.*, 2004) y *P. crassinervium* (Albiero *et al.*, 2005). En la especie estudiada se observa variación en la disposición y número de cordones vasculares a lo largo del pecíolo, pues en su base se distinguen de 10 a ocho, los cuales se constituyen formando un círculo cerrado, pero conforme se aproximan a la base de la lámina disminuyen hasta cinco, distribuyéndose a manera de media luna siguiendo la forma del pecíolo. En este sentido, Metcalfe y Chalk (1979) mencionan en términos generales que diferentes secciones de un solo pecíolo presentan un contorno característico, que puede variar desde la base al ápice; sin embargo, ellos mismos no hacen referencia a la posible variación en el número y disposición de los cordones vasculares a lo largo del pecíolo en las Piperaceae (Metcalfe y Chalk, 1950), ya que solo mencionan que el sistema vascular puede consistir de cordones dispuestos en forma de círculo cerrado en unas especies, mientras que en otras se disponen en media luna. La variación observada en el pecíolo de *P. amalago* coincide con estudios más recientes realizados en otras especies, por ejemplo, *P. gaudichoudianum* y *P. crassinervium*, muestran una disminución gradual hacia la base de la vena media, de 11 a ocho y de 14 a nueve cordones respectivamente, hasta llegar a uno sólo en la región media de la hoja (Albiero *et al.*,

2005a,b). La presencia de un cordón vascular ocurre también en *P. amalago*, pero no en *P. hipidum*, que tiene dos en la región media de la lamina y uno hasta el ápice de la misma nervadura central (Albiero *et al.*, 2006). Dada la variación intrínseca de la anatomía del pecíolo se sugiere describir los cordones a nivel de la base del mismo con fines comparativos.

Otro carácter que puede variar entre especies es la presencia o tipo de cristales. En el pecíolo de *P. amalago*, éste es de tipo arenoso, pero en *P. diospyrifolium* y en *P. gaudichaudianum* se presentan rafidios, mientras que en *P. crassinervium* hay cristales aciculares y prismáticos. Metcalfe y Chalk (1950) reportan la presencia de tres tipos de cristales, acicular, prismático y en forma de arena, además de células secretoras y canales de mucílago en las hojas de Piperáceas. Para *P. amalago* Gobbi (2003) reporta cristales granulados de sílice en la vena media de los individuos que ella estudio; este mismo tipo de contenidos en el presente estudio se describen como cristales con forma de arena en idioblastos. También se aprecian células con contenidos de aceite, pero canales de mucílago no se evidencian en el pecíolo, en la vena media, ni en la lámina foliar. Con base en esto, podemos inferir que la presencia/ausencia, así como los tipos de cristales, células secretoras y canales de mucílago, podrían ser útiles en la taxonomía del grupo. Metcalfe y Chalk (1950) citan para las especies de *Piper* algunas características anatómicas comunes en sus hojas, como son los estomas de tipo tetracítico, tricomas simples uniseriados, tricomas glandulares, células secretoras, canales mucilaginosos, características que fueron observadas en *P. amalago* a excepción de los canales mucilaginosos.

## Anatomía de corteza y madera

*Piper amalago* presenta una corteza con apariencia lisa, interrumpida por lenticelas distribuidas irregularmente formando líneas longitudinales y transversales. Externamente las cortezas presentan características que pueden ser usadas como diagnósticas para diferenciar entre especies, en este sentido las lenticelas también aportan información ya que pueden presentarse en diferentes tamaños y/o disposición. En la corteza externa *P. amalago* al igual que *Piper regnellii* (Pressini, *et al* 2003) y *P. hispidum* (Albiero *et al.*, 2006) hay presencia de lenticelas distribuidas irregularmente. De acuerdo con Mauseth (1998), la presencia de éstas puede estar asociada con el desarrollo de peridermis o por la actividad mitótica de parénquima justo debajo de los estomas y si los estomas son raros, las lenticelas pueden originarse por la actividad de felógeno. Metcalfe y Chalk (1950) no las describen para las Piperaceae.

