



universidad
de león



FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y AMBIENTALES

**HERBARIO HISTOLÓGICO DEL
CAMPUS DE LA UNIVERSIDAD DE
LEÓN: HISTOLOGÍA DE RAÍZ,
TALLO Y HOJA DE *PAPAVER
DUBIUM* Y *VERONICA HEDERIFOLIA*
HISTOLOGICAL HERBARIUM OF
THE UNIVERSITY OF LEÓN
CAMPUS: ROOT, STEM AND LEAF
HISTOLOGY OF *PAPAVER DUBIUM*
AND *VERONICA HEDERIFOLIA***

Autor: Jorge Juan de la Fuente Ozores

GRADO EN BIOLOGÍA

Septiembre, 2021

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
Caracterización botánica de las especies estudiadas	2
Estructuras vegetativas	3
Raíz.....	4
Sección transversal de la raíz	4
Tallo	6
Sección transversal del tallo	6
Hoja	7
Sección transversal de la hoja	8
MATERIAL Y MÉTODOS	10
Toma de muestras, fijación y conservación	10
Inclusión	11
Cortes	11
Tinción	12
Montaje.....	12
Observación.....	12
RESULTADOS	13
<i>Papaver dubium</i>	13
Raíz.....	13
Tallo	13
Hoja	14
<i>Veronica hederifolia</i>	15
Raíz.....	15
Tallo	15
Hoja.....	16
DISCUSIÓN	23
<i>Papaver dubium</i>	23
Raíz.....	23
Tallo	23
Hoja	24
<i>Veronica hederifolia</i>	25
Raíz.....	25
Tallo	25
Hoja.....	26
CONCLUSIONES	27
BIBLIOGRAFÍA	28

RESUMEN

Se han caracterizado histológicamente las partes vegetativas de dos especies de dicotiledóneas comunes de la flora ibérica, *Papaver dubium* y *Veronica hederifolia*, tomadas en el Campus de la Universidad de León. Se realizó su fijación, inclusión, tinción y montaje permanente; y posteriormente se observó la sección transversal de raíz, tallo y hoja utilizando microscopios de campo claro, polarización y epifluorescencia. De *Papaver dubium* se ha descrito la raíz, con crecimiento secundario, el tallo, circular e hirsuto, con tricomas pluricelulares y parénquima clorofílico; y la hoja, anfiestomática con mesófilo heterogéneo y unas inclusiones muy llamativas. De *Veronica hederifolia* se ha descrito la raíz, con crecimiento secundario, el tallo, circular, de simetría radial y con tricomas unicelulares; y la hoja, anfiestomática, con mesófilo homogéneo, tricomas unicelulares, tricomas glandulares y cistolitos. Los resultados se han comparado con otras especies del mismo género y/o de la misma familia.

Palabras clave: Histología, Hoja, *Papaver dubium*, Raíz, Tallo, *Veronica hederifolia*.

ABSTRACT

The vegetative parts of two common dicot species of the Iberian flora, *Papaver dubium* and *Veronica hederifolia*, taken at the Campus of the University of León have been histologically characterized. Fixation, inclusion, staining and permanent mounting were performed, and the cross section of the root, stem and leaf is subsequently described using bright field microscopes, polarization and epifluorescence. From *Papaver dubium* the root has been described, with secondary growth, the stem, circular and hirsute, with multicellular trichomes and chlorophyll parenchyma; and the leaf, amphiestomatic with heterogeneous mesophyll and some very striking inclusions. From *Veronica hederifolia* the root has been described, with secondary growth, the stem, circular, with radial symmetry and with unicellular trichomes; and the leaf, amphiestomatic, with homogeneous mesophyll, unicellular trichomes, glandular trichomes and cystoliths. The results have been compared with other species of the same genus and/or of the same family.

Keywords: Histology, Leaf, *Papaver dubium*, Root, Stem, *Veronica hederifolia*.

INTRODUCCIÓN

La histología se define como la parte de la Biología que estudia la composición, la estructura y las características de los tejidos de los seres vivos. Para ello es necesario observar dichos tejidos con el microscopio, para poder así ver y caracterizar las células que los componen. En el presente trabajo se han estudiado histológicamente las partes vegetativas (raíz, tallo y hoja) de 2 especies de Eudicotiledóneas habituales de la flora española y presentes en el campus de la Universidad de León: *Papaver dubium* L. y *Veronica hederifolia* L.

Es interesante conocer la situación filogenética actual de estas especies, ya que ambas han sufrido reclasificaciones en cuanto al orden y familia en los que se incluían tradicionalmente. Siguiendo el *Angiosperm Phylogeny Group IV* (APG IV) (Chase et al., 2016), encontramos al género *Papaver* dentro del orden Ranunculales (Fig. 1) y la familia Papaveraceae (Chase et al., 2016); y al género *Verónica* dentro del orden Lamiales (Fig. 1) y la familia Plantaginaceae, siendo el más grande de la familia (Chase et al., 2016). Tradicionalmente a *Verónica* se le incluía en la familia Scrophulariaceae (Padilla, 2018), mientras que Papaveraceae junto a Fumariaceae y Pteridophyllaceae constituían el orden Papaverales, separado de Ranunculales (Cronquist, 1981; Dahlgren, 1989). Tras la publicación del primer APG (The Angiosperm Phylogeny Group, 1998) se reclasificaron dentro de las familias y órdenes en los que se encuentran actualmente.

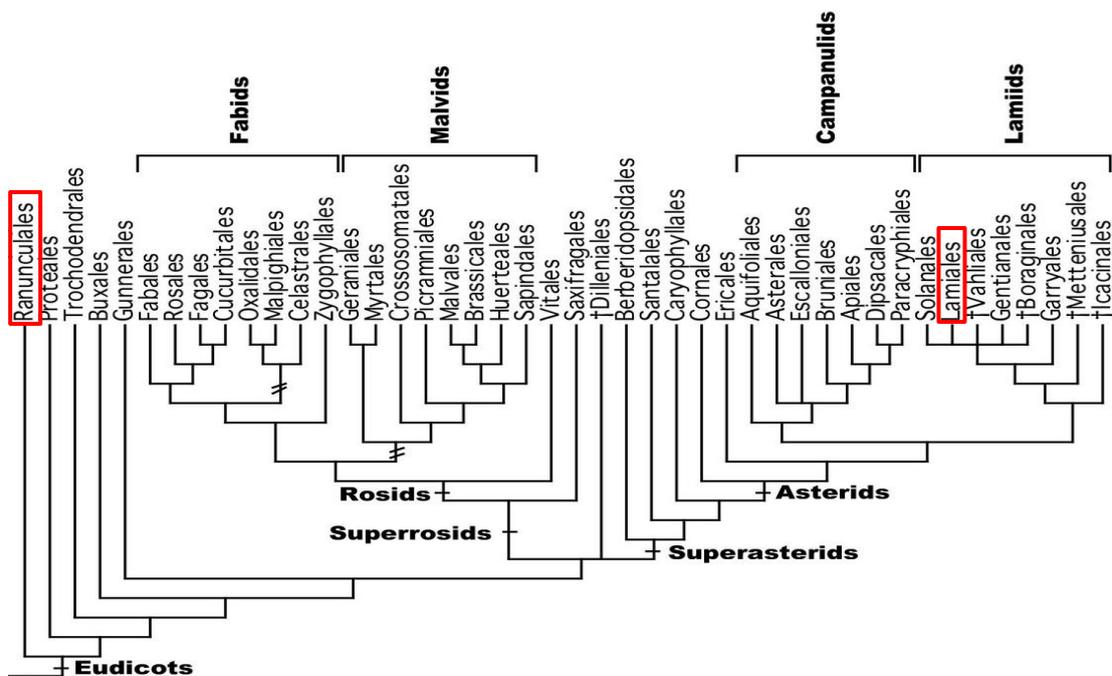


Figura 1. Cladograma de los órdenes de Eudicotiledóneas según APG IV. Los órdenes destacados son los que corresponden a las especies estudiadas. Modificado de Chase et al. (2016)

