



universidad
de león



FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y AMBIENTALES

**HERBARIO HISTOLÓGICO DEL CAMPUS DE
LA UNIVERSIDAD DE LEÓN: HISTOLOGÍA
PECIOLAR DE *AESCULUS*, *ALLIARIA*,
HEDERA, *MALVA*, *MORUS*, *PLANTAGO*,
PLATANUS, *QUERCUS*, *ROSA*, *SALIX* Y
ULMUS.**

**HISTOLOGICAL HERBARIUM FROM THE
CAMPUS OF THE UNIVERSITY OF LEÓN:
PETIOLE HISTOLOGY OF *AESCULUS*,
ALLIARIA, *HEDERA*, *MALVA*, *MORUS*,
PLANTAGO, *PLATANUS*, *QUERCUS*, *ROSA*,
SALIX AND *ULMUS*.**

Autor: Jaime Cabrera Rodríguez

GRADO EN BIOLOGÍA

Julio, 2020

ÍNDICE

Introducción	1
Características botánicas de las especies objeto de estudio	2
Hoja.....	4
Pecíolo.....	5
Esquema de pecíolo tipo	9
Material y métodos	9
Toma de muestras, fijación y conservación	10
Inclusión.....	10
Cortes	11
Tinción	11
Observación	12
Resultados	12
Discusión	13
Familia Sapindaceae	17
Familia Cruciferae	18
Familia Malvaceae	20
Familia Moraceae.....	22
Familia Rosaceae	24
Familia Ulmaceae	25
Familia Fagaceae	22
Familia Salicaceae	20
Familia Platanaceae	26
Familia Araliaceae	16
Familia Plantaginaceae	16
Características destacables entre familias	26
Variabilidad genética y factor ecológico	27
Bibliografía	28

RESUMEN

Se ha estudiado y comparado la anatomía y morfología peciolar de 11 especies de dicotiledóneas (*Aesculus hippocastanum*, *Alliaria petiolata*, *Hedera helix*, *Malva sylvestris*, *Morus nigra*, *Plantago lanceolata*, *Platanus hispanica*, *Quercus suber*, *Rosa canina*, *Salix fragilis*, *Ulmus minor*). Se recolectaron muestras en el campus de la Universidad de León, que posteriormente fueron fijadas y procesadas hasta la obtención de preparaciones microscópicas de cortes transversales de peciolo. Debido a la situación producida por el coronavirus, los cortes no pudieron ser estudiados, por lo que se procedió a realizar una revisión bibliográfica sobre la anatomía y morfología del peciolo de las familias a las que pertenecen las especies objeto de estudio. Concretamente fueron revisadas las características de tricomas, epidermis, sistema vascular, vaina fascicular y cristales del peciolo de cada familia, destacando, posteriormente, las características más sobresalientes (Toda la información referente al procedimiento seguido tras la pandemia por coronavirus, estará señalizada, como en este caso, en azul oscuro). Todas las familias, excepto Salicaceae y Araliaceae, presentaron tricomas glandulares. Moraceae fue la única familia que presentó epidermis multiseriada; además, junto con Ulmaceae, fueron las únicas dos familias con paredes celulares calcificadas o silicificadas. La única familia que resultó no estar compuesta por un sistema vascular en anillo fue Plantaginaceae, sus haces vasculares se disponían formando un arco; además, todas las familias, excepto Ulmaceae, mostraban haces accesorios. Moraceae y Salicaceae no presentaron vainas fasciculares definidas; Ulmaceae resultó tener especies sin vaina fascicular. Cruciferae mostró cristales de hesperidina, Araliaceae cristales agrupados a modo de arena y Malvaceae en forma de H.

Palabras clave. Campanulidae, Fabidae, histología, Lamiidae, Malvidae, peciolo.

ABSTRACT

It has been studied and compared the petiole anatomy and morphology of 11 dicots species (*Aesculus hippocastanum*, *Alliaria petiolata*, *Hedera helix*, *Malva sylvestris*, *Morus nigra*, *Plantago lanceolata*, *Platanus hispanica*, *Quercus suber*, *Rosa canina*, *Salix fragilis*, *Ulmus minor*). Samples were collected from the campus of the University of León, which were later fixed and processed until obtaining microscopic preparations of cross sections of petioles from the eleven samples taken. Due to the coronavirus pandemic, the cuts could not be studied; therefore, a bibliographic review was carried out on the petiole anatomy of the families to which the species under study belong. Specifically, the characteristics of trichomes, epidermis, vascular system, fascicular sheath and crystals of the petiole of each family were reviewed, subsequently highlighting the most outstanding characteristics (All information on the procedure followed after the coronavirus pandemic will be marked, as in this case, in blue colour). All families, except Salicaceae and Araliaceae, had glandular trichomes. Moraceae was the only family with a multiseriate epidermis; furthermore, together with Ulmaceae, they were the only families that had calcified or silicified cell walls. The only family that without a ring-shaped vascular system was Plantaginaceae, its vascular bundles were arranged in an arch; except Ulmaceae, the rest of families had accessory bundles. Moraceae and Salicaceae did not show defined fascicular sheaths; Ulmaceae had species that did not have fascicular sheaths. Cruciferae showed hesperidin crystals, Araliaceae had sand-crystals and H-shaped crystals were viewed in Malvaceae.

Key words. Campanulidae, Fabidae, histology, Lamiidae, Malvidae, petiole.

INTRODUCCIÓN

La histología es la rama de la biología que estudia la estructura microscópica de las células, tejidos y órganos. En el presente trabajo se han estudiado los peciolos correspondientes a 11 especies pertenecientes a plantas de eudicotiledóneas, que están presentes en el campus de la Universidad de León: Dentro de Campanulidae se encuentra *Hedera helix* L., Araliaceae. En Lamiidae se puede encontrar a *Plantago lanceolata* L., Plantaginaceae. *Aesculus hippocastanum* L., Sapindaceae; *Alliaria petiolata* M. Bieb., Cruciferae y *Malva sylvestris* L., Malvaceae pertenecen al taxón Malvidae. *Salix fragilis* L., Salicaceae; *Quercus suber* L., Fagaceae; *Morus nigra* L., Moraceae; *Rosa canina* L., Rosaceae y *Ulmus minor* Mill., Ulmaceae se encuentran en el taxón Fabidae. Fuera de estos taxones, directamente en el suborden Proteanae, está presente *Platanus hispanica* Mill. ex Münchh., Platanaceae, según la nomenclatura de “Flora Ibérica” (Castroviejo, 1986-2012).

Para poder realizar el presente trabajo, se ha tenido en cuenta la situación filogenética de las 11 especies estudiadas (Figura 1); a partir de la clasificación de órdenes y familias expuesta por Bremer (2009) según el sistema de clasificación APG III (Angiosperm Phylogeny Group).

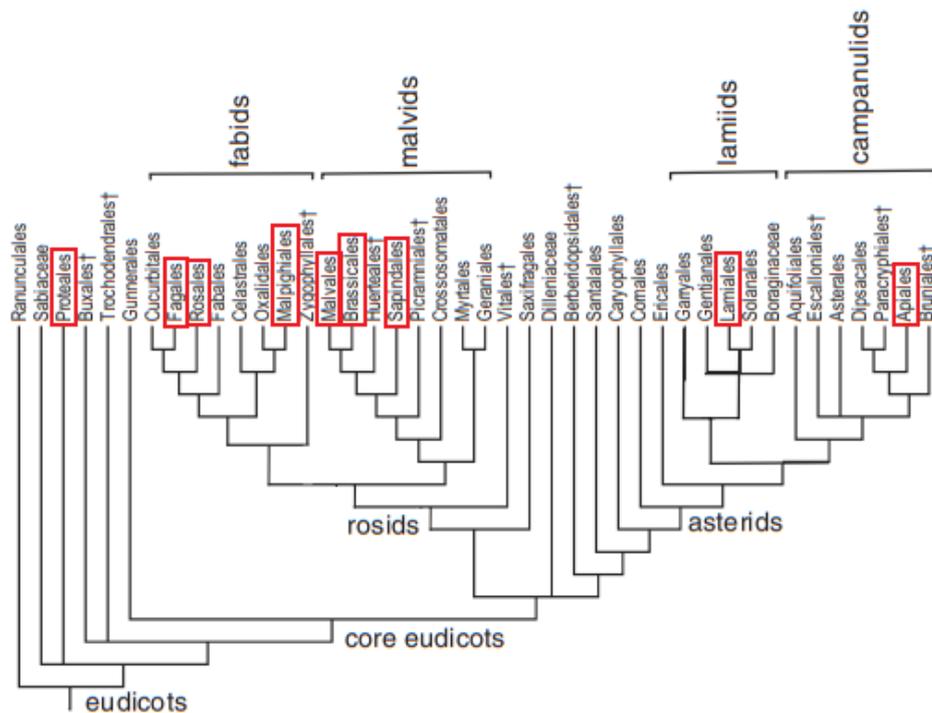


Figura 1. Cladograma de los órdenes y familias de eudicotiledóneas (APG III). Los órdenes destacados son los correspondientes a la especie objeto de estudio (adaptado de Bremer *et al.*, 2009).

Características botánicas de las especies objeto de estudio

H. helix, planta trepadora que presenta ramas jóvenes estériles rectas o serpantes, de escasa a bastante pilosas. Usualmente presenta rizomas. Las hojas de las ramas estériles son, por lo general, cordiformes, palmeadas o astadas; estas suelen presentar de 3 a 5 lóbulos y nervios que se muestran elevados sobre el resto de la lámina; son pubescentes. Las hojas de las ramas fértiles suelen ser enteras, elípticas u ovadas, incluso lanceoladas; los nervios de estas son menos prominentes que los de las de las ramas estériles, apenas destacan (Figura 2a) (Valcárcel *et al.*, 2003).

P. lanceolata es una planta acaule; las hojas están en roseta basal, son linear lanceoladas, enteras, atenuadas en un peciolo, en ocasiones poco marcado (Figura 2b). Son pubescentes, seríceas o lanosas (Pedrol, 2008).

A. hippocastanum es un árbol que suele medir unos 40 metros, presenta hojas compuestas y pecioladas con 5 a 7 folíolos, los cuales son más o menos oblongos, con margen serrado y se van estrechando hacia la base (Figura 2c). Los folíolos en la juventud presentan pelos rojizos curvados y pluricelulares en la base por el envés, más tarde se vuelven glabrescentes (Navarro y Muñoz, 2015).