Todos los tejidos que se localizan por fuera del cambium vascular forman parte de la corteza (Trochbrodt, 1990) y para esta especie se reconocen cuatro zonas, en la más cercana al cambium se encuentra el floema no colapsado y conforme se acerca a la peridermis las células se observan obliteradas (floema colapsado); posteriormente se evidencia el córtex y en la parte más externa la peridermis. En algunos tejidos se observaron diferencias con respecto a otras especies descritas de *Piper*. En el interior de los radios multiseriados del floema se forman grupos de células pétreas, característica no reportada para algunas de las especies citadas. Hacia la periferia se observan células secretoras escasas, que se asocian a los paquetes de fibras localizadas en la parte más externa del floema secundario; aunque las células secretoras son comunes en *Piper*, en ninguno caso se describen asociadas a estos paquetes de esclerénquima (Metcalfe y Chalk, 1950). En el córtex de *Piper amalago* existen grupos discretos constituidos de células pétreas y fibras; este tipo de células pétreas dispersas se reportan para *P.*



*iaborandi* (Metcalf y Chalk, 1950). En otras especies del género puede existir en el córtex colénquima con diferentes grados de lignificación, formando un anillo continuo como en *Piper regnellii* var. *pallescens* y en *P. crassinervium* (Pessini *et al.* 2003), o en paquetes como en *P. aduncum* y en *P. hispidinervium* (Vianna y Akisue, 1997; Nascimento y Vilhena-Potiguara, 1999).

Con respecto al xilema secundario, en *Piper amalago* se presenta bien desarrollado; sin embargo, en diferentes especies se observan varios grados de desarrollo (Pessini *et al.*, 2003). Los vasos solitarios y en grupos de dos como lo describen Metcalfe y Chalk (1950) para la familia, también se observan en *P. amalago*; sin embargo, algunas diferencias se pueden presentar entre las especies, pues en *P. hispidim* y en *P. regnellii* se observan principalmente solitarios, mientras que en la especie estudiada tienden a formar grupos de dos, seguidos por los solitarios y escasos de tres a cuatro células; asimismo, las placas de perforación simples presentes en los elementos de vaso es un carácter común en la familia, pero Solereder (1908) menciona que pueden ser escalariformes con pocas barras en algunas especies del género. Otros caracteres anatómicos de la madera como son las fibras con punteadura simples, el parénquima axial paratraqueal vasicentrico y radios parénquimáticos altos, también se comparten con las Piperáceae, pero el número de células que conforman el ancho de los radios puede variar. Al respecto Metcalfe y Chalk (1950) mencionan que en el género *Piper*, los radios pueden estar constituidos por un mayor número de células, entre 30 y 40, pero en *P. amalago* los radios presentan entre 13 y 20 células de ancho.

En la médula de *Piper amalago*, en vista transversal, se observan haces vasculares distribuidos al azar, ésta es una característica típica de las Piperaceae (Metcalf y Chalk 1950; Yuncker, 1958; Murty, 1960; Langhammer, 1970; Hutchinson, 1973; Cronquist, 1981; Vianna y Akisue, 1997; Nascimento y Vilhena-Portiguara, 1999;