Caracterización botánica de las especies estudiadas

Papaver dubium (Fig. 2), también conocida como amapola oblonga, es una planta anual verde muy frecuente en el territorio peninsular y europeo, sobre todo en cultivos y suelos básicos. Se define como hispida (cubierta de pelos ásperos al tacto), con mayor concentración de pelos en los peciolos, pedúnculos y la parte superior del tallo. Puede tener uno o varios tallos, normalmente simples, erectos y de entre 20 y 60 cm, que poseen látex de color blanco o amarillento en su interior. Las hojas poseen peciolos largos y pueden adoptar distintas morfologías, por lo general pinnatisectas y de hasta 15 x 3 cm. Los pedúnculos florales son casi tan grandes como el tallo, 15-40 cm, y terminan en una flor solitaria actinomorfa con 4 pétalos rojo pálido. Su fruto es una cápsula de 11-22 x 6-9 mm glabra, entre obovoidea y oblongoidea y poco estriada. (Castroviejo et al., 1986; Blanca et al., 2012, Aizpuru, 1999). En la medicina tradicional India esta especie se utiliza para mejorar la memoria (Gairola et al., 2014).



Figura 2. De izquierda a derecha, fotografías del aspecto general, hoja y flor de *P. dubium*. Modificado de Tormo, R. (2021a).

Veronica hederifolia (Fig. 3) es una planta anual herbácea de color verde oscuro presente en todo el territorio peninsular y europeo, apareciendo preferentemente en cultivos, taludes y cunetas. Presenta un porte rastrero, con tallos pelosos procumbentes y muy ramificados de entre 6 y 35 cm. Sus hojas, opuestas basalmente y alternas en las zonas más apicales, son pelosas y palmatilobadas con entre 3 y 5 lóbulos, el central más largo que ancho, y recuerdan a las hojas de la hiedra, lo que le da su nombre específico. Su inflorescencia es en forma de racimo terminal con 5-30 flores, cada flor aparece solitaria y pedunculada, naciendo de las axilas de las hojas apicales. La flor es zigomórfica, hermafrodita y tetrámera, de color azul claro, glabra y mide entre 5- 7mm. Su fruto es en forma de cápsula subglobosa, glabra y con 4 lóbulos que formarán 4 semillas. Debido a su presencia generalizada en cultivos y a su rápido desarrollo se considera una mala hierba (Castroviejo et al., 1986; Blanca et al., 2012; Lezáun et al., 2018).



Figura 3. De izquierda a derecha, fotografías del aspecto general, flor, hojas y fruto de *V. hederifolia*. Modificado de Tormo, R. (2021b).

Estructuras vegetativas

Entendemos por estructuras vegetativas a las distintas partes de la planta que son capaces de vegetar, es decir, capaces de realizar cualquier función vital salvo las reproductoras propiamente dichas (Font Quer, 2001). La aparición y desaparición de las estructuras vegetativas determina el ciclo de vida de la planta. En nuestro caso, al ser plantas anuales, los órganos vegetativos mueren tras la estación de crecimiento, aunque pueden permanecer más tiempo y ser plantas bienales, perennes, etc. (Curtis et al., 2007)

Por lo general, las plantas vasculares obtienen recursos de dos ambientes muy diferentes, uno subterráneo del que obtienen agua y sales minerales, y otro aéreo del que obtienen CO₂ y luz. Debido a esta separación de los recursos las plantas, como respuesta evolutiva, desarrollaron tres órganos vegetativos básicos: raíz (sistema radicular, subterráneo), tallo y hojas (sistema caulinar, aéreo). Estos dos sistemas son fundamentales para la supervivencia de casi todas las plantas, ya que sin ellos no podrían subsistir. De la misma manera, un sistema no podría subsistir sin el otro, pues las raíces, al no ser fotosintéticas, necesitan los nutrientes derivados del sistema caulinar y a su vez éstos dependen del agua y las sales minerales absorbidas por la raíz para producir dichos nutrientes (Campbell y Reece, 2007).

Estos tres órganos vegetativos están formados por tejidos originados por la actividad meristemática y en su conjunto constituyen una estructura básica común, denominada cormo, ya que están dispuestos de la misma manera: las raíces en la base, generalmente bajo tierra, el tallo erguido y las hojas sobre el tallo, aunque siempre se pueden encontrar excepciones relacionadas con la adaptación al medio (Izco et al., 2004).

Raíz

La raíz es un órgano de las plantas que crece en dirección inversa al tallo, generalmente bajo tierra, que ancla la planta al sustrato, absorbe las materias necesarias para el crecimiento y desarrollo de la planta y habitualmente acumula sustancias de reserva (Font Quer, 2001; Álvarez, 2002).

El conjunto de raíces de una misma planta se llama sistema radicular y en las Eudicotiledóneas solemos encontrar un sistema radicular alorrizo, también conocido como pivotante o axonomorfo, en el que aparece una raíz principal, denominada raíz primaria, de origen embrionario que se ramifica en raíces laterales o de segundo orden, las cuales también se pueden ramificar en raíces de segundo, tercer orden, etc. (Álvarez, 1997; Díaz et al., 2004; Izco et al., 2004; Campbell y Reece, 2007; Álvarez, 2015).

Sección transversal de la raíz

La sección transversal de la raíz muestra la organización interna de sus tejidos (Fig. 4), la cual varía dependiendo de si la raíz presenta crecimiento primario o secundario. El crecimiento primario determina crecimiento en longitud y se da en todas las plantas, mientras que el crecimiento secundario determina crecimiento en grosor y se produce mayoritariamente en la raíz principal y las laterales más grandes de Gimnospermas y algunos grupos de Eudicotiledóneas (Izco et al., 2004; Megías et al., 2018a).



Figura 4. Esquema de la sección transversal de la raíz con crecimiento primario y secundario. (Álvarez, 1997).

En una raíz con crecimiento primario se diferencia de fuera a dentro: epidermis sin estomas (sistema dérmico), córtex, mayormente parenquimático (sistema fundamental), haces vasculares (sistema vascular) y la médula, de naturaleza parenquimática (sistema fundamental). Cuando hay crecimiento primario el córtex en contacto con los tejidos vasculares presenta endodermis y periciclo, mientras que en raíces con crecimiento secundario no suelen aparecer

ni endodermis ni periciclo y en su lugar aparecen cambium y felógeno (Álvarez, 1997; Álvarez, 2015).