A. petiolata es una planta con largos pelos en la base y glabrescente en el resto. Está compuesta por un tallo erecto que con frecuencia se ramifica por la parte superior. Las hojas suelen tener algún pelo en los nervios del envés y tienen peciolo pubescentes; las hojas inferiores son cordado-reniformes y largamente pecioladas, las superiores son entre cordadas y triangulares (Figura 2d) (Fernández y Castroviejo, 2008).

M. sylvestris, planta con tallos erectos, ascendentes o más o menos decumbentes, ramosos, de glabrescentes a bastante hispídos, siendo así con pelos simples o bífidos y con pelos más cortos estrellados. Las hojas basales son suborbital-cordiformes presentan de 3 a 7 lóbulos crenado-serrados, algo pelosas y provistas de largos peciolo; las caulinares tienen la diferencia que son más pubescentes por el envés y tienen peciolo de menor longitud (Figura 2e) (Nogueira y Paiva, 2006).

S. fragilis es un árbol con ramas glabras, raramente tienen pelos. Provisto por yemas glabras y brillantes. Las hojas, también brillantes y glabras por el haz, son lanceoladas e incluso ovado-lanceoladas, con base redondeada y margen glanduloso-serrado; el peciolo es glabrescente (Figura 2f) (Blanco, 2006).

Q. suber es un árbol que puede pasar de los 10 metros de altura, generalmente de copa laxa e irregular. Compuesto por hojas blanquecino-tomentosas por el envés y verde-oscuro por el haz, denticuladas y con un nervio central sinuoso (Figura 2g) (Aizpuru, 1999).

M. nigra es un árbol monoico, de hasta 25 metros de altura; tiene un tronco recto y robusto; el haz foliar tiene pocos pelos y presenta células mineralizadas, el envés es tomentoso (Figura 2h) (Catalán, 2006).

R. canina es un arbusto con acúleos homogéneos en el tallo; hojas pinnaticompuestas con estípulas largamente soldadas al peciolo, los folíolos son dentados con el envés glabro (Figura 2i) (Aizpuru, 1999).

U. minor, árbol de hasta 30 metros y generalmente con chupones. Las ramas son finas, a veces con rebordes de súber; las jóvenes son pubescentes. Tiene unas hojas oval-lanceoladas o suborbicadas, que pierden simetría en la base, el lóbulo basal de estas hojas es más corto que el peciolo, el margen es serrado o dentado, nervadura pinnada, escábridas, pelosas o glabras en el haz, mechones de pelo dispuesto en las bifurcaciones de los nervios principales en el envés; el peciolo es glabrescente o hirsuto (Figura 2j) (Navarro y Castroviejo, 2006).

P. hispanica, árbol de hasta 35 metros de altura, ramas abiertas. Presenta brotes tomentosos y ramitas glabrescentes. Hojas palmatífidas largamente pecioladas, los lóbulos son triangulares, sinuado-dentados y tomentosos en su época juvenil (Figura 2k) (Rocha, 1990).

Hoja

Las hojas podrían definirse como apéndices del tallo que muestran una gran variedad de formas externas (D'Amelio, 1999). Estas constituyen el follaje de las plantas y son sus principales órganos fotosintéticos, que es su función principal junto con la transpiración (Álvarez, 2015).

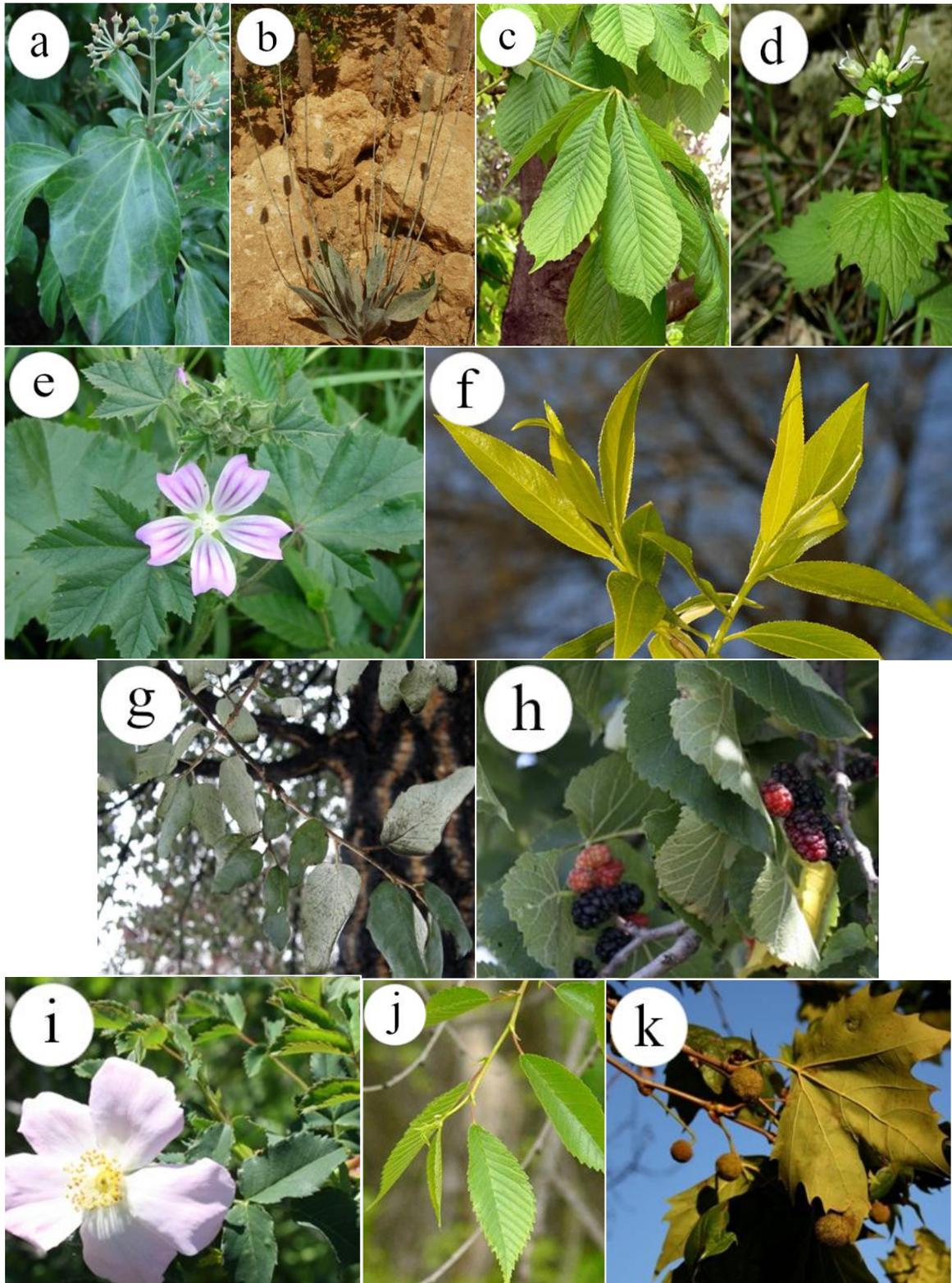


Figura 2. Hojas de las plantas objeto de estudio. **a**, *H. helix*; **b**, *P. lanceolata*; **c**, *A. hippocastanum*; **d**, *A. petiolata*; **e**, *M. sylvestris*; **f**, *S. fragilis*; **g**, *Q. suber*; **h**, *M. nigra*; **i**, *R. canina*; **j**, *U. minor*; **k**, *P. hispanica* (Galán *et al.*, 2013; Gálvez, sin fecha; Menéndez y Oliveros, 2020).

En la gran mayoría de las plantas, las hojas pueden ser reconocidas por las siguientes características: su forma aplanada, su delgadez, la presencia de clorofila, una gran relación superficie-volumen (lo que le permite captar luz e intercambiar gases de forma eficaz) y las venas: sistema vascular que además de un sistema de conducción de las savias, actúa como sistema de soporte (Álvarez, 2002, 2015; D'Amelio, 1999).

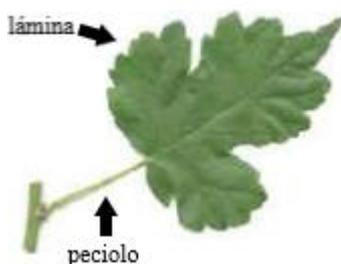


Figura 3. Lámina foliar y peciolo de *Broussonetia papyrifera* (adaptado de Arbo y Ferrucci, 2019).

La parte ensanchada y aplanada de la hoja se denomina limbo o lámina (Álvarez, 2015), ésta presenta dos caras: la abaxial, que es la cara inferior, lo que se denomina el envés, dirigida hacia la base del tallo, generalmente la parte en sombra; la adaxial, la cara superior, el haz, enfocada hacia el ápice de la planta, generalmente la parte iluminada (Arbo y Ferrucci, 2019). La lámina suele estar unida al tallo por el peciolo o pedúnculo foliar, si este no existe, la hoja es denominada sésil (Figura 3) (D'Amelio, 1999).

Peciolo

El peciolo, como ya se ha mencionado, es la parte mediante la cual la hoja se une al tallo. Se denomina base foliar a la porción ensanchada donde el peciolo se inserta en el tallo. (Arbo y Ferrucci, 2019).

Es necesario afianzar algunos conceptos, referentes al peciolo, que se mencionan más adelante en el presente trabajo:

Tricomas

El peciolo, al igual que la hoja, puede tener una epidermis provista de tricomas, si no los presenta se denomina epidermis glabra. Los tricomas se definen como apéndices epidérmicos con diversas estructuras, formas y funciones. Están compuestos por paredes celulósicas recubiertas de cutícula, pueden presentar paredes silicificadas o calcificadas e incluso paredes secundarias lignificadas (Álvarez, 2002, 2015; Arbo y Ferrucci, 2019).

Se muestra en la Tabla 1 una clasificación sencilla de los tricomas (Figura 4):

Tabla 1. Clasificación de tipos de tricomas (Arbo y Ferrucci, 2019).