Souza *et al.*, 2004; Albiero *et al.*, 2005a,b). El hecho de presentar los haces distribuidos a manera de monocotiledóneas, han hecho pensar a algunos investigadores que las Piperaceae son un grupo de transición entre la Dicotiledóneas y Monocotiledóneas, por lo que proponen un origen común entre estas últimas y las Piperaceae (Dahlgren y Clifford 1982). Según Jud *et al.*, (1999) análisis cladísticos basados en la morfología y en secuencias de rRNA, rbcL y atpB, no apoyan la división de las Angiospermas en Monocotiledóneas y Dicotiledóneas, como tradicionalmente se ha propuesto; de acuerdo con este análisis, las Piperaceae, antes incluidas en Dicotiledóneas, deberán pertenecer al grupo de paleohierbas. La característica de éstas es que comparten muchas particulares de las Monocotiledóneas y de acuerdo con varios autores, por lo menos algunas de las familias de las paleohierbas están estrechamente relacionadas con las Monocotiledóneas. Por otro lado, Takemori (2003), examina las diferencias relativas en el tejido vascular de *Peperomia* y *Piper*, afirmando que los haces de este último son verdaderamente medulares, delimitados por el cilindro vascular, con bandas de Caspary en un extremo de cada haz vascular, esta última característica no fue observada en *P. amalago*. Asimismo, Takemori (2003) afirma que los trabajos de ontogenia, anatomía y arquitectura son de gran relevancia para entender la evolución de caracteres en la familia Piperaceae.



## CONCLUSIONES

La variación obtenida en cuanto al tamaño de la hoja de *P. amalago* muestra una relación con el ambiente.

La arquitectura foliar y el estudio anatómico realizado en los órganos vegetativos de *Piper amalago* revelan semejanzas estructurales con otras especies del género; sin embargo, varios caracteres relacionados con la hoja pueden contribuir en la separación de especies o grupos de ellas, como son la forma de la areóla y el número de vénulas, así como la forma de los tricomas glandulares, número de estratos celulares de la hipodermis y la distribución del colénquima en el pecíolo, de la misma manera que los tipos de cristales, células secretoras y canales de mucílago. Todos estos caracteres son potencialmente útiles en la taxonomía del grupo.

Los caracteres anatómicos de la corteza en *P. amalago* revelaron que existe variación en la presencia/ausencia de células de esclerénquima en los radios floemáticos, posición de las células secretoras y disposición de colénquima en el córtex.

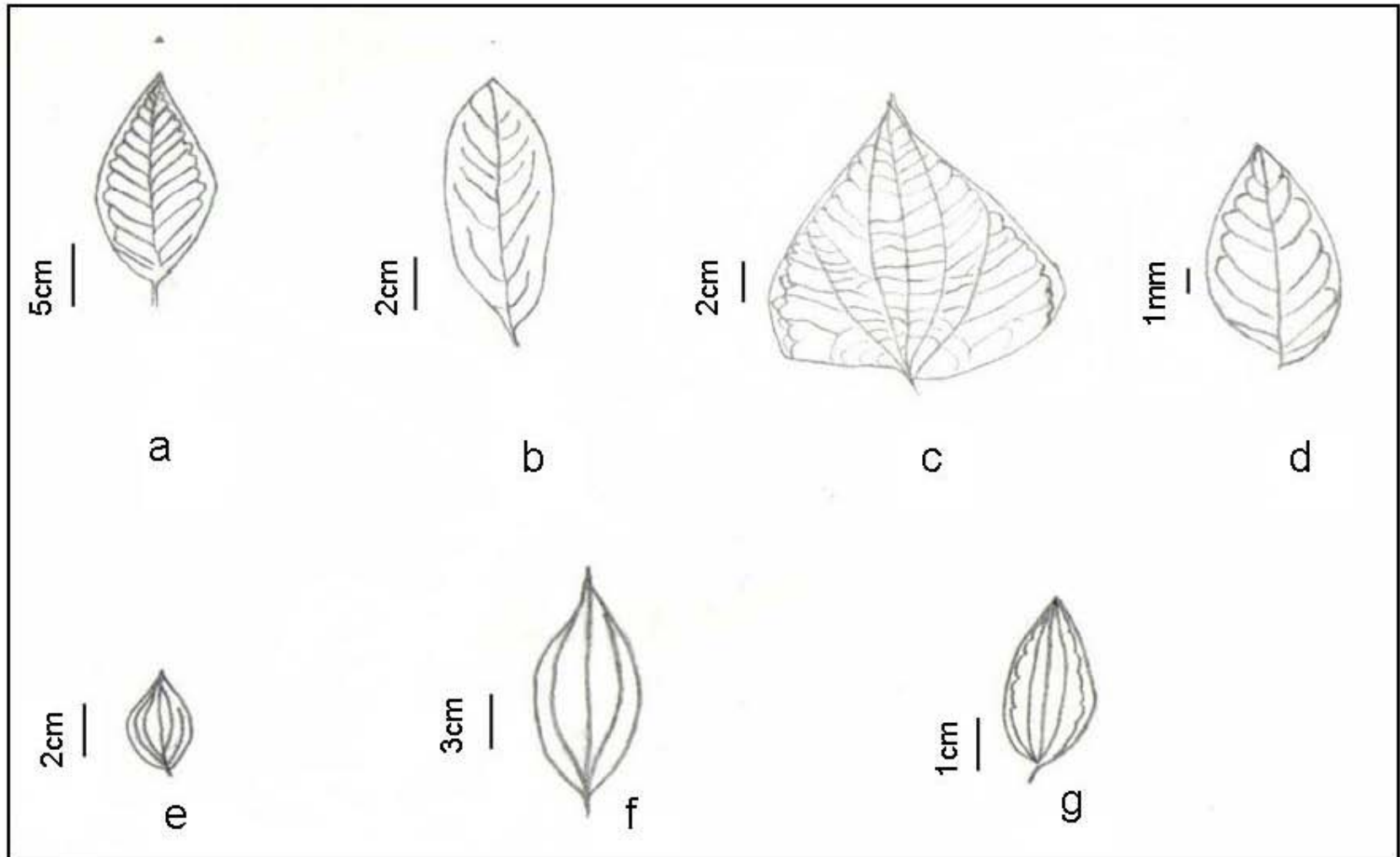
El xilema secundario en *P. amalago* puede variar con respecto a otras Piperáceas en el grado de desarrollo, el porcentaje de vasos agrupados y número de células que conforman a los radios.