La epidermis de la raíz, epidermis radicular o rizodermis, es, por lo general, uniseriada, se compone de células con paredes delgadas, no presenta estomas ni cutícula y sí pelos radicales en la zona distal. Estas características van en consonancia con su función absorbente y ponen de manifiesto que no están acondicionadas para el intercambio gaseoso (Izco et al., 2004; Megías et al., 2018). La raíz con crecimiento secundario avanzado, la epidermis y parte del córtex son sustituidos por la peridermis, que es un tejido protector producido por el felógeno (Álvarez, 1997; Megías et al., 2018a). Si el crecimiento secundario no está muy avanzado se podrán observar partes de los tejidos primarios aún unidos a la raíz que se desprenderán cuando se incremente el crecimiento en grosor (Álvarez, 2002).

El córtex lo forman células parenquimáticas, por lo general prismáticas, con una pared celular fina y una gran vacuola; dispuestas radialmente o alternándose entre capas, pudiendo dejar distintas formas de espacios celulares (Álvarez, 1997; Izco et al., 2004; Álvarez, 2015).

Bajo el córtex aparece una capa de células paralelepípedas que marcan el límite de éste y forman la endodermis. La pared celular de estas células está engrosada y en conjunto forman la banda de Caspary, la cual es impermeable, ya que se compone de suberina, e impide el paso libre de agua e iones, forzándolos a pasar por las células de paso, células presentes en la endodermis pero que no tienen su pared engrosada y que actúan como un filtro selectivo. En algunas especies aparece también la exodermis, cuya morfología y función es similar a la de la endodermis (Álvarez, 1997; Izco et al., 2004; Álvarez, 2015).

Entre la endodermis y los tejidos vasculares se localiza el periciclo, formado por una o varias capas de células parenquimáticas con actividad meristemática y que pueden formar raíces de segundo orden, cambium y felógeno (Álvarez, 1997; Izco et al., 2004; Álvarez, 2015). Cuando la raíz presenta crecimiento secundario, prácticamente la totalidad de los tejidos primarios exteriores al periciclo mueren (Álvarez, 2002) y son sustituidos por los tejidos derivados de su actividad meristemática.

En la zona más interna de la raíz se encuentra el cilindro vascular, donde se localiza el xilema, hacia el interior, y el floema, hacia el exterior, ambos formados por el procambium. El xilema transporta el agua y los solutos absorbidos hacia el resto de la planta y el floema la savia elaborada proveniente de la parte aérea hacia la raíz (Álvarez, 1997; Izco et al., 2004; Álvarez, 2015).

Tallo

El tallo constituye el eje de la planta, normalmente vertical, y es un órgano de la parte aérea cuyas funciones principales son el soporte de hojas, ramas y flores; y el transporte de savia bruta y savia elaborada. Estas funciones se ven facilitadas por su forma cilíndrica. Además, puede tener otras funciones como la fotosíntesis, el almacenamiento de sustancias y de reproducción, en cuanto a sostén y desarrollo de las flores. (Álvarez, 1997; Font Quer, 2001; Álvarez, 2002; Izco et al., 2004; Álvarez, 2015; Megías et al., 2018b).

Por lo general, posee geotropismo negativo y crece en dirección opuesta a la raíz, verticalmente, por la acción del meristemo apical y de los meristemos intercalares. A este crecimiento en longitud y en grosor por la actividad de estos meristemos se le denomina crecimiento primario, y ocurre en todas las plantas. También puede presentar crecimiento secundario, cuando crece en grosor a causa de la actividad meristemática del cambium y el felógeno (Álvarez, 1997; Font Quer, 2001; Izco et al., 2004; Álvarez, 2015; Megías et al., 2018b).

Sección transversal del tallo

Como las especies estudiadas no poseen crecimiento secundario, describiremos la sección transversal de un tallo con crecimiento primario (Fig. 5), que de fuera a dentro muestra: epidermis, córtex, tejidos vasculares y médula. (Álvarez, 1997; Álvarez, 2015; Megías et al., 2018b).

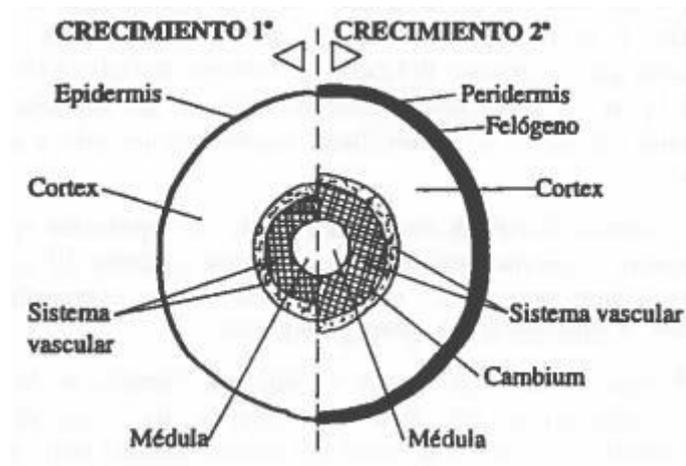


Figura 5. Esquema de la sección transversal del tallo con crecimiento primario y secundario. (Álvarez, 1997).

La epidermis (sistema dérmico) limita el crecimiento primario y constituye la defensa externa contra la desecación. Está constituida normalmente por una única capa de células con cutícula más o menos gruesa. Pueden aparecer tricomas y estomas, aunque en cantidad menor que en las hojas (Álvarez, 1997; Izco et al., 2004; Álvarez, 2015; Megías et al., 2018b).

El córtex (sistema fundamental) se compone de células parenquimáticas cuya función más común es la de almacenamiento, aunque estas células pueden contener cloroplastos funcionales y tener función fotosintética. La región más externa del córtex, la más próxima a la epidermis, la ocupa un tejido de sostén constituido por colénquima o esclerénquima y algunos autores se refieren a ella como hipodermis. En ocasiones, en el córtex aparecen también esclereidas, fibras de esclerénquima y estructuras especializadas, como laticíferos (Álvarez, 1997; Izco et al., 2004; Álvarez, 2015; Megías et al., 2018b).

Normalmente el límite entre córtex y el tejido vascular (sistema vascular) no está claro, al menos tan claro como en la raíz, ya que no existe endodermis ni periciclo (Álvarez, 1997; Álvarez, 2015); aunque otros autores sí que consideran la existencia de una capa de células uniseriadas a la que denominan endodermis. Esta capa, además de limitar el córtex, posee depósitos de lignina y suberina que modifican su permeabilidad y además se la relaciona con el gravitropismo negativo del tallo (Tasaka et al., 1999; Izco et al., 2004; Megías et al., 2018b).