Tricomas	Definición
Papilas	Pequeños abultamientos. Muchas veces sensitivos. Delgados (Figura 4a).
Pelos simples unicelulares	Compuesto por el pie, zona que se inserta en la epidermis, y el cuerpo (Figura 4b).
Pelos simples pluricelulares	Una o varias filas de células (Figura 4c).
Pelos ramificados unicelulares	Pueden ser en forma de T, siendo los denominados pelos malpighiáceos; también pueden presentar varios brazos, son los llamados pelos estrellados (Figura 4d).
Pelos ramificados pluricelulares	Pelos dendríticos, semejantes a árboles (Figura 4f); pelos estrellados, con ramas en el mismo plano o planos diferentes (Figura 4e).
Escamas o pelos peltados	Pluricelulares. Todas las células en el mismo plano, como un escudo. Sésiles o pedunculados (Figura 4g).
Pelos glandulares o secretores	Unicelulares o pluricelulares. Compuesto por un pie y una cabeza secretora (Figura 4h).

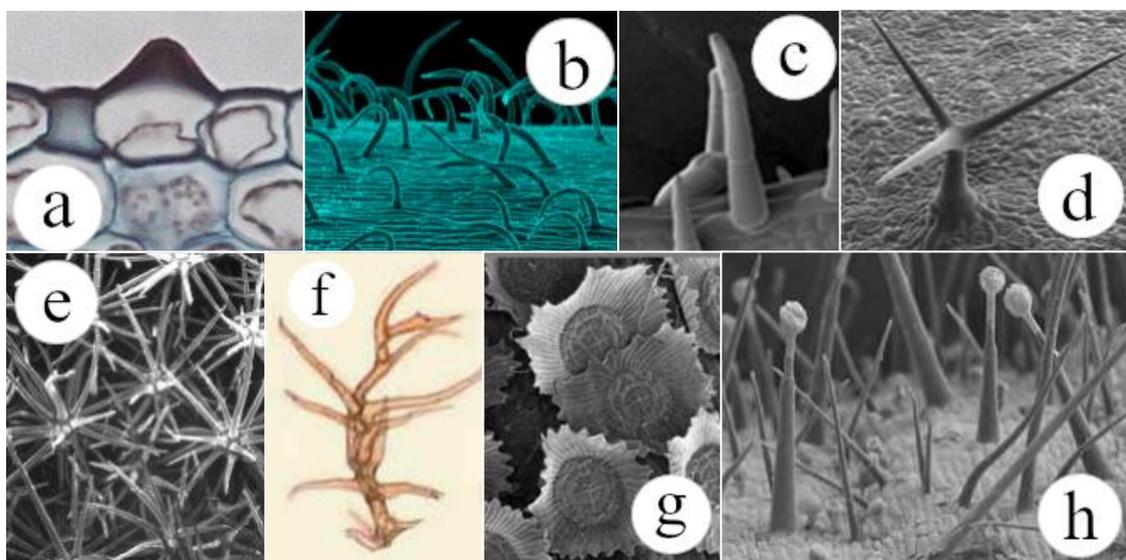


Figura 4. a, papila de *Iris*; b, pelos simples unicelulares de *Turnera panamensis*; c, pelos simples pluricelulares; d, pelo ramificado unicelular estrellado; e, pelos ramificado pluricelular estrellado de *Piriqueta*; f, pelo dendrítico de *Tabebuia*; g, escamas de *Tillandsia*; h, pelos glandulares de *Pelargonium* (Arbo y Ferrucci, 2019).

Epidermis

La epidermis del peciolo, por lo general, tiene las mismas características que la epidermis adaxial de la hoja. Esta epidermis suele estar formada únicamente por una capa de células (uniseriada); pero en ocasiones puede llegar a presentar más de una capa (multiseriada). En las secciones transversales del peciolo, las células epidérmicas son rectangulares o elípticas (Arbo y Ferrucci, 2019).

Las células epidérmicas presentan pared primaria; la pared externa está incrustada de cutina, que se va depositando dando lugar a una capa externa continua, la cutícula (Figura 5a). Las células epidérmicas pueden contener cristales (Arbo y Ferrucci, 2019).

Inmediatamente por debajo de la epidermis nos encontramos con el colénquima, formando generalmente una capa continua. Este tejido es uno de los tejidos de sostén, es fuerte y flexible. Morfológicamente está constituido por un solo tipo de células, las cuales pueden ser alargadas, fusiformes o prismáticas; vistas en un corte transversal son poligonales (Figura 5b). Otro tejido de sostén que puede aparecer es el esclerénquima, que se diferencia del colénquima en que sus células presentan paredes secundarias lignificadas, suele aparecer rodeando a los haces vasculares. (Arbo y Ferrucci, 2019).

Subepidérmicamente el peciolo también presenta parénquima de reserva. Este tejido puede ser desde compacto, hasta presentar espacios intercelulares, sus células suelen ser isodiamétricas, teniendo una forma poliédrica (Figura 5c) (Álvarez, 2002, 2015).

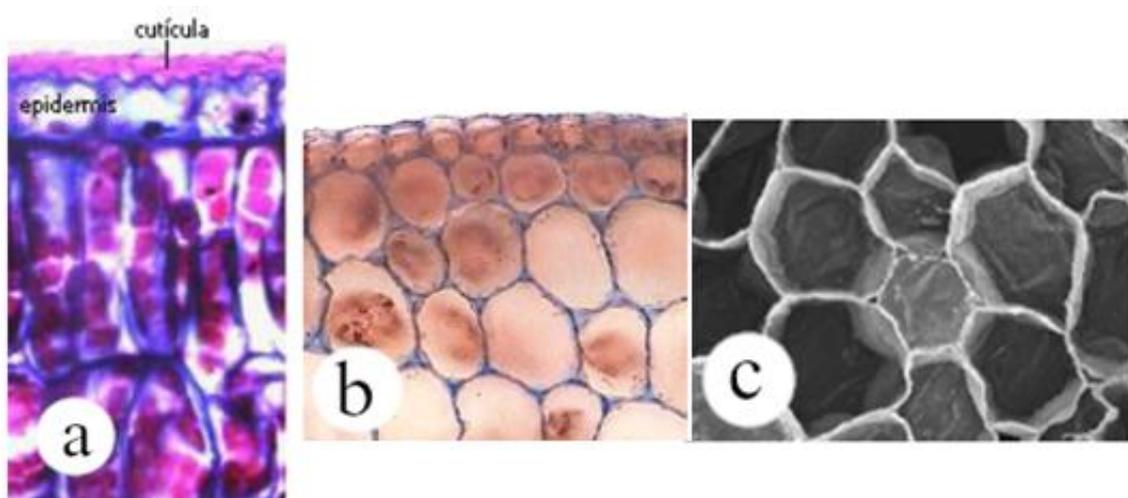


Figura 5. a, epidermis foliar en corte transversal (*Camellia*); b, colénquima en corte transversal de peciolo (*Mikania*); c, parénquima fundamental en corte transversal de peciolo en MEB (*Victoria regia*) (Arbo y Ferrucci, 2019).

Sistema vascular

Para Metcalfe y Chalk (1957) la anatomía del peciolo tiene una importancia considerable, debido a que está constituido por un número invariable de haces, dependiendo de donde se realice el corte para su estudio y dependiendo del taxón; siendo las estructuras anatómicas y la disposición de los haces vasculares propio de cada especie. Esto hace que el peciolo sea de gran influencia taxonómica.

En su paso por el peciolo, el sistema vascular de la planta presenta una compleja y característica serie de cambios, esto da lugar a que las secciones tomadas a diferentes niveles de un mismo peciolo pueden ser diferentes entre sí. Para ser capaces de obtener una imagen completa del sistema vascular del peciolo, deberían tomarse un conjunto de secciones del mismo peciolo, pero esto requiere demasiado tiempo, más que el que es necesario para ver los resultados; así, es habitual examinar secciones de peciolo obtenidas del extremo distal, inmediatamente por debajo de la lámina (Metcalf y Chalk, 1957), tal y como se hace en el presente trabajo; por lo que, a la hora de comparar entre especies, o incluso entre hojas de la misma especie, compararemos secciones de peciolo tomadas al mismo nivel.

Como es de esperar, la estructura vascular es menos compleja en peciolo tomados de hojas simples que de hojas compuestas, sin embargo, Metcalf y Chalk (1957) resaltan que esta relación directa entre morfología de la hoja y la complejidad vascular no es universal.

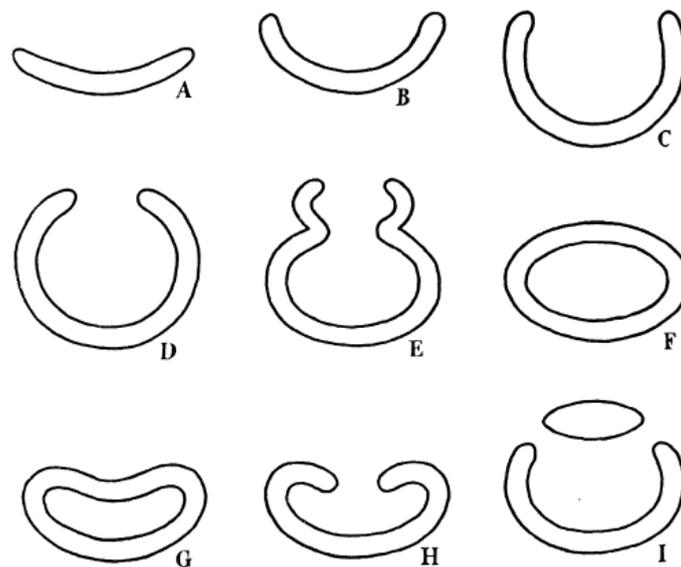


Figura 6. Tipos de estructuras vasculares observables en secciones transversales tomadas del extremo distal de peciolo de dicotiledóneas. **A, B** y **C** corresponden a un sistema vascular en forma de arco; **D, E, H** e **I** son sistemas vasculares formando anillos discontinuos; **F** y **G** representan sistemas vasculares con forma de anillo continuo, el segundo incluso puede ser nombrado como “en forma de U” (Metcalf y Chalk, 1957).

Dentro de los peciolo de dicotiledóneas, los principales tipos de sistema vascular que se pueden observar tras realizar una sección transversal son los mostrados en la Figura 6. Cada tipo puede comprender un único haz vascular o estar compuesto por una serie

de conjuntos de haces, dependiendo de la especie. El sistema vascular más común es el que aparece formando un anillo, continuo o discontinuo.

Esquema de peciolo tipo

Una vez aclarados los conceptos anteriores, podría establecerse un esquema de peciolo como modo de referencia en el resto del trabajo.