El presente es un trabajo pionero sobre las Piperaceae en México, que aporta información básica sobre el género *Piper* y contribuye con datos que pueden ser empleados con fines taxonómicos o de identidad.

CUADRO 1. Ejemplares de *Piper amalago*. B.M.M = bosque mesófilo de montaña; B.Q. = bosque de *Quercus*; S.B.C = selva baja caducifolia; S.A.P. = selva alta perennifolia.

| LOCALIDAD          | CARACTERISTICAS           | # COLECTA Y COLECTOR                     | TEJIDO TRABAJADO                                      |
|--------------------|---------------------------|--|---|
| TAMAULIPAS(B.M.M)  | Maduro colectado en campo | 42426 Silvia Aguilar                     | Madera, corteza, anatomía foliar, arquitectura foliar |
| PUEBLA (B.M.M)     | Maduro colectado en campo | 42425 Silvia Aguilar                     | Madera, corteza, anatomía foliar, arquitectura foliar |
| PUEBLA (B.Q)       | Maduro tomado de herbario | Soto M. Martínez<br>(MEXU)               | Anatomía foliar, arquitectura foliar                  |
| MORELOS (S.B.C)    | Maduro tomado de herbario | 545 E. Rodríguez<br>(MEXU)               | Anatomía foliar, arquitectura foliar                  |
| TAMAULIPAS (S.B.C) | Maduro tomado de herbario | 12568 Gonzalez M. y Hiriart P.<br>(MEXU) | Anatomía foliar, arquitectura foliar                  |
| VERACRUZ (S.A.P)   | Maduro tomado de herbario | 2523 Refugio Cedillo<br>(MEXU)           | Anatomía foliar, arquitectura foliar                  |

CUADRO 2. Morfología de hojas de diferentes especies de *Piper*. a. *P. crassinervium*; b. *P. tuberculatum*; c. *P. marginatum*; d. *P. arboreum*; e. *P. cihuatlanense*; f. *P. neesianum*; g. *P. muelleri* (figuras a-c tomadas de Guimarães *et al.*, 2004, figuras a-c tomadas de Bornstein 1989).