El tejido vascular se compone de floema y xilema. En plantas dicotiledóneas es característico la disposición de los haces vasculares formando un anillo continuo o discontinuo (Álvarez, 2002), organización que recibe el nombre de eustela. Cuando el anillo es discontinuo, aparece entre los haces vasculares un parénquima denominado parénquima interfascicular. El xilema y el floema pueden también tener distintas disposiciones, siendo el modelo ectofloemático el más común, esto es, el xilema hacia el interior y el floema hacia el exterior. (Álvarez, 1997; Izco et al., 2004; Megías et al., 2018b; Arbo y Ferrucci, 2019).

En la zona más interna se encuentra la médula (sistema fundamental), que puede estar hueca u ocupada por tejido parenquimático, a veces lignificado. (Álvarez, 1997; Álvarez, 2015; Megías et al., 2018b).

Hoja

La hoja es un órgano lateral o terminal, con crecimiento limitado, que brota del tallo o de las ramas derivados de un meristemo caulinar apical. Sus funciones son la fotosíntesis y el control de la transpiración, para las cuales está perfectamente adaptado gracias a su forma laminar que aumenta su superficie de contacto con el medio, lo que facilita la captación de luz y el intercambio gaseoso. (Álvarez, 1997; Izco et al., 2004; Ramirez y Goyes, 2004; Álvarez, 2015; Megías et al., 2018c).

La morfología de las hojas es característica de cada especie, por lo que existe mucha variación. Como esquema general, en una hoja encontramos, desde el tallo o rama hacia el exterior, tres

partes: vaina, peciolo y limbo. El limbo es la parte encargada de la fotosíntesis y la transpiración y se divide en 2 caras, la cara adaxial o haz, expuesta al sol, y la cara abaxial o envés, que mira hacia el suelo. La zona por la que se unen haz y envés se denomina borde o margen. Los haces vasculares de la hoja se denominan nervios, y su conjunto nerviación o venación. Las hojas de dicotiledóneas presentan un haz vascular central que por lo general se ramifica en otros nervios más pequeños, lo que se conoce como nerviación reticulada. (Álvarez, 1997; Álvarez, 2002; Izco et al., 2004; Ramírez y Goyes, 2004; Álvarez, 2015; Megías et al., 2018c; Arbo y Ferrucci, 2019).

Sección transversal de la hoja

En la sección transversal de una hoja dicotiledónea típica (Fig. 6) encontramos, de fuera a dentro, el sistema dérmico, compuesto por la epidermis adaxial o del haz y la epidermis abaxial o del envés, el mesófilo (sistema fundamental) y los haces vasculares (sistema vascular) (Álvarez, 1997; Álvarez, 2015).

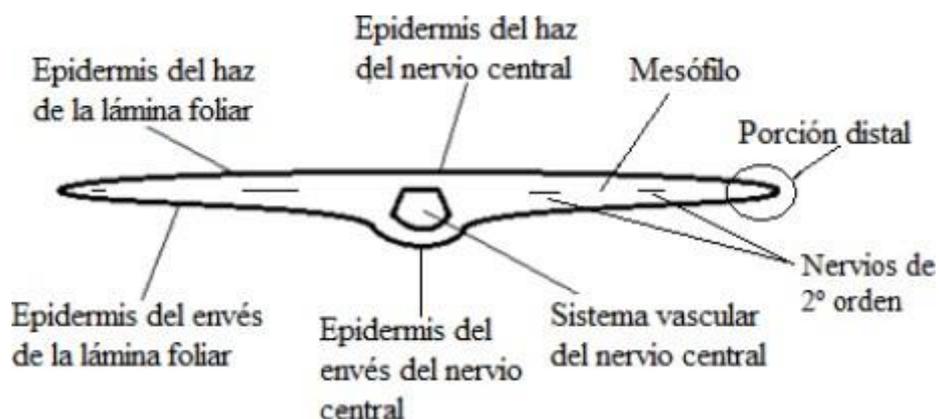


Figura 6. Esquema de la sección transversal de una hoja típica de dicotiledónea. Modificado de Álvarez (1997)

La epidermis funciona como un tejido protector, normalmente es simple, con células cúbicas, sin espacios (salvo los ocasionados por los estomas) y presenta cutícula, la cual tiene distinto grosor dependiendo del tipo de hoja atendiendo a las condiciones ambientales de humedad en las que se desarrolla la planta (mesófito, hidrófito o xerófito) (Álvarez, 1997; Álvarez, 2015); y suele ser más gruesa en el haz que en el envés (Arbo y Ferrucci, 2019). En la epidermis podemos encontrar también estomas y tricomas. Algunos autores sostienen que existe mayor densidad de tricomas y estomas en el envés (Paniagua et al., 2007) mientras que otros apuntan, refiriéndose a los estomas, que esto solo ocurre en plantas anfiestomáticas, con estomas en haz y envés, pudiendo existir hojas hipostomáticas, con estomas solo en el envés, epistomáticas, con estomas solo en el haz, o con los estomas distribuidos al azar, como en las hojas de

dicotiledóneas (Megías et al., 2018c; Arbo y Ferrucci, 2019). A la hoja que no presenta tricomas se la denomina glabra, y pilosa a la que sí. Los tricomas pueden tener varias funciones, como protección, excreción y evitar la desecación; y pueden ser unicelulares o pluricelulares y glandulares o tectores. Su presencia y posición tiene importancia taxonómica (Paniagua et al., 2007; Dimitri y Orfila, 2009; Megías et al., 2018c; Arbo y Ferrucci, 2019).

El mesófilo comprende los tejidos situados entre la epidermis del haz y del envés, excluyendo los vasos conductores. Generalmente está formado por dos tipos de parénquima con función fotosintética, el parénquima en empalizada y el parénquima aerífero, y colénquima y esclerénquima como tejidos de sostén. A esta organización se la conoce como mesófilo heterogéneo, siendo un mesófilo homogéneo aquel que está constituido por células redondeadas similares entre sí (Izco et al., 2004; Paniagua et al., 2007; Arbo y Ferrucci, 2019). Lo más común es encontrar una hoja con un mesófilo heterogéneo, con el parénquima en empalizada hacia el haz y el parénquima aerífero hacia el envés. El parénquima clorofílico en empalizada se caracteriza por estar formado por células prismáticas alargadas que dejan pocos o ningún hueco entre ellas. Sus células poseen cloroplastos abundantes que se sitúan rodeando la vacuolacentral. Dependiendo de las condiciones de iluminación podemos encontrar de una a tres capas de dicho parénquima (Izco et al., 2004; Paniagua et al., 2007; Megías et al., 2018c). El parénquima aerífero se compone de células irregulares o redondeadas, unidas por lóbulos y dejando espacios intercelulares grandes que son ocupados por CO₂ y aire. Sus células también poseen cloroplastos, pero con una densidad inferior al del parénquima en empalizada ya que la función principal del parénquima aerífero es permitir el intercambio de gases para la fotosíntesis (Izco et al., 2004; Paniagua et al., 2007; Megías et al., 2018c). En el mesófilo también podemos encontrar idioblastos, distintos tipos de cristales y cistolitos, lo que tiene importancia taxonómica (Paniagua et al., 2017).