Así, se tendría una sección transversal de peciolo con forma redondeada. Se observa, en primer lugar, una epidermis uniseriada provista de tricomas; en la zona subepidérmica se encuentra el colénquima como tejido de soporte e inmediatamente después el parénquima de reserva. Se aprecia el sistema vascular, en el que los haces vasculares se disponen formando anillos, así como, en este caso, el esclerénquima alrededor de estos, conformando la llamada vaina fascicular (Figura 7).

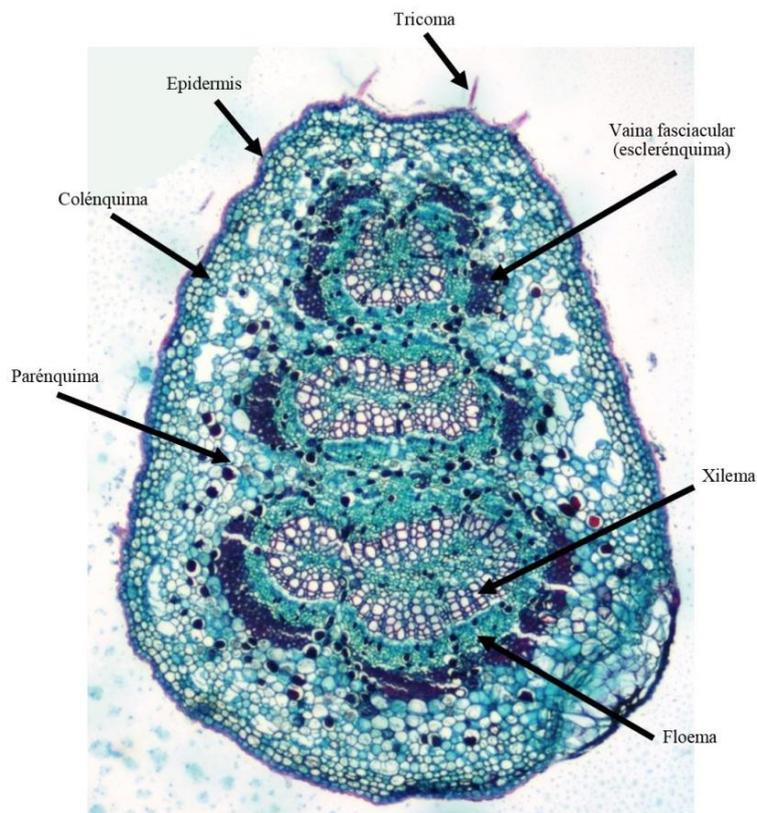


Figura 7. Esquema de un corte transversal de peciolo de *Populus nigra*.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se muestran en la Tabla 2, de forma resumida, las técnicas que se han utilizado.

Tabla 2. Fijación, inclusión, cortes, tinción, montaje y microscopios empleados.

	Fijación	Inclusión	Cortes	Tinción	Montaje	Microscopio
Rutina	FAA	Parafina	Microtomo de parafina	Safranina - Verde Rápido	Entellan	Óptico de campo claro
Fluorescencia	FAA	Parafina	Microtomo de parafina	-	Entellan	Epifluorescencia
Polarización	FAA	Parafina	Microtomo de parafina	-	Entellan	Polarización

Toma de muestras, fijación y conservación

Fueron recolectados peciolo foliares de *A. hippocastanum*, *A. petiolata*, *H. helix*, *M. sylvestris*, *M. nigra*, *P. lanceolata*, *P. hispanica*, *Q. suber*, *R. canina*, *S. fragilis* y *U. minor* en el Campus de la Universidad de León (42° 36' 35.68'' N / 5° 33' 35,57'' W).

Las muestras recolectadas se fijaron en FAA (formaldehído-ácido acético-alcohol etílico 70°) durante 24h; una vez pasado este tiempo, se cambiaron a etanol de 70° donde se mantuvieron conservadas.

Inclusión

Fueron incluidos 3 peciolo de cada especie.

Las muestras fueron deshidratadas en serie creciente de alcoholes (alcohol 96°: 60 min, y alcohol absoluto: 75 min). Se pasaron las muestras ya deshidratadas por isoamilo de acetato (líquido intermediario) (75 min) y fueron introducidas en parafina líquida en una estufa a 64°C (100 min).

Para obtener el bloque de parafina, se dispusieron las muestras usando las barras de Leuckart como molde y fueron solidificadas en agua fría.

En la Figura 8 se pueden observar las muestras en alcohol de 70° después de la fijación y los bloques de parafina de cada una de las muestras.



Figura 8. Bloques de parafina y muestras conservadas en etanol de 70°.

Cortes

Se realizaron cortes seriados de cada bloque, de 12 μm de grosor. Para ello, fue empleado un microtomo rotatorio de parafina.

Finalmente, se obtuvieron 6 portaobjetos por bloque, con 4-6 cortes en cada uno de ellos.

Tinción

Los portaobjetos 1, 3 y 5 fueron teñidos con Safranina-Verde rápido (tinción de rutina), el portaobjetos 2 con Lugol (para la detección de almidón) y el portaobjetos 4 no se teñió (para ser observado con el microscopio de fluorescencia) (Tabla 3).

Tabla 3. Tratamiento de los cortes. Tinción con Safranina-Verde rápido, con Lugol y sin tinción.

	Safranina-Verde rápido	Lugol	Sin tinción
Desparafinado	Xileno	Xileno	Xileno
Hidratación	Serie decreciente de alcoholes		
Tinción	Safranina (4 min) – Verde rápido (30 seg)	Lugol (3 min)	
Deshidratación	Alcohol absoluto		
Diafanización	Xilol	Xilol	Xilol
Montaje	Entellan	Entellan	Entellan

Montaje

Todos los portaobjetos fueron montados permanentemente utilizando Entellan® como medio de montaje.

Observación

Las preparaciones, ya montadas, hubieran sido estudiadas con microscopio óptico de campo claro, de polarización y de epifluorescencia.

Debido a la pandemia por COVID-19 sucedida durante estos últimos meses, fue imposible realizar la correspondiente observación. Por lo tanto, esta situación obligó a convertir el TFG, inicialmente planteado como un TFG experimental, en un TFG bibliográfico.

RESULTADOS

No es posible detallar los resultados, debido a que la situación originada por la pandemia por coronavirus impidió la observación y el estudio de las preparaciones. Así, en lugar de proceder al estudio intensivo de cada una de las especies, se procedió a realizar una revisión bibliográfica sobre cada una de las familias de estas (*Aesculus hippocastanum* L., Sapindaceae; *Alliaria petiolata* M. Bieb., Cruciferae; *Hedera helix* L., Araliaceae; *Malva sylvestris* L., Malvaceae; *Morus nigra* L., Moraceae; *Plantago lanceolata* L., Plantaginaceae; *Platanus hispanica* Mill. ex Münchh., Platanceae; *Quercus suber* L., Fagaceae; *Rosa canina* L., Rosaceae; *Salix fragilis* L., Salicaceae; *Ulmus minor* Mill., Ulmaceae), centrándose en la variabilidad anatómica del peciolo.

Las preparaciones se encuentran actualmente conservadas en la Histoteca particular del profesor Rafael Álvarez Nogal (Figura 9).



Figura 9. Preparaciones teñidas y montadas de las especies objeto de estudio.

DISCUSIÓN

A la hora de realizar una revisión bibliográfica sobre la anatomía del peciolo en las diferentes familias de las especies objeto de estudio, es importante tener clara la taxonomía de estas, tal y como se esquematiza en la Tabla 4; partiendo de esta base, se podría comenzar a analizar las posibles diferencias que pueden aparecer en el peciolo, dependiendo de la posición taxonómica.

Tabla 4. Taxonomía de las especies objeto de estudio.

Espece	Género	Familia	Orden	Superorden	Clase
<i>H. helix</i>	<i>Hedera</i>	Araliaceae	Apiales	Asteranae	Magnoliopsida
<i>P. lanceolata</i>	<i>Plantago</i>	Plantaginaceae	Lamiales	Asteranae	Magnoliopsida
<i>A. hippocastanum</i>	<i>Aesculus</i>	Sapindaceae	Sapindales	Rosanae	Magnoliopsida
<i>A. petiolata</i>	<i>Alliaria</i>	Cruciferae	Brassicales	Rosanae	Magnoliopsida
<i>M. sylvestris</i>	<i>Malva</i>	Malvaceae	Malvales	Rosanae	Magnoliopsida
<i>S. fragilis</i>	<i>Salix</i>	Salicaceae	Malpighiales	Rosanae	Magnoliopsida
<i>Q. suber</i>	<i>Quercus</i>	Fagaceae	Fagales	Rosanae	Magnoliopsida
<i>M. nigra</i>	<i>Morus</i>	Moraceae	Rosales	Rosanae	Magnoliopsida
<i>R. canina</i>	<i>Rosa</i>	Rosaceae	Rosales	Rosanae	Magnoliopsida
<i>U. minor</i>	<i>Ulmus</i>	Ulmaceae	Rosales	Rosanae	Magnoliopsida
<i>P. hispanica</i>	<i>Platanus</i>	Platanaceae	Proteales	Proteanae	Magnoliopsida

A continuación, se muestra, de manera esquematizada, la anatomía peciolar de las diferentes familias a partir de las cuales fue realizada la revisión bibliográfica (Tabla 5). Así, se procederá a profundizar en aquellas características más sobresalientes de cada familia.

El libro de consulta que se ha utilizado como referencia obligada, es un libro publicado en 1957, del que son autores Charles Russell Metcalfe y Laurence Chalk. Todas las aportaciones respecto a la morfología microscópica, en todos los casos, proceden de Metcalfe y Chalk (1957); así, será omitida la cita en cada caso, para evitar su continua repetición, reseñándose solamente las citas de otros autores.

Tabla 5. Características peciolares específicas de cada familia.