CUADRO 3 Caracteres cuantitativos y cualitativos de la hoja de *Piper amalago*

| HOJA                      |                   | Bosque Mesófilo de Montaña                         |                             | Bosque de Quercus                      |                         | Selva Baja Caducifolia s               |                       |
|---------------------------|-------------------|--|-----------------------------|--|-------------------------|--|-----------------------|
| <b>Cutícula</b>           |                   | Lisa   | 4 ± 1.4 µm (2-6 µm)         | Lisa                                   | 2-6 µm                  | Lisa                                   | 2-6 µm                |
| <b>Tricomas</b>           |                   | Simples uniseriados 2-4                            | Long. 10-70 µm              | Simples uniseriados 2-4                | Long.20-60 µm           | Simples en desarrollo                  | Long.10-35µm          |
| <b>Epidermis adaxial</b>  |                   | Simples, células con lumen amplio paredes delgadas | Al 12 ± 3.5µm (6-22 µm)     | Simples, lumen amplio paredes delgadas | Al 10±6 µm (6-36 µm)    | Simples, lumen amplio paredes delgadas | Al 12±2 µm (10-18 µm) |
|                           |                   |  | An 27 ± 7µm (16-46 µm)      |  | An 26 ± 5µm (16-36µm)   |  | An 28 ± 7µm (18-44µm) |
| <b>Hipodermis adaxial</b> |                   | Simple   | Al 22 ± 5.0 µm (8-28 µm)    | Simple                                 | Al 26 ± 5 µm (18-36 µm) | Simple                                 | Al 16±4 µm (10-26 µm) |
|                           |                   |  | An 30 ± 6.0 µm (22-44 µm)   |  | An 30 ± 6 µm (20-50 µm) |  | An 22 ± 6µm (12-40µm) |
| <b>Mesofilo</b>           | <b>Empalizada</b> | 1 o 2 capas de células alargadas                   | Al 23.3 ± 2.4 µm (17-28 µm) | 1 o 2 capas de células alargadas       | Al 27 ± 4 µm (16-34 µm) | 1 o 2 capas de células alargadas       | Al 23±3 µm (18-30µm)  |
|                           | <b>Esponjoso</b>  |  | An 6.3 ± 0.45µm (6-7 µm)    |  | An 9 ± 2 µm (6-14 µm)   |  | An 6 ± 1µm (4-10µm)   |
| <b>Hipodermis abaxial</b> |                   | Simple   | Al 18 ± 5 µm (8-28 µm)      | Simple                                 | Al 28 ± 4 µm (20-34 µm) | Simple                                 | An 12 ± 2µm (8-18µm)  |
| <b>Epidermis abaxial</b>  |                   |  | An 31 ± 7 µm (20-46 µm)     |  | An 39 ± 7 µm (26-50 µm) |  | An 25 ± 6µm (16-36µm) |
| <b>Epidermis abaxial</b>  |                   | Simple   | Al 17 ± 2 µm (12-20 µm)     | Simple                                 | Al 13 ± 2 µm (8-16 µm)  | Simple                                 | Al 11±2 µm (8-18 µm)  |
|                           |                   |  | An 23 ± 4 µm (12-28 µm)     |  | An 22 ± 4 µm (16-34 µm) |  | An 21 ± 6µm (12-34µm) |