El conjunto de los nervios que recorren el limbo (haces vasculares) forma el sistema vascular. Como se indicó anteriormente, lo común en las hojas de dicotiledóneas es la nerviación reticulada. El nervio principal o central produce un abultamiento en la cara abaxial, lo que se hace notable al observar la sección transversal, pues este nervio está rodeado de parénquima, esclerénquima o colénquima. Estos tejidos que rodean el nervio constituyen la denominada vaina fascicular, la cual tiene mayor tamaño en el envés que en el haz. Ya en el interior de esta vaina encontramos los vasos conductores, con el xilema hacia el haz y el floema hacia el envés. Los nervios de segundo orden poseen una estructura similar, pero su vaina fascicular es mucho más reducida. La función de los nervios de segundo orden es la de recoger los productos

sintetizados en el mesófilo, mientras que la del nervio principal es el transporte (Izco et al., 2004; Paniagua et al., 2007; Megías, et al., 2018c; Arbo y Ferrucci, 2019).

La porción distal de la hoja presenta algunas características distintas a las del resto de la hoja. Suele presentar una ligera curvatura hacia el envés, tener la cutícula más gruesa que en el resto de la lámina y presentar colénquima bajo las células epidérmicas. Además, suele poseer menor densidad de cloroplastos en su parénquima si se compara con el del mesófilo (Álvarez et al., 2008).

MATERIAL Y MÉTODOS

En la Tabla 1 se presenta un resumen de las técnicas utilizadas.

Tabla 1. Resumen de las técnicas utilizadas para los distintos tipos de observaciones.

	Fijación	Inclusión	Microtomo	Tinción	Montaje	Microscopio
Rutina	FAA	Parafina	Parafina	Safranina - Verde rápido	Entellan	Óptico de campo claro
Fluorescencia	FAA	Parafina	Parafina	Sin tinción	Entellan	Epifluorescencia
Polarización	FAA	Parafina	Parafina	Sin tinción	Entellan	Polarización

Toma de muestras, fijación y conservación

Se recogen ejemplares en flor de las especies a estudiar, *P. dubium* y *V. hederifolia*, en las proximidades de la Facultad de Ciencias Biológicas y Ambientales, situada en el Campus de Vegazana de la Universidad de León. *V. hederifolia* fue recogida en la coordenada 42°36'43.5"N 5°33'28.4"W; y *P. dubium* en la coordenada 42°36'43.3"N 5°33'26.1"W (Fig. 7). Tras su recogida, se trasladan al laboratorio del Área de Biología Celular de la Facultad de Ciencias Biológicas y Ambientales de la Universidad de León donde se seleccionan varios fragmentos de los órganos vegetativos (raíz, tallo y hojas) de ambas especies. Estos fragmentos se sumergen durante 24 horas en FAA (formaldehído, alcohol etílico, ácido acético) para su fijación, y pasado este tiempo se transfieren a etanol 70° para su conservación.

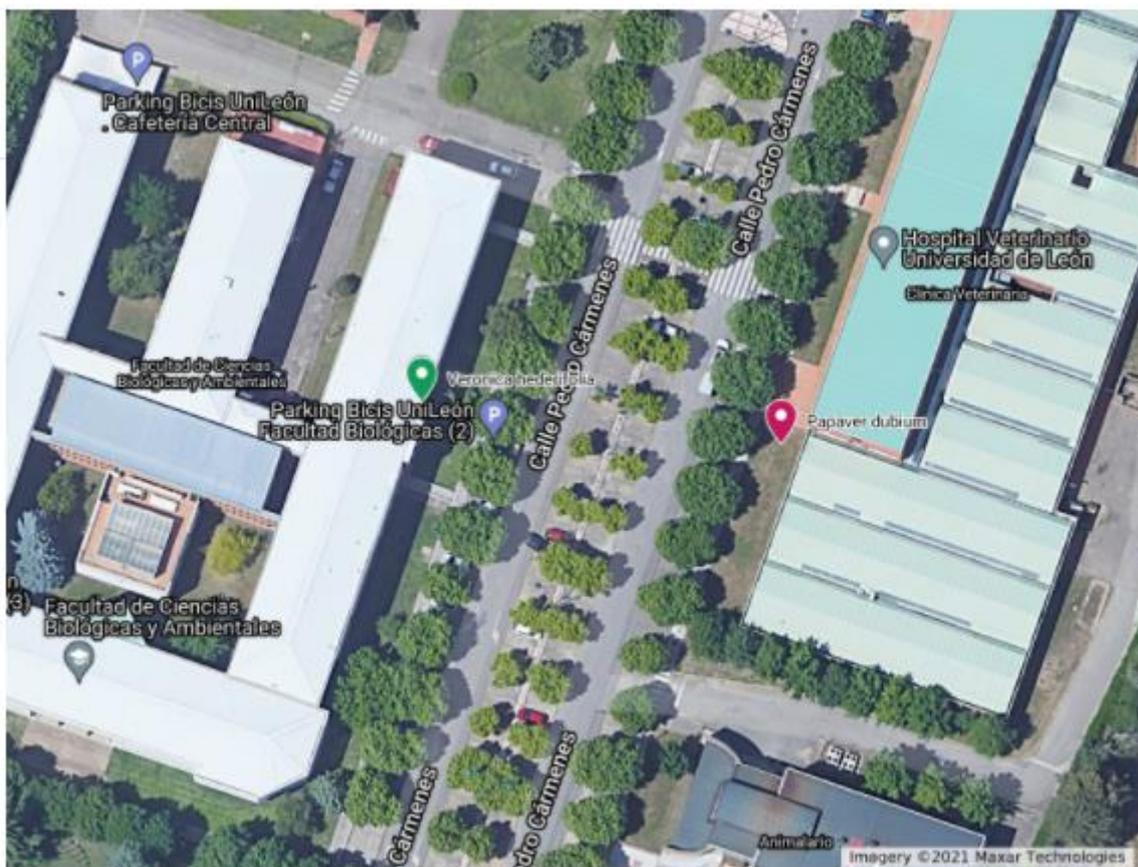


Figura 7. Imagen satélite, tomada y modificada de Google Maps (Google, s.f), del área en el que se recogieron los ejemplares. El punto verde señala el lugar de recogida de *V. hederifolia* y el punto rojo el de *P. dubium*. Todos los derechos reservados 2021 por Google. Adaptado con permiso del autor.

Inclusión

Los fragmentos previamente fijados y conservados se tallan en partes más pequeñas para facilitar la inclusión. Se someten a deshidratación en serie creciente de alcoholes para después pasar por el líquido intermediario, acetato de isoamilo (IAA) y finalmente impregnarlas en parafina (Paraplast) en estufa a 60°C. Para obtener los bloques se introducen las muestras en las barras de Leuckart y se deja solidificar.

En algunos casos, como con el tallo de *P. dubium*, fue necesario alargar los tiempos que pasaron en IAA y en parafina, ya que debido a su morfología no absorbían bien estas sustancias siguiendo los tiempos estandarizados y dejaban huecos en los cortes.