Familia	Tricomas	Epidermis	Sistema vascular	Vaina fascicular	Cristales
Araliaceae	Ramificados en forma de T, estrellados o peltados.	Uniseriada.	Formando un anillo continuo o con forma de arco.	De esclerénquima o parénquima lignificado.	De oxalato cálcico. Agrupados a modo de arena.
Plantaginaceae	No glandulares con extremos celulares ensamblados. Glandulares con cabeza pluricelular.	Uniseriada. Colénquima presente sólo en asociación con los haces vasculares.	Formando un arco con haces extensamente espaciados.	De parénquima reforzada por colénquima angular o de esclerénquima.	Sin información.
Sapindaceae	Unicelulares, simples, estrellados, peltados, También glandulares.	Uniseriada con células mucilaginosas y células secretoras.	Circular y continuo o circular con haces separados.	De esclerénquima.	Agrupados en su mayoría. Romboides o drusas.
Cruciferae	Unicelulares, simples, con forma de Y, peltados y estrellados. Glandulares poco frecuentes. Paredes con carbonato cálcico.	Uniseriada con células de almacenamiento de agua.	Formando un anillo continuo o discontinuo, a veces con haces subsidiarios acompañantes.	De esclerénquima.	De oxalato cálcico. Poco frecuentes. A veces cristales de hesperidina.
Malvaceae	Estrellados y glandulares.	Uniseriada con cavidades mucilaginosas subepidérmicas.	Formando un anillo continuo o discontinuo (en ocasiones 6 o más haces vasculares separados).	De parénquima.	Mayormente agrupados. Drusas o en forma de H.
Salicaceae	Unicelulares con el extremo en forma de gancho y paredes basales gruesas.	Uniseriada. Paredes externas delgadas. Con células mucilaginosas.	Formando 1 o más anillos continuos.	No definida.	De oxalato cálcico. Solitarios acompañando los haces vasculares y en el parénquima. Raramente drusas.

Familia	Tricomas	Epidermis	Sistema vascular	Vaina fascicular	Cristales
Fagaceae	Unicelulares y estrellados (generalmente acompañados por glándulas peltadas o uniseriadas).	Uniseriada. Con células mucilaginosas o papilosas.	Formando un anillo continuo o discontinuo (5 haces) con 1 o más arcos adjuntos en la región medular.	De esclerénquima.	De oxalato cálcico. Solitarios acompañando los haces vasculares.
Moraceae	Glandulares y no glandulares.	Multiseriada. Células de la pared silicificadas o calcificadas. Presencia de células mucilaginosas.	Formando un anillo continuo o discontinuo o con forma de arco.	No definida.	Agrupados en su mayoría. Drusas o prismas.
Rosaceae	Unicelulares, simples. También glandulares.	Uniseriada con células mucilaginosas. A veces células con cera.	Formando un anillo continuo o discontinuo (de 8-9 haces) o con forma de arco.	De esclerénquima.	De oxalato cálcico. Romboides atravesando la vaina fascicular.
Ulmaceae	Unicelulares o bicelulares, frecuentemente calcificados o silicificados. Glandulares (pie unicelular y cabeza con una o más células).	Uniseriada con células mucilaginosas (algunas papilosas). Paredes de las células epidérmicas frecuentemente calcificadas o silicificadas.	Formando una media luna con las puntas hacia arriba o un anillo continuo o discontinuo. No hay haces accesorios.	De esclerénquima o parénquima o sin vaina.	De oxalato cálcico. Solitarios y agrupados.
Platanaceae	Glandulares, ramificados.	Uniseriada. Paredes gruesas.	Formando anillo continuo o discontinuo acompañados por haces con forma de arco.	De esclerénquima.	De oxalato cálcico. Prismáticos, agrupados en la periferia de la vaina fascicular.

Familia Araliaceae

Los miembros de esta familia no suelen presentar muchos tricomas, pero si los hay pueden ser ramificados en forma de T, estrellados o peltados.

El colénquima subepidérmico puede presentarse continuo o interrumpido dependiendo de la especie. (Holm, 1908).

En la mayoría de las especies de esta familia los haces vasculares principales del peciolo se encuentran agrupados en anillo, aunque a veces podemos encontrarnos con una agrupación en arco. Los haces individuales suelen ser diferentes entre sí o unidos por un anillo interno o externo de esclerénquima, a veces incrustadas en un anillo de parénquima lignificado, como en el caso del género *Tupidanthus*.

Los haces medulares del peciolo en Araliaceae varían en número y disposición, dando lugar a un carácter fundamental para la identificación de sus especies: haces medulares solitarios; haces medulares agrupados en un anillo, los haces individuales están orientados a la inversa; haces medulares agrupados en un anillo, los haces orientados con normalidad; distribución irregular de los haces medulares, a veces orientados a la inversa; algunos haces más o menos coalescentes en *Didymopanax*; algunos haces orientados con normalidad en *Pseudopanax* y *Sciadopanax*; haces medulares ausentes en el peciolo en algunas especies, es el caso de *H. helix* (Holm, 1908; Metcalfe y Chalk, 1957).

Zhai et al. (2017) visualizan cristales agrupados de oxalato cálcico en *Eleutherococcus senticosus*, esto coincide con la norma general de Araliaceae descrita por Metcalfe y Chalk (1957), que mencionan su localización en el tejido basal de las venas, agrupados a modo de arena.

Familia Plantaginaceae

El indumento de *P. lanceolata* está compuesto por tricomas glandulares y no glandulares, los glandulares presentan cabeza pluricelular y los no glandulares están caracterizados por la presencia de extremos celulares ensamblados (Bayón *et al.*, 2000).

De la epidermis sólo se destaca la presencia de colénquima subepidérmico únicamente en asociación con los haces vasculares.

El sistema vascular está compuesto por haces vasculares organizados en arco que están extensamente espaciados y rodeados por parénquima, reforzado por una o dos capas de colénquima angular (Metcalf y Chalk, 1957; Bayón *et al.*, 2000). En cambio, otros autores, como Van der Aart *et al.* (1992), afirman que los haces vasculares están rodeados por una vaina de esclerénquima.

Familia Sapindaceae

En las especies de las sapindáceas puede variar el indumento entre ellas, tanto en la densidad como en la distribución de los pelos (Buijsen, 1995), los cuales pueden ser simples unicelulares, estrellados, peltados y glandulares.

La epidermis foliar a menudo presenta células mucilaginosas que se muestran como puntos transparentes, también se pueden observar pequeñas áreas translucidas debido a la presencia de células secretoras. Buijsen (1995) también indica la presencia de este tipo de células en las especies que observa de los géneros *Harpullia*, *Majidea* y *Conchopetalum*, de la misma familia que *Aesculus*.

El sistema vascular del peciolo en Sapindaceae se compone por un haz vascular continuo y más o menos circular o, en su defecto, un conjunto circular de haces separados. En el caso de las especies *A. californica* y *A. hippocastanum* aparece un único haz cilíndrico y continuo, y en la segunda especie también están presentes haces medulares. Todas las especies estudiadas del género *Aesculus* se componen de un anillo continuo de esclerénquima rodeando los haces conductores, de acuerdo con Buijsen (1992), que describe una esclerificación de la vaina del haz, a veces por ambas zonas abaxial y adaxial, otras veces sólo por la abaxial.

Se observan también agrupaciones de cristales y algún que otro cristal solitario, esto puede ser una variación infraespecífica dentro de cada especie según Buijsen (1995), ya que en la zona subepidérmica, en el parénquima, los cristales pueden estar desde ausentes hasta bastante presentes en las especies de esta familia, aunque afirma que el tipo de cristal es más constante, pueden ser romboidales o drusas.

Otro carácter importante para Buijsen (1995) en la diferenciación infraespecífica en Sapindaceae, que no se menciona en la Tabla 5, es la presencia o no de idioblastos secretores. El autor afirma que dentro de una misma especie puede haber desde unos

pocos en algunos ejemplares, hasta bastantes en otros; también informa de que en algunas especies están siempre ausentes.

Familia Cruciferae

En general, los géneros de las crucíferas presentan características anatómicas del peciolo constantes e importantes en la diferenciación de especies que son difícilmente distinguibles morfológicamente, siendo utilizados taxonómicamente. (Gorovoy *et al.*, 2011).

No se ha encontrado en la bibliografía información concreta sobre el peciolo de *Alliaria*, pero sí sobre la familia.

Cruciferae presenta pelos siempre unicelulares, salvo en ocasiones muy poco frecuentes en las que aparecen pelos glandulares. Pueden ser simples, sin ramificar, con forma de Y, peltados o estrellados; además cabe destacar que las paredes suelen presentar carbonato cálcico.

Es común encontrarse en la epidermis de Cruciferae células de almacenamiento de agua. Metcalfe y Chalk (1957) también mencionan la presencia de grupos de células uniseriadas sin ramificar, más pequeñas que las de los tejidos que les rodean; también pueden aparecer grupos biseriados y ramificados, pero es menos frecuente.

Se exponen al menos 3 tipos principales de estructura vascular en esta familia: un único haz principal acompañado por haces subsidiarios en los laterales, el haz principal está soportado por masas esclerenquimatosas; un conjunto de haces separados en forma de U, es decir, los vasos del xilema en cada uno de los haces más grandes forman un conjunto en forma de U, estos haces también están fuertemente soportados por el esclerénquima; haces individuales en forma de U, cada uno configurando un anillo o grupo de haces vasculares, a menudo también hay presentes haces vasculares accesorios dispersos.

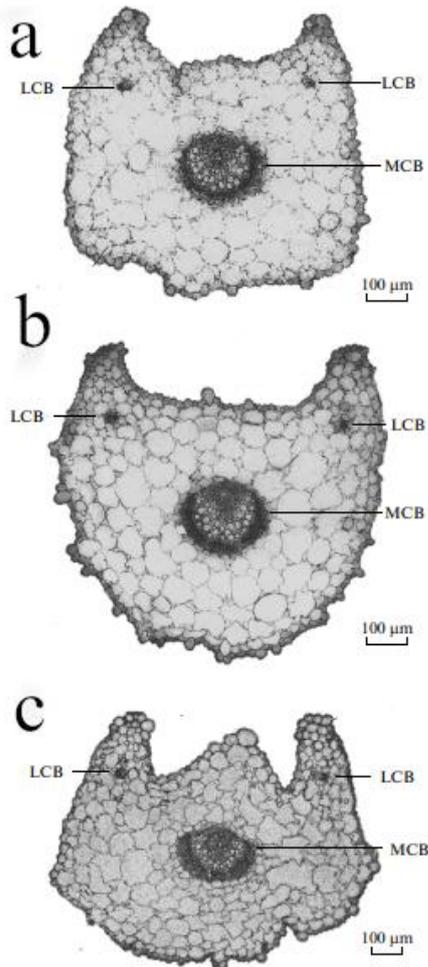


Figura 10. Sección transversal del peciolo de especies del género *Megadenia*. a. *M. bardunovii*, b. *M. pygmaea*, c. *M. speluncarum*. (Bar: 100 µm) LCB–haz conductor lateral, MCB–haz conductor medial. (Gorovoy *et al.*, 2011).