Al=alto, An=ancho, Long=longitud

|            |                           | <i>P.amalago</i>   | <i>P.regnellii</i>                                  | <i>P.betle</i>                                | <i>P.aduncum</i>                                  | <i>P.hispidinervium</i>      | <i>P.crassinervium</i>                   |
|------------|---------------------------|--|---|---|---|------------------------------|--|
| PECÍOLO    | # de cordones             | 7-10   | -   | -   | -   | 11                           | 14                                       |
|            | c.s (id)                  | células secretoras y células con cristales en forma de arena | -   | -   | -   | cristalíferos (aciculares)   | Cristalíferos (aciculares y prismáticos) |
|            | tricomas                  | simples uniseriados  | pluricelulares                                      | -   | -   | simples uni y pluricelulares | -  |
|            | can. muc.                 | ausentes   | -   | presentes                                     | presentes   | -                            | ausentes                                 |
| EPIDERMIS  | estomas                   | tetracíticos   | ciclocíticos y tetracíticos                         | anisocíticos                                  | anomocíticos y tetracíticos                       | ciclocíticos                 | ciclocíticos y tetracíticos              |
|            | tricomas                  | simples uniseriados y glandulares en desarrollo              | glandulares capitados y saculiformes                | uni y pluricelulares y glandulares fusiformes | pluricelulares capitados y glandulares fusiformes | glandulares                  | glandulares                              |
| HIPODERMIS | # de capas y localización | 1 capa. Adaxial y abaxial                                    | 2 a 3 capas   | solo adaxial                                  | solo adaxial                                      | 2 a 3 capas Solo adaxial     | -  |
|            | c.s (id)                  | células secretoras   | Id. oleíferos y cristalíferos con rafidios o drusas | células secretoras                            | Id. oleíferos y cristalíferos                     | Id oleíferos y cristalíferos | -  |
|            | can. muc.                 | ausentes   | presentes   | -   | -   | -                            | ausentes                                 |
| MESOFILO   | c.s (id)                  | células secretoras   | Id oleíferos  | -   | -   | -                            | Id oleíferos                             |
| VENA MEDIA | # de cordones             | 1  | 3   | -   | -   | 2                            | 1  |
|            | c.s (id)                  | cristales en forma de arena                                  | -   | -   | cristalíferos (aciculares y prismáticos)          | -                            | Id. oleíferos                            |
|            | tricomas                  | simples uniseriados  | Simple pluricelulares (perla)                       | -   | -   | -                            | -  |
|            | can. muc.                 | ausente  | -   | presente                                      | presentes   | ausentes                     | ausentes                                 |

CUADRO 4. Caracteres comparativos entre diferentes especies de *Piper*

c.s=células secretoras, id=idiblastos, can.muc=canales mucilaginosos,





## BIBLIOGRAFIA

- Aguilar-Rodríguez, S. 1998. Técnicas de laboratorio para el estudio de las embriófitas. *In* Plantae. Introducción al estudio de las plantas con embrión, J. D. Tejero D. y M. P. Granillo V. (eds.). Segunda Edición. Universidad Nacional Autónoma de México, Campus Iztacala. México. p. 247-285.
- Argueta, V.A., Cano L. y Rodarte M. 1994. Atlas de las plantas de la medicina tradicional Mexicana. Tomo 1. Instituto Nacional Indigenista. pag. 522.
- Artiaga de Santiago, E.J., Pinto, J.E., Castro, E.M., Lameira, O.A. 2001. Aspectos da anatomia foliar da pimenta-longa (*Piper hispidinervium* C.DC.) sob diferentes condições de luminosidade. *Ciênc. Agrotec.*, Lavras, v.25. 1035-1042.
- Albiero, A.L., Paoli, A.A., Souza, L.A. y Mourão, S.M. 2005a. Morfoanatomia dos órgãos vegetativos de *Piper crassinervium* H.B.& K. (Piperaceae). *Acta Botânica. Brasileira*. 19 (2): 305-312.
- Albiero, A.L., Souza, L.A., Mourão, K.S.M., Almeida, O.J. y Lopes, W.A. 2005b. Morfoanatomia do caule e da folha de *Piper gaudichaudianum* Kuntze (Piperaceae). *Acta Farmaceutica Bonaerense* 24 (4): 550-4.
- Albiero, A.L., Paoli, A.A., Souza, L.A. y Mourão, S.M. 2006. Morfoanatomia dos órgãos vegetativos de *Piper hispidum* Sw. (Piperaceae). *Revista Brasileira Farmacognosta*. 16(3).
- Bary. 1877. *In* Fahn. 1982. Anatomía vegetal. H. Blume Ediciones. Madrid. pag. 597.
- Bornstein, A.J. 1989. Taxonomic studies in the Piperaceae-I. The pedicellate pipers of Mexico and central America (Piper subg. Arctottonia). *Journal of the Arnold Arboretum* 70 (4): 1-55.
- Callejas, R. 1986. Taxonomic revision of *Piper* subgenus *Ottonia* (Piperaceae). Ph.D. dissertation. City University of New York, New York, New York, USA