Cortes

Utilizando un micrótopo rotatorio de parafina LEITZ 1512 se obtienen cortes seriados de 12µm de grosor. Estos cortes se distribuyen en 6 portaobjetos por bloque con entre 3 y 5 cortes por portaobjetos. Para una mejor adhesión del corte al portaobjetos se impregna la superficie de este último con una fina capa de albúmina de Mayer.

Tinción

Se llevan a cabo 2 procesos distintos de tinción, uno utilizando Safranina-Verde rápido para la observación general de las estructuras vegetativas; y otro con Lugol para detectar la presencia de amiloplastos. Los portaobjetos número 1, 3 y 5 se tiñeron con Safranina-Verde rápido y el 2 con Lugol. El portaobjetos número 4 se monta sin teñir para poder ser estudiado por epifluorescencia y el portaobjetos 6 se guarda como reserva sin teñir ni montar.

Tabla 2. Resumen de los tratamientos por los que pasan los cortes en cada tipo de tinción hasta su montaje final. Se señalan los tiempos estandarizados.

	Safranina - Verde Rápido	Lugol	Sin tinción
Desparafinado	Xilol (30 min.)	Xilol (30 min.)	Xilol (30 min.)
Hidratación	Serie decreciente de alcoholes	-	-
Tinción	Safranina (4 min.) y Verde rápido (50 s.)	Lugol (2 min.)	-
Deshidratación	Serie creciente de alcoholes	Serie creciente de alcoholes	-
Reposo	Xilol	Xilol	Xilol
Montaje	Entellan	Entellan	Entellan

Montaje

Para llevar a cabo el montaje permanente de los cortes, primero se deshidratan en serie creciente de alcoholes, se diafanizan en xilol y se montan utilizando Entellan.

Observación

Se utiliza microscopio óptico de campo claro Nikon YS2-H para observar las preparaciones 1, 2, 3 y 5; microscopio de polarización para las preparaciones 1, 3, 4 y 5; y microscopio de epifluorescencia para la preparación 4. Tras la observación, se fotografían los campos más representativos y de interés utilizando un microscopio Nikon con cámara incorporada y el software NIS-Elements F.3.2 106.

RESULTADOS

Papaver dubium

Raíz

El corte transversal de la raíz muestra una raíz típica con crecimiento secundario. De fuera a dentro, diferenciamos peridermis, córtex, sistema vascular y médula (Fig. 8a).

Primero encontramos el sistema dérmico, formado por la peridermis (Figs. 8a, d). En la zona más externa podemos encontrar restos de epidermis que aún no se han desprendido del todo (Fig. 8d). La peridermis se compone de una o dos capas de súber, dependiendo de la zona observada y lo avanzado del crecimiento secundario, formado por células prismáticas irregulares y algo alargadas; tras este, varias capas de felógeno compuesto por células prismáticas alargadas que no dejan espacios intercelulares; y por último la felodermis, algo difícil de ver ya que en algunas zonas se ha roto y se entremezcla con el felógeno y el córtex, pero en cualquier caso conformada por una única capa de células parenquimáticas prismáticas (Fig. 8d). En algunas zonas se pueden observar pelos absorbentes (Fig. 8c).

El córtex, inmediatamente debajo de la felodermis, se compone únicamente de parénquima cortical (sistema fundamental) (Figs. 8a, d). Este parénquima está formado por células de aspecto algo irregular, pero mayoritariamente son células de paredes finas, poliédricas y más o menos alargadas, aunque podemos ver alguna de aspecto más circular, que en su conjunto se asemejan a las de un parénquima de reserva (Fig. 8d). En las zonas más cercanas a los haces vasculares podemos encontrar laticíferos (Fig. 8e), aunque en un número mucho menor que en el tallo o en la hoja.

Los haces vasculares ocupan el mayor volumen de la raíz y son colaterales cerrados (Fig. 8e). En el exterior se localiza el floema y en la zona interior xilema (Fig. 8e). Finalmente encontramos células parenquimáticas, entre los conductos xilemáticos, que forman la médula (Fig. 8e).

Además de la estructura general de la raíz, ocasionalmente es posible observar el nacimiento de una raíz de segundo orden (Fig. 8e).

Tallo

La sección transversal del tallo revela un tallo circular de simetría radial y con crecimiento primario (Fig. 9a). De fuera a dentro observamos el sistema dérmico, seguido del córtex y los haces vasculares, que forman un anillo discontinuo, y finalmente la médula en el interior (Fig. 9a).

El sistema dérmico está compuesto de una cutícula fina y una epidermis uniseriada, compuesta por una única capa de células cúbicas (Fig. 9d), en la que podemos encontrar tricomas pluricelulares (Fig. 9b) y estomas hundidos (Fig. 9c).

A continuación, aparece el córtex, compuesto por el sistema fundamental, que consta, primero, de un parénquima clorofílico lagunar y un par de capas de colénquima anular tras éste (Fig. 9d). El colénquima se considera anular por el engrosamiento uniforme de las paredes celulares, aunque no aparecen espacios intercelulares ya que las células están muy apretadas (Fig. 9d).

Los haces vasculares son colaterales cerrados, por lo que observamos xilema en el interior y floema en el exterior, pero no células meristemáticas entre ellos (Fig. 9e). Podemos observar conductos laticíferos perifloemáticos (Fig. 9e). Al no formar los haces vasculares un anillo continuo, vamos a observar parénquima cortical dispuesto entre los haces vasculares, que es similar al que se encuentra en la médula (Figs. 9a, d, e).

En el interior encontramos parénquima de reserva, que compone la médula y rellena los huecos donde no aparecen haces vasculares (Figs. 9a, d).

Hoja

La hoja presenta una estructura bastante similar al común de las hojas de dicotiledóneas (Fig. 10a), pero con algunas particularidades.

De fuera a dentro, encontramos primero el sistema dérmico, formado por una epidermis uniseriada bastante característica debido a la diferente morfología de las células epidérmicas del haz, grandes y redondeadas, y las del envés, pequeñas y aplanadas (Fig. 10b). Encontramos que las células epiteliales aparecen cubiertas por cutícula tanto en el haz como en el envés, siendo más gruesa la cutícula del haz que la del envés (Fig. 10b). Las células epidérmicas del haz presentan unas inclusiones muy llamativas, de color rojo y aspecto denso, que no se encuentran en el envés (Figs. 10b, d, e, f). También podríamos observar tricomas en el haz, aunque desgraciadamente en este caso solo han podido observarse las bases (Fig. 10d). Podemos encontrar estomas tanto en haz como en el envés, hoja anfiestomática, y observar con claridad todas sus partes, células oclusivas, ostiolo y cámara subestomática (Fig. 10e). En el extremo distal podemos encontrar algunos estomas modificados, hidátodos, en las proximidades del extremo distal (Fig. 10f). Se puede apreciar que las células oclusivas de los estomas son redondeadas y se presentan hacia el interior de la epidermis, constituyendo estomas hundidos (Fig. 10e), mientras que las de los hidátodos son más aplanadas y se sitúan a un nivel más cercano al de la epidermis, aunque siguen algo hundidos (Fig. 10f).