Lo descrito por Metcalfe y Chalk (1957) coincide con lo expuesto por Gorovoy *et al.* (2011) al estudiar el género *Megadenia* (Figura 10): observó en *M. bardunovii* un haz central en forma de U (Figura 10a), las células del floema forman una capa continua y por fuera del floema hay entre dos y tres filas de células parenquimáticas, el xilema está localizado por la periferia del parénquima en el interior del haz; en *M. pygmaea* (Figura 10b) la forma del haz principal y la disposición del resto de tejidos es similar a la vista en *M. bardunovii*, salvo que el floema en esta segunda especie está dividido en tres secciones bien definidas por series radiales de parénquima; el haz principal de *M. speluncarum* (Figura 10c) es ovalado y el parénquima presenta entre tres y cuatro filas por fuera del floema, como en *M. pigmea* el floema está dividido en tres secciones, otra diferencia con respecto a los casos anteriores es que el parénquima presenta más células hacia el interior del haz.

Gorovoy *et al.* (2011), al contrario que Metcalfe y Chalk (1957), establecen que no hay tejidos de soporte en el peciolo.

Los cristales de oxalato cálcico son muy poco frecuentes; también aparecen cristales de hesperidina, visualizados en *Capsella bursa-pastoris*.

Cabe destacar una característica adicional que no aparece en la Tabla 5, la naturaleza y distribución de los idioblastos que contienen mirosina, esto es de importante valor taxonómico en Cruciferae.

Familia Malvaceae

La anatomía de Malvaceae presenta una gran uniformidad de pelos estrellados en la epidermis (Hernández *et al.*, 2015).

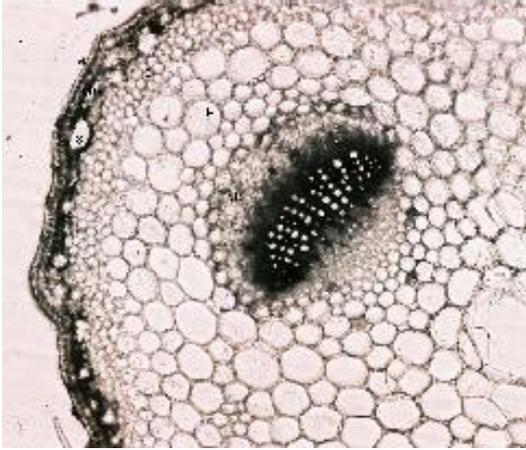


Figura 11. Sección transversal del peciolo de *M. neglecta* (bar: 65µm) (Akçin y Özbucak, 2006).

Se puede observar en la Figura 11 (Akçin y Özbucak, 2006), que la epidermis está formada por una única capa, además presenta bastantes pelos glandulares, además de los estrellados descritos por Hernández *et al.* (2015). El colénquima, formado por tres a cinco capas, y las cavidades secretoras de mucílago están situadas bajo la epidermis, lo cual caracteriza a la familia (Metcalf y Chalk, 1957; Akçin y Özbucak, 2006; Hernández *et al.*, 2015).

El peciolo de Malvaceae suele estar compuesto por un conjunto de seis, en ocasiones más, haces vasculares separados y colaterales, aunque en algunos casos el sistema vascular aparece, en las secciones transversales, como un anillo continuo, aunque el xilema puede verse quebrado en algunas zonas por los vasos primarios, los cuales son bastante amplios, esto sucede por ejemplo en *M. sylvestris*. Akçin y Özbucak (2006) aprecian cuatro haces vasculares grandes y uno pequeño en la región mediana del peciolo, estos haces vasculares estaban rodeados por una vaina fascicular parenquimatoso.

Cabe destacar la presencia de cristales tanto en el peciolo como en el tallo (Akçin y Özbucak, 2006). Estos cristales suelen estar agrupados, en la mayor parte de los casos, aunque podemos encontrar algunos solitarios; estos cristales suelen ser drusas, además también pueden aparecer algunos en forma de H.

Familia Salicaceae

Las características observadas por Thadeo *et al.* (2014) en el peciolo de Salicaceae no cambian ya sea una sección transversal basal, media o del ápice. Estos autores mencionan la presencia de tricomas no secretores en todas las especies que estudiaron, los cuales están formados por una única célula y, a veces, la parte superior está curvada.

Metcalfé y Chalk (1957) añaden que la mayoría de las veces estos tricomas presentan bases con paredes gruesas.

La epidermis es uniseriada, con paredes externas delgadas paralelas a la superficie (Thadeo *et al.*, 2014). Además de lo anterior, Thadeo *et al.* (2014) también describen conductos secretores en el peciolo de todas las especies del género *Casaria*, presentes alrededor de las células parenquimatosas y también en el floema. Metcalfé y Chalk (1957) observan que es frecuente en la familia que la epidermis presente células mucilaginosas.

La estructura vascular del peciolo es muy importante en la taxonomía de Salicaceae (Thadeo *et al.*, 2014). Una de las características anatómicas más interesantes de esta familia es la aparición de uno o más anillos cerrados de haces vasculares, que en el caso del género *Populus* suele aparecer superpuesto verticalmente. Tanto en *Populus* como en *Salix* se encuentran 3 haces vasculares entrando en la base del peciolo, pero cambia en uno o más anillos hacia el extremo distal; varios círculos de haces vasculares superpuestos, continuos o interrumpidos están presentes en especies de *Populus* con el peciolo comprimido lateralmente. Estos patrones vasculares expuestos por Metcalfé y Chalk (1957) sobre el peciolo, explican Thadeo *et al.* (2014) que son comunes a los observables en la vena central de la hoja.

Se pueden ver cristales solitarios y agrupados, los primeros en su mayoría se encuentra alrededor de los haces vasculares; también puede haber drusas más raramente distribuidas. Esto se corresponde con lo observado por Thadeo *et al.* (2014), que exponen la presencia de algunos cristales en el parénquima del peciolo y en el floema peciolar, con menos frecuencia en el xilema. (Figura 12).

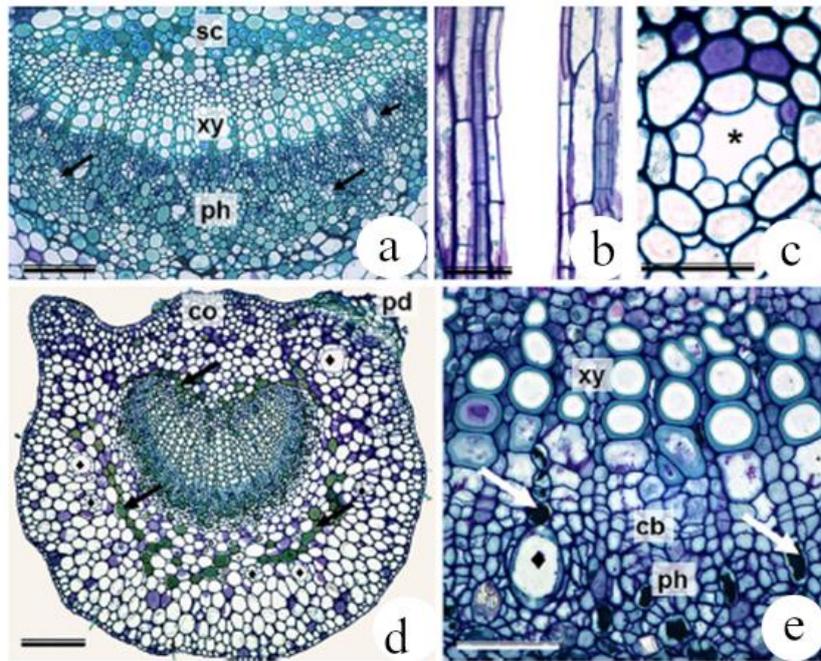


Figura 12. Vena central de las hojas de Salicaceae en secciones transversales (a, c) y longitudinales (b); y secciones transversales de la porción distal del peciolo (d, e) de *C. sylvestris*. a, Haz vascular en arco plano, las flechas indican los conductos del floema (bar: 70 μm); b, Conducto del parénquima en sección longitudinal (bar: 40 μm); c, Conducto del parénquima en sección transversal (bar: 40 μm); d, Peciolo de *C. decandra*, las flechas señalan los cristales en el parénquima y aparecen en forma de rombo los de los conductos (bar: 150 μm); e, Los haces vasculares de *C. obliqua*, las flechas indican cristales en el floema y en forma de diamante se ven los de los conductos (bar: 40 μm). cb cambium. co colénquima. ph floema. pd peridermis. xy xilema (Thadeo *et al.*, 2014).

Familia Fagaceae

Las fagáceas presentan pelos unicelulares y estrellados, que suelen ir acompañados de glándulas peltadas o uniseriadas. La epidermis suele ser mucilaginosa, como en *Fagus* y *Quercus*, aunque en especies de *Quercus* también puede ser papilosa.

Especies de *Castanea*, *Fagus*, y *Quercus* se conforman de un sistema vascular compuesto por un cilindro continuo o seccionado, a menudo aplanado en el extremo adaxial, además lleva adjunto uno o más arcos en la región medular. En *Q. suber* los haces vasculares tienen una forma más o menos triangular, arco casi continuo con el final incurrido; en *Q. robur* es parecido, sólo que el arco es más discontinuo. El sistema vascular del peciolo está fuertemente soportado por fibras de esclerénquima.

Se pueden observar un gran número de cristales de oxalato cálcico solitarios acompañando los haces vasculares en *Quercus*.

Familia Moraceae

Las moráceas presentan bastantes diferencias en la estructura peciolar. Chantarasuwan *et al.* (2014a) observan, en *Ficus cornelisiana*, un indumento en la zona abaxial compuesto por tricomas glandulares, esto coincide con lo expuesto por Metcalfe y Chalk (1957) sobre esta familia, los cuales mencionan la presencia de tricomas glandulares y no glandulares y la presencia de los primeros en la zona abaxial. Chantarasuwan *et al.* (2014a) también describen la epidermis como multiseriada, compuesta por células más pequeñas en las capas más externas; Metcalfe y Chalk (1957) añaden que las células de la pared suelen estar silicificadas o calcificadas y que presenta células con mucilago con bastante frecuencia.