- Cronquist, A. 1981. An integrated system of classification of flowering plants. Colombia Univestity Press, New York.
- Dahlgren, R.M.T. y Clifford, H.T. 1982. The Monocotyledons: A comparative study. Academia Press, London.
- Dickison, C.W. 1999. A view of the current status of comparative wood anatomy. Boletín de la Sociedad Botánica de México 64: 87-91.
- Dilcher, D. 1974. Approaches to the identification of angiosperm leaf remains. The Botanical Review (Lancaster) 40: 1-157.
- Fahn. 1982. Anatomía vegetal. H. Blume Ediciones. Madrid. pag. 597.
- Gobbi, A.P. 2003. Morfo-anatomia comparativa da folha de três espécies da familia Piperaceae. Monografia. Univesidade Estadual de Maringá, Maringá.
- Gomez-Pompa, A. 1966. Estudios Botánicos en la región de Misantla Veracruz. Instituto Mexicano de Recursos Naturales Renovables A.C. México, DF. pags. 143-145.
- Guimarães, F.E. y Giordano, S.L.C. 2004. Piperaceae do Nordeste brasileiro I: estado do Ceará. Rodriguésia. 55 (84): 21-46.
- Heywood, V. H. 1985. Las plantas con flores. Reverté, S.A. pag. 332.
- Hickey, J.L. 1973. Classification of the architecture of Dicotyledonous leaves. American Journal of Botany 60(1): 17-33.
- Hutchinson, J. 1973. The families of the flowering plants. Claredon Press, London<sup>3</sup>ed.
- IAWA Committee. 1989. IAWA list of microscopic features for harwood identification. IAWA Bulletin n.s.10: 219-332.

- Jaramillo, A.M. y Manos, P. 2001. Phylogeny and patterns of floral diversity in the genus *Piper* (Piperaceae) American Journal of Botany 88(4): 706-716.
- Johansen, D.A. 1940. Plant microtechnique. Mc Graw-Hill Book Company, Inc., New York. pag. 523
- Judd, W.S., Campbell, C.S., Kellogg. E.A. y Steven. P.F. 1999. Plant Systematics, a phylogenetic approach. Sinauer Associates, Inc. Publishers, Sunderland.
- Langhammer, V.L. 1970. *Piper auritum* H.B.K.-an anatomical-histochemical study. Piperaceae used in folk medicine-comparative anatomical-histochemical study I. Planta Medica. 19: 63-70.
- Mauseth, J.D. 1988. Plant Anatomy. In: Albiero, A.L., Paoli, A.A., Souza, L.A. y Mourão, S.M. 2006. Morfoanatomia dos órgãos vegetativos de *Piper hispidum* Sw. (Piperaceae). Revista Brasileira Farmacognosta. 16(3).
- Metcalf, C.R. y Chalk, L. 1950. Anatomy of the Dicotyledons. Oxford University Press. Vol.2.1120-1126.
- Metcalf, C.R. y Chalk. 1979. Anatomy of the Dicotyledons. Oxford University Press. Vol.1.
- Molina T.J. y García C.A. 2001. Alcamidas en plantas: distribución e importancia. Avance y Perspectiva 20: 377-387.
- Murty, Y.S. 1960. Studirs in order Piperales I. A contribution to the study of vegetativos of the some species of *Peperomia*. Phytomorfology 10: 50-59.
- Nascimento, M.E. y Vilhena-Potiguara, C.R. 1999. Aspectos anatômicos dos rogaos vegetativos de *Piper hispidinervium* C. DC. (Piperaceae) e suas estruturas secretoras. Boletín do Museu Paraense Emílio Goeldi; Série Botânica. 15: 39\_104.
- Pessini, G.L., Albiero, A.L.M., Mourão, K.S.M., Nakamura, C.V., Dias Filho, B.P. y Cortez, D.A. 2003. Análise Farmacognóstica de *Piper regnellii* (Miq.) C. DC. var. *pallescens*