A continuación, aparece el mesófilo (sistema fundamental) (Fig. 10a), que se compone de parénquima clorofílico en empalizada, debajo de la epidermis del haz, y parénquima aerífero con cloroplastos, más próximo al envés (Fig. 10b). El parénquima clorofílico en empalizada llama la atención ya que sus células son lobuladas y los cloroplastos aparecen bastante juntos entre sí, distribuyéndose preferentemente hacia la pared celular.

El sistema vascular se compone de un nervio central o de primer orden (Figs. 10a, c), correspondiente a la región más abultada, y otros nervios laterales o de segundo orden, dispuestos a lo largo de la hoja (Figs. 10a, b). Presenta un haz vascular colateral cerrado, con el xilema hacia el haz y el floema hacia el envés (Fig. 10c). En la periferia del floema se aprecian laticíferos (Fig. 10c), en ocasiones con látex en su interior, muy característicos del género *Papaver*. Se observa un mayor número de laticíferos en los nervios de segundo orden que en el nervio central. Alrededor del nervio central aparecen varias capas de parénquima perivascular que constituyen la vaina fascicular (Fig. 10c). Esta vaina fascicular también aparece alrededor de los nervios de segundo orden, pero mucho más reducida.

Veronica hederifolia

Raíz

La sección transversal muestra una raíz circular con crecimiento secundario. De fuera a dentro encontramos la peridermis, el córtex, los haces vasculares y la médula (Fig. 11a).

En la zona más externa de la peridermis podemos encontrar restos de la epidermis que aún no se ha desprendido. En cuanto a la peridermis en sí, esta está formada por una única capa de súber, seguida de un par de capas de felógeno y, finalmente, la felodermis (Fig. 11c). Bajo la peridermis se encuentra el parénquima cortical (Fig. 11c), que compone el córtex y rodea los haces vasculares. En la zona más cercana al cilindro vascular podemos observar la endodermis (Figs. 11b, c).

El haz vascular es colateral cerrado. En el exterior encontramos el floema y en el interior el xilema. Acompañando al xilema y en la zona más interna de la raíz aparecen células parenquimáticas que constituyen la médula (Fig. 11b).

Tallo

El tallo es circular, de simetría radial y presenta crecimiento primario.

De fuera a dentro encontramos, en primer lugar, el sistema dérmico, que está compuesto por la cutícula y la epidermis (Fig. 12a). La epidermis es pluriestratificada ya que se compone de dos

capas de células elípticas muy apretadas entre sí (Figs. 12b, d). En la capa más externa de la epidermis podemos encontrar tricomas unicelulares (Fig. 12b) y estomas a nivel (Fig. 12c).

Tras el sistema dérmico se dispone el sistema fundamental. Éste se compone de varias capas de colénquima anular (Fig. 12d) y la endodermis rodeando los haces vasculares (Fig. 12d).

Seguidamente aparece el sistema vascular (Fig. 12c), con los haces vasculares formando un anillo continuo (Fig. 12a). En el exterior encontramos el floema y en el interior el xilema (Fig. 12d). Entre floema y xilema no encontramos células meristemáticas, por lo que el haz vascular es colateral cerrado (Fig. 12e).

Finalmente, en la zona más interna del tallo se localiza la médula (Fig. 12a), formada por parénquima de reserva (Fig. 12d) que rellena el interior del tallo, aunque en las preparaciones observadas se ha despegado y deja la zona más interior vacía.

Hoja

La sección transversal de la hoja muestra el aspecto típico de una hoja de dicotiledónea. De fuera a dentro, encontramos el sistema dérmico, el mesófilo y el sistema vascular (Fig. 13a).

El sistema dérmico se compone de cutícula y epidermis (Fig. 13b). La cutícula es más gruesa en el haz que en el envés. Bajo la cutícula, aparece la epidermis, uniseriada y de células elípticas e isodiamétricas (Fig. 13b), que es más fina en el envés. Podemos encontrar estomas tanto en la epidermis del haz como en la del envés (Fig. 13c). Aparecen grandes tricomas unicelulares (Fig. 13b) y tricomas glandulares pluricelulares (Figs. 13d, f) únicamente en el envés. Tanto en la epidermis del haz como en la del envés aparecen cistolitos (Fig. 13b).

Tras el sistema dérmico encontramos el mesófilo (Fig. 13a) (sistema fundamental) compuesto únicamente por parénquima clorofílico lagunar (Fig. 13b).

En la zona más interna de la hoja encontramos el sistema vascular (Fig. 13a), compuesto por un gran nervio central principal o de primer orden (Figs. 13a, e) y otros nervios laterales de segundo orden (Fig. 13a). El nervio central se encuentra rodeado por una gran vaina fascicular (Fig. 13a). Los haces vasculares son colaterales cerrados, con el xilema orientado hacia el haz y el floema hacia el envés (Fig. 13e). Entre xilema y floema podemos encontrar células parenquimáticas, pero no meristemáticas (Fig. 13e).