Las estructuras vasculares del peciolo en Moraceae se muestran como un haz vascular con extremos dirigidos hacia el exterior en *Cudrania*; en *Antiaris toxicaria* se encuentra un arco vascular poco profundo, incurrido en el final; un arco abaxial poco profundo acompañado por 2 haces adaxiales pequeños en *Broussonetia papyrifera*; *Brosimum aliscastrum* y *M. alba* presenta haces en forma de media luna individuales distintos, con haces subsidiarios en la posición medular; un cilindro casi cerrado de xilema acompañado externamente por numerosos grupos de floema y, en la parte abaxial de la médula, compuesto por haces pequeños de floema, algunas de estas acompañadas por xilema, en *F. carica* y otras especies de *Ficus*; un haz de xilema en forma de U rodeada por un cilindro de floema continuo y acompañada por un haz medular en *Maclura pomifera*.

Chantarasuwan *et al.* (2014b) estudian también diferentes especies del género *Ficus* y coinciden con Metcalfe y Chalk (1957) en las anteriores estructuras vasculares del peciolo, tal y como muestran en la Figura 13, donde se puede ver: un tipo de sistema vascular que consiste en arcos adaxiales y abaxiales opuestos (Figura 13a), a veces el arco está formado por haces separados (Figura 13b), que pueden estar parcialmente fusionados o aparecer como un anillo más o menos cerrado de tejido vascular (Figura 13c). También afirman que puede haber casos intermedios entre estas características en algunas especies.

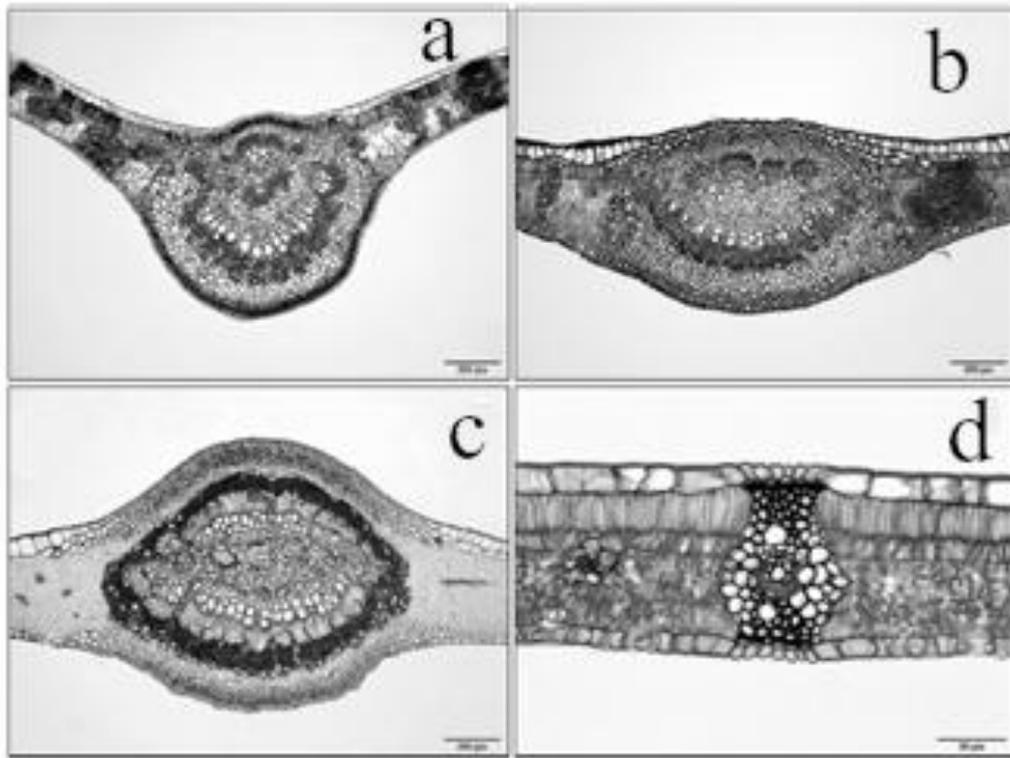


Figura 13. **a**, vascularización del nervio central de la hoja con arcos adaxiales y abaxiales opuestos y con haces vasculares centrales (*F. caulocarpa*) (bar: 200 μ m); **b**, arcos adaxiales compuestos por haces separados (*F. densifolia*) (bar: 200 μ m); **c**, haces parcialmente fusionados o en anillos de tejido más o menos cerrados (*F. religiosa*) (bar: 200 μ m); **d**, vena transcurrente verticalmente y vaina del haz (*F. superba*) (bar: 80 μ m) (Chantarasuwan *et al.*, 2014b).

La mayoría de cristales presentes en Moraceae se encuentran agrupados, aunque también se pueden encontrar tipos aislados, como es el ejemplo de *Antiaris*, *Brosimim*, *Ficus* y *Morus*. En algunas especies de *Ficus* las drusas se encuentran presentes en el parénquima del floema, los cristales prismáticos se localizan en la periferia de los haces vasculares y en el parénquima del peciolo (Chantarasuwan *et al.*, 2014b).

Familia Rosaceae

Simpson (1979) establece que, además de la estructura del sistema vascular, también sería útil en la diferenciación interespecífica en Rosaceae fijarse en la presencia o ausencia y en el tipo de tricomas que se extienden a lo largo del peciolo. Los peciolo de las hojas más jóvenes suelen ser más pubescentes que los de las hojas maduras. Metcalfe y Chalk (1957) informan de que los tricomas en esta familia son, generalmente, unicelulares simples, también pueden aparecer pelos glandulares.

La epidermis de Rosaceae está comúnmente formada por células mucilaginosas, estas también se encuentran en el parénquima y en las venas. Las células de la epidermis están revestidas por cera en *Kera japonica*.

Algo destacable de esta familia, que no se ve en ninguna otra y no se refleja en la Tabla 5, es la presencia de nectarios en el peciolo, estos contienen azúcar y taninos.

Las estructuras del sistema vascular del peciolo en Rosaceae forman un anillo continuo o discontinuo, que suele tener entre 8 y 9 haces, o en forma de arco. En el género *Rosa* sólo está presente la última estructura vascular descrita. Los haces vasculares presentan una vaina fascicular de esclerénquima en toda la familia.

Suelen aparecer cristales romboides a través de las células de la vaina del haz (Simpson, 1979; Metcalfe y Chalk, 1957).

Familia Ulmaceae

Esta familia presenta pelos glandulares y no glandulares. Los primeros presentan un pie unicelular o uniseriado de longitud variable y una cabeza con una o más células; los no glandulares son en su mayoría unicelulares o bicelulares y suelen estar calcificados o silicificados. Cabe destacar el género *Trema*, en el cual los pelos no glandulares contienen cistolitos (cálculos de carbonato cálcico).

La epidermis foliar de Ulmaceae suele ser mucilaginosa, salvo algunas excepciones en las que aparecen células papilosas. Las paredes de la epidermis suelen encontrarse calcificadas o silicificadas.

Los peciolos de la familia Ulmaceae pueden estar formados por un haz en forma de media luna con las puntas hacia arriba o un haz vascular en anillo, como es el caso del género *Ulmus*. No se han observado haces accesorios en ninguna especie.

Los haces vasculares de las venas están acompañados por esclerénquima, en muchos géneros de la familia, incluyendo el género *Ulmus*, o por una vaina de grandes células parenquimáticas. Aunque a veces, estos mismos géneros, presentan especies sin vainas de esclerénquima ni de parénquima.

Aparecen cristales de oxalato cálcico solitarios y agrupados en diferentes especies. Así, se afirma la presencia de cristales tanto solitarios como agrupados en *Aphananthe*, *Celtis* y *Ulmus*; únicamente cristales solitarios en *Zelkova* y únicamente agrupados en *Trema*.

Familia Platanaceae

Las platanáceas suelen presentar glándulas simples capitadas y pelos ramificados glandulares. La epidermis presenta por lo general paredes gruesas.

El sistema vascular, en diferentes especies del género *Platanus*, es el siguiente: en *P. occidentalis* el sistema vascular está compuesto por sistemas circulares o en forma de arco situados uno encima del otro; *P. acerifolia* y *P. orientalis* están provistas por un peciolo con arcos abaxiales de haces algo interrumpidos y superficiales, con extremos incurridos, estos haces están acompañados por un complejo sistema adaxial de haces vasculares. Todos los haces vasculares del peciolo están rodeadas por una vaina de esclerénquima.

Los cristales están agrupados en asociación con las venas; pueden ser prismáticos o cúbicos, que en caso de estar presentes, se localizarían en la periferia de la vaina fascicular.

Características destacables entre familias

Todas las familias, excepto Salicaceae y Araliaceae, presentaron tricomas glandulares; únicamente Sapindaceae, Cruciferae y Araliaceae mostraron tricomas peltados; además destacaron los tricomas de Ulmaceae, que estaban frecuentemente calcificados o silicificados; así como los de Cruciferae, que estaban compuestos por paredes de carbonato cálcico.

Moraceae fue la única familia que presentó epidermis multiseriada; además, junto con Ulmaceae, fueron las únicas dos familias con paredes celulares calcificadas o silicificadas; todas las familias pertenecientes al suborden Rosanae, el cual incluye a las málvidas y las fábridas, resultaron presentar células mucilaginosas, no se encontraron evidencias de mucílago en las familias fuera de este suborden.

La única familia que resultó no estar compuesta por un sistema vascular en anillo fue Plantaginaceae, que casualmente es la única familia perteneciente a las lámidas, sus haces vasculares se disponían formando un arco; además, todas las familias, excepto Ulmaceae, mostraban haces accesorios. Las tres familias pertenecientes a las málvidas coincidieron en la presencia de sistemas vasculares únicamente en forma de anillo continuo o discontinuo.

Moraceae y Salicaceae no presentaron vainas fasciculares definidas; Ulmaceae resultó tener especies sin vaina fascicular; Malvaceae fue la única familia en la que no se observó esclerénquima rodeando los haces, sólo parénquima.

Todas las familias exhibieron cristales, excepto Plantaginaceae que no se encontró información al respecto; sólo Fagaceae y Salicaceae presentaron cristales acompañando a los haces vasculares; Cruciferae mostró cristales de hesperidina, Malvaceae en forma de H y Araliaceae, única familia perteneciente a las campanúlidas, cristales agrupados a modo de arena.