- (C.DC.) Yunck: Aspectos Botânicos e Enfoque Físico-químico Preliminar. *Acta Farmaceutica Bonaerense* 22 (3): 209-216.
- Silva, D.M.H. y Bastos, C.N. 2007. Atividade antifúngica de óleos essenciais de espécies de *Piper* sobre *Crinipellis pernicioso*, *Phytophthora palmivora* e *Phytophthora capsici*. *Fitopatologia brasileira* 32 (2).
- Silva, E.M. y Machado, S.R. 1999. Estrutura e desenvolvimento dos tricomas em folhas de *Piper regnellii* (Miq) C.DC. var. *regnellii* (Piperaceae). *Revista Brasileira de Botânica*. 22: 117-124.
- Solereider, M. 1908. *Systematic anatomy of the Dicotyledons*. Clarendon Press. Oxford. Vol. 2.
- Sosa, V. y Gómez-Pompa A. 1994. Lista florística. *In: Flora de Veracruz*. Fascículo 82. pag. 245.
- Souza, L.A., Moscheta, I.S. y Oliveira, J.H.G. 2004. Morfología y anatomía comparativa de la hoja y tallo de *Peperomia dahlstedtii* C.D.C., *Ottonia martiana* Miq. Y *Piper diospyrifolium* Kunth (Piperaceae). *Gayana Botanica*. 61 (1): 6-16.
- Standley, P.C. 1920. *Trees and shrubs of Mexico*. United States National herbarium. Washington. 23 (I): 145-156.
- Standley, P.C. 1977. *Flora of Guatemala*. Fieldiana: Botany. Field Museum of Natural History Chicago, U.S.A. 24 (III): 229-337.
- Takemori, N.K. 2003. Anatomia comparada das folhas de espécies de *Peperomia* (Piperaceae). I. Ontogênese do tecido aquífero e dos estômatos. *Acta Botanica Brasilica* 17: 387-394.
- Trelease, W. y Yuncker, G.T. 1950. *The Piperaceae of northern South America*. University of Illinois Press, Urbana, Illinois, USA.

- Trockenbrodt, M.1990. Survey an discussion of the terminology used In nark anatomy. IAWA Bulletin new series 11: 141-166.
- Vianna, W.O. y Akisue, G. 1997. Caracterização morfológica de *Piper aduncum* L. Lecta 15: 11-62.
- Villaseñor, J.L. 2004. Los géneros de plantas vasculares de la Flora de México. Boletín de la Sociedad Botánica de México, A.C. Distrito Federal, México. 105-135pp.
- Wanke, S., Jaramillo M., Borsch, T., Samain. M., Quandt. D. y Neinhuis. C. 2007. Evolution of Piperales—matk gene and trnk intron sequencedata reveal lineage specific resolution contrast. Molecular Phylogenetics and Evolution. 42(2): 477–497.
- Wilkinson, P.H. 1979. The plant surface (Mainly Leaf). In: Metcalfe, C.R. y Chalk. (eds). Anatomy of the Dicotyledons.2° ed. Oxford Clarendon Press. vol.I.
- Yuncker, T.G. 1958. The Piperaceae-A family profile. Brittonia 10: 1-7.