Variabilidad genética y factor ecológico

Tal y como Buijsen (1995) explica, la variabilidad de caracteres entre especies e incluso entre individuos de la misma especie puede ser debida a una variabilidad general o a factores ecológicos, por lo tanto, si en el presente trabajo hubiésemos llegado a estudiar las preparaciones microscópicas, podríamos haber visualizado, además de semejanzas, algunas diferencias dentro de las especies estudiadas con respecto a lo que afirman el resto de autores, ya sea debido a la época del año en la que los peciolos fueron recolectados, la cual puede ser diferente a la de otros autores, o debido al hábitat en el que se encuentre dicha especie, el cual también puede diferir, influyendo así diferentes factores ecológicos. Metcalfe y Chalk (1957) también tienen en cuenta este factor en Rosaceae y Malvaceae; otro ejemplo es el descrito por Simpson (1979), el cual argumenta que las hojas más jóvenes de Rosaceae y las vainas estipuladas suelen presentar muchos más pelos que las hojas más maduras; lo mismo ocurre en el caso de Van der Aart *et al.* (1992) que mencionan que los haces vasculares de *P. lanceolata* están rodeados por una vaina de esclerénquima, en lugar de una vaina fascicular parénquimática reforzada por colénquima como indican Bayón *et al.* (2000) y Metcalfe

y Chalk (1957); con respecto a la vaina fascicular, en Malvaceae ocurre lo mismo, Gorovoy *et al.* (2011) afirman que no hay tejido de soporte rodeando los haces vasculares, mientras que Metcalfe y Chalk (1957) indican lo contrario, que la vaina fascicular es de esclerénquima.

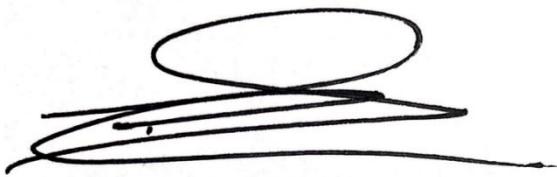
En medio de estos desacuerdos, el estudio de las preparaciones, que no fue posible realizar, hubiese aportado otro punto de vista.

BIBLIOGRAFÍA

- Aizpuru, I., Aseginolaza, C., Uribe-Echeberría, P.M., Urrutia, P. y Zorrakin, I. (1999) *Claves ilustradas de la flora del País Vasco y territorios limítrofe*. Vitoria-Gasteiz: Servicio Central de Publicaciones del País Vasco.
- Akçin, Ö. E. y Özbucak, T. B. (2006) "Morphological, Anatomical and Ecological Studies on Medicinal and Edible Plant *Malva neglecta* Wallr. (Malvaceae)", *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 9(14), pp. 2716-2719.
- Álvarez, R. (2002) *Atlas de histología y organografía de las plantas*. León: Universidad de León, Secretariado de Publicaciones y Medios Audiovisuales.
- Álvarez, R. (2015) *Citología e Histología de las plantas*. León: Eolas Ediciones.
- Arbo, M. M. y Ferrucci, M. S. (2019) *Botánica morfológica. Morfología de plantas vasculares*. Corrientes: Facultad de Ciencias Agrarias UNNE.
- Bayón, N., Colares, M., Arambarri, A. y Viña, S. (2000) "Anatomía de las especies medicinales de la provincia Pampeana: *Plantago* L. (Plantaginaceae).", *Acta Farmacéutica Bonaerense*, 19(4), pp. 263-272.
- Blanco, P. (2006) "*Salix* L." en Castroviejo S. (ed.) *Flora ibérica. Plantas vasculares de la Península Ibérica e Islas Baleares. Vol. III. Plumbaginaceae (partim)-Capparaceae*. Madrid: Real Jardín Botánico, CSIC, pp. 477-517.
- Bremer, B., Bremer, K., Chase, M.W., Fay, M.F., Reveal, J.L., Soltis, D.E., Soltis, P.S. y Stevens, P.F. (2009) "An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG III". *Botanical Journal of the Linnean Society*, 161, pp. 105-121.
- Buijsen, J. (1995) "Leaf anatomy of *Harpullia*, *Majidea* and *Conchopetalum* (Sapindaceae)", *Blumea*, 40, pp. 345-361.
- Castroviejo, S. (coord. gen.). (1986-2012) *Flora iberica* 1-8, 10-15, 17-18, 21. Madrid: Real Jardín Botánico, CSIC.
- Catalán, P. (2006) "*Morus* L." en Castroviejo S. (ed.) *Flora ibérica. Plantas vasculares de la Península Ibérica e Islas Baleares. Vol. III. Plumbaginaceae (partim)-Capparaceae*. Madrid: Real Jardín Botánico, CSIC, pp. 254-256.
- Chantarasuwan, B., Baas, P., Van Heuven, B., Baider, C. y Van Welzen, P. (2014a) "Leaf anatomy of *Ficus* subsection *Urostigma* (Moraceae)" *Botanical Journal of the Linnean Society*, 175, pp. 259-281.
- Chantarasuwan, B., Peng, Y., Baas, P., Rasplus, J., Van Heuven, B. y Van Welzen, P. (2014b) "*Ficus cornelisiana*, a new species of *Ficus* subsection *Urostigma* (Moraceae) from the Sino-himalayan region" *Blumea*, 59, pp. 6-9.
- D'Amelio, F. (1999) *Botanicals: A phytocosmetic desk reference*. Boca Raton: CRC Press.
- Fernández, M. I. y Castroviejo, S. (2008) "*Alliaria* Heis. ex Fabr.", en Castroviejo S. (ed.) *Flora ibérica. Plantas vasculares de la Península Ibérica e Islas Baleares. Vol. IV. Cruciferae-Monotropaceae*. Madrid: Real Jardín Botánico, CSIC, pp. 38.
- Galán, P., Gamarra, R., García, J. I. y Álvarez, S. (2013) *Árboles Ibéricos*. Disponible en: <https://www.arbolesibericos.es/> (Accedido: 26 de junio de 2020).
- Gálvez, F. (sin fecha) *AlmaZen Flora Vascular*. Disponible en: <https://www.floravascular.com/almazen/galeria.php> (Accedido: 25 de junio de 2020).

- Gorovoy, P. G., Boltenkov, E., V., Yakovleva, O.V. y Doudkin, R. V. (2011) "Taxonomic Value of Petiole Anatomy in the Genus *Megadenia* Maxim. (Cruciferae)", *Doklady Biological Sciences*, 439, pp. 215-217.
- Hernández, M. P., Novoa, M. C., Colares, M. N., Perrotta, V. G., Nughes, L. M. y Arambarri, A. M. (2015) "Anatomía foliar de hierbas terrestres medicinales que crecen en la región Rioplatense (Buenos Aires, Argentina). *Bonplandia* 24(2), pp. 97-123.
- Holm, T. (1908) "Anatomy of Araliaceae", *Botanical Gazette*, 45, pp 69-70.
- Menéndez, J. L. y Oliveros, J. (2020) *Asturnatura*. Disponible en: <https://www.asturnatura.com/> (Accedido: 26 de junio de 2020).
- Metcalfe, C. R. y Chalk, L. (1957) *Anatomy of dicotyledons: Leaves, stem, and wood in relation to taxonomy with notes on economic uses*. London: Oxford University Press.
- Navarro, C. y Castroviejo, S. "Ulmus L." (2006) en Castroviejo S. (ed.) *Flora ibérica. Plantas vasculares de la Península Ibérica e Islas Baleares. Vol. III. Plumbaginaceae (partim)-Capparaceae*. Madrid: Real Jardín Botánico, CSIC, pp. 244-247.
- Navarro, C. y Muñoz, F. (2015) "Aesculus L.", en Castroviejo S. (ed.) *Flora ibérica. Plantas vasculares de la Península Ibérica e Islas Baleares. Vol. IX. Rhamanaceae-Polygalaceae*. Madrid: Real Jardín Botánico, CSIC, pp. 72-75.
- Nogueira, I. y Paiva, J. (2006) "Malva L.", en Castroviejo S. (ed.) *Flora ibérica. Plantas vasculares de la Península Ibérica e Islas Baleares. Vol. III. Plumbaginaceae (partim)-Capparaceae*. Madrid: Real Jardín Botánico, CSIC, pp. 209-225.
- Pedrol, J. (2008) "Plantago L.", en Castroviejo S. (ed.) *Flora ibérica. Plantas vasculares de la Península Ibérica e Islas Baleares. Vol. XIII. Plantaginaceae-Scrophulariaceae*. Madrid: Real Jardín Botánico, CSIC, pp. 4-38.
- Simpson, B. (1979) *A Revision of the Genus Polylepsis (Rosaceae: Sanguisorbeae)*. City of Washington: Smithsonian Contribution to Botany.
- Rocha, M. L. (1990) "Platanus L.", en Castroviejo S. (ed.) *Flora ibérica. Plantas vasculares de la Península Ibérica e Islas Baleares. Vol. II. Platanaceae-Plumbaginaceae (partim)*. Madrid: Real Jardín Botánico, CSIC, pp. 3-5.
- Thadeo, M., Azevedo, A. A., Meira, R. M. S. A. (2014) "Foliar anatomy of neotropical Salicaceae: potentially useful characters for taxonomy", *Plant Systematics and Evolution*, 300, pp. 2073-2089.
- Valcárcel, V., McAllister, H.A., Rutherford, A. y Mill, R.R. (2003) "Hedera L.", en Castroviejo S. (ed.) *Flora ibérica. Plantas vasculares de la Península Ibérica e Islas Baleares. Vol. X. Araliaceae-Umbelliferae*. Madrid: Real Jardín Botánico, CSIC, pp. 3-12.
- Van der Aart P.J.M., Vulto J.C., Soekarjo R., Van Damme J.M.M. (1992) "General Biology of Plantago", en Kuiper P.J. y Bos, M. (ed.) *Plantago: A Multidisciplinary Study*, Berlin: Springer-Verlag, pp. 4-19.
- Zhai, C., Wang, M., Raman, V., Rehman, J. U., Meng, Y., Zhao, J., Avula, B., Wang, Y., Tian, Z. y Khan, I. A. (2017) "Eleutherococcus senticosus (Araliaceae) Leaf Morpho-Anatomy, Essential Oil Composition, and Its Biological Activity Against *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae)", *Journal of Medical Entomology*, 54(3), pp. 658-669.

Siguiendo la normativa establecida, el autor (Jaime Cabrera Rodríguez) firma el presente TFG, en Valladolid a 30 de junio de 2020.

A handwritten signature in black ink, consisting of several overlapping loops and a long horizontal stroke extending to the right.

Fdo.: D. Jaime Cabrera Rodríguez