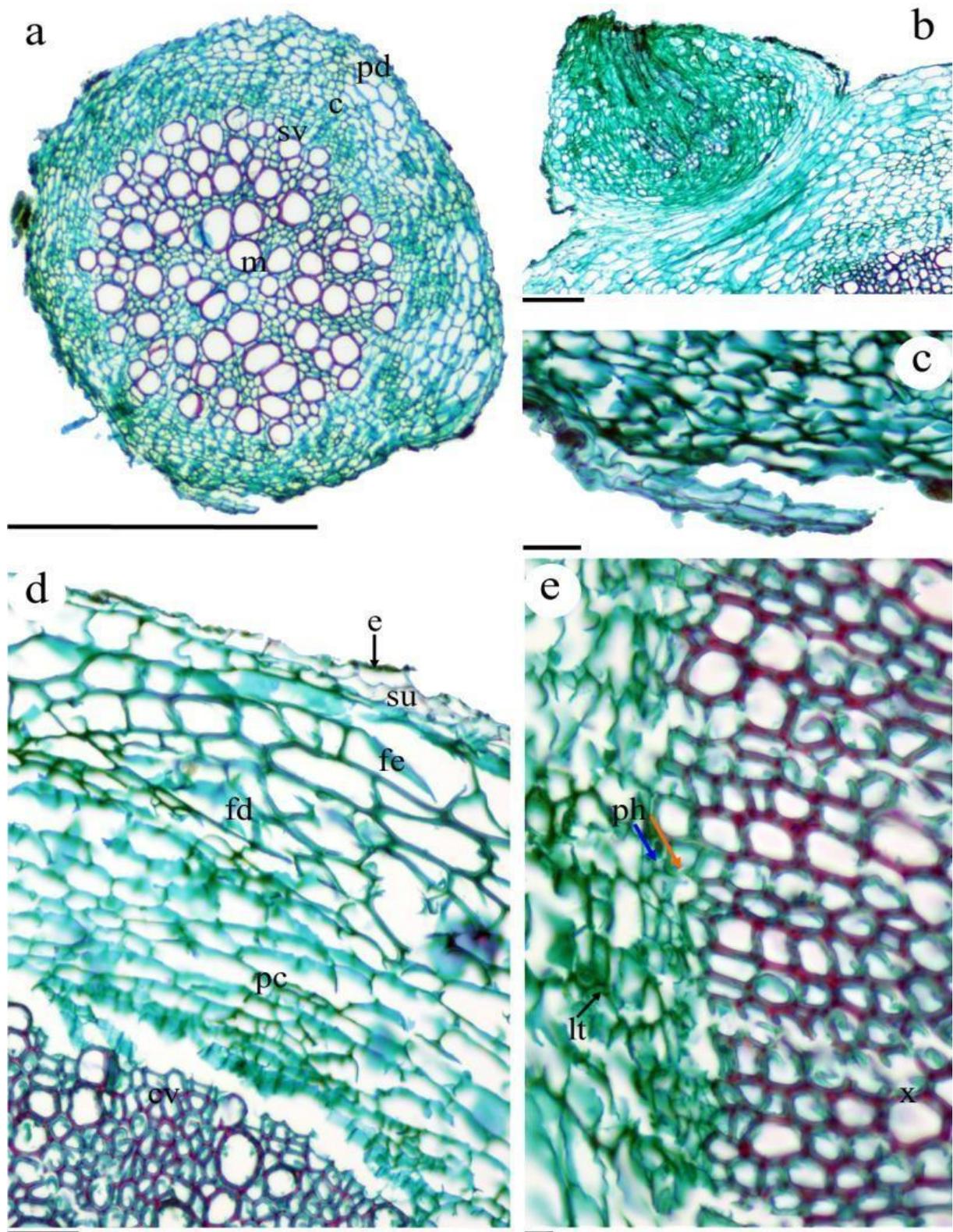


Figura 8. Sección transversal de la raíz de *P. dubium* **a)** Aspecto general de la raíz. **b)** Raíz de segundo orden **c)** Pelo absorbente **d)** Detalle de peridermis y córtex. **e)** Detalle del sistema vascular. **a, b, c, d, e** Microscopio óptico de campo claro. Safranina-Verde rápido. **c:** córtex; **e:** epidermis; **fd:** felodermis; **fe:** felógeno; **lt:** laticífero; **m:** médula; **pc:** parénquima cortical; **pd:** peridermis; **ph:** floema (la flecha azul señala la célula acompañante y la flecha naranja el elemento criboso); **su:** súber; **sv:** sistema vascular; **x:** xilema.

Barras **a** = 500 μm ; **b, c, d** = 100 μm ; **d** = 10 μm .

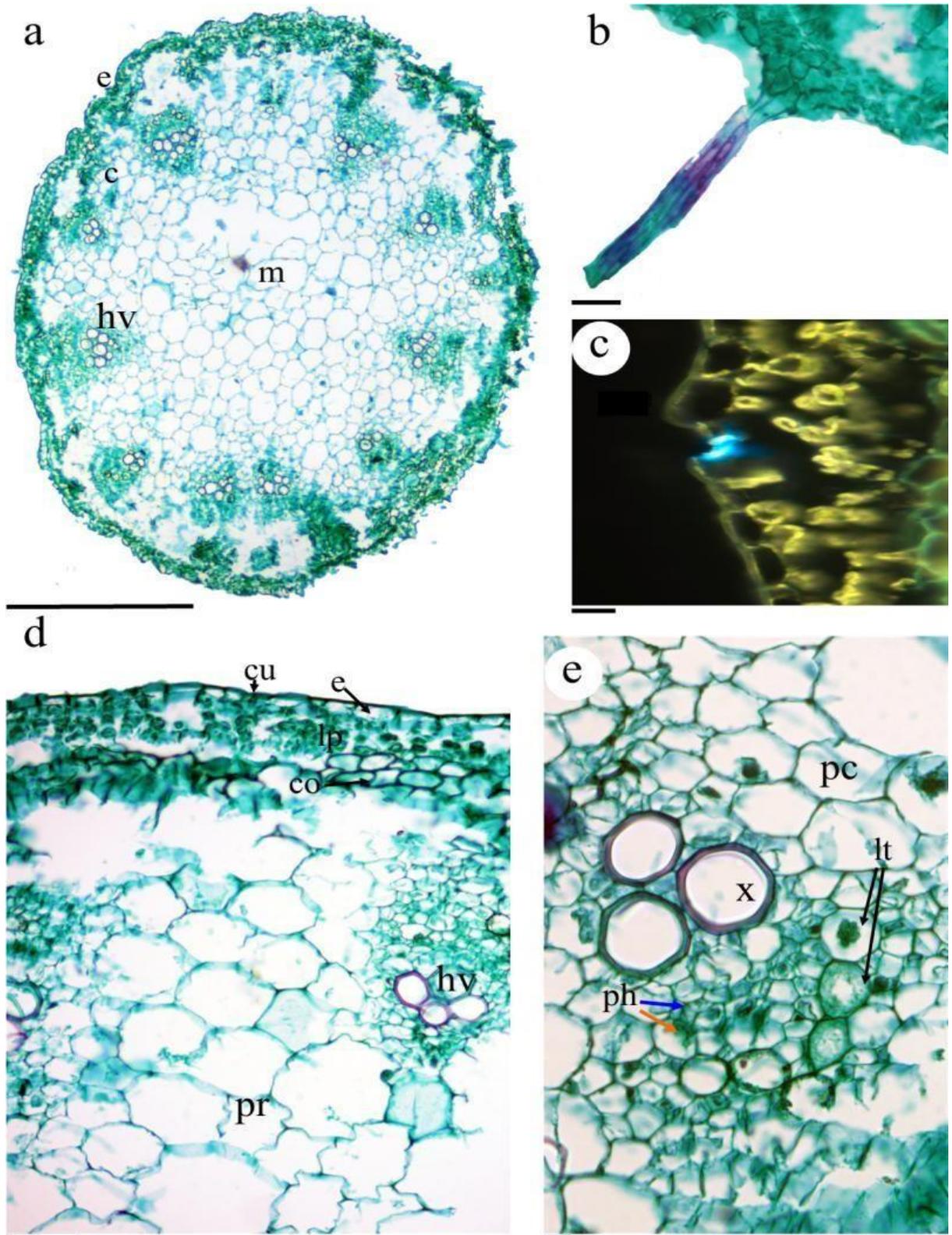


Figura 9. Sección transversal del tallo de *P. dubium*. **a)** Aspecto general del tallo. **b)** Tricoma **c)** Estoma **d)** Estructura del tallo. **e)** Detalle de un haz conductor. **a, b, d, e** Microscopio óptico de campo claro. Safranina-Verde rápido. **c** Microscopio de fluorescencia. **c:** córtex; **co:** colénquima; **cu:** cutícula; **e:** epidermis; **hv:** haz vascular; **lt:** laticíferos; **m:** médula; **pc:** parénquima cortical; **ph:** floema (la flecha azul señala la célula acompañante y la flecha naranja el elemento criboso); **pr:** parénquima de reserva; **x:** xilema. Barras **a** = 500 μ m; **b, d** = 50 μ m; **d, e** = 10 μ m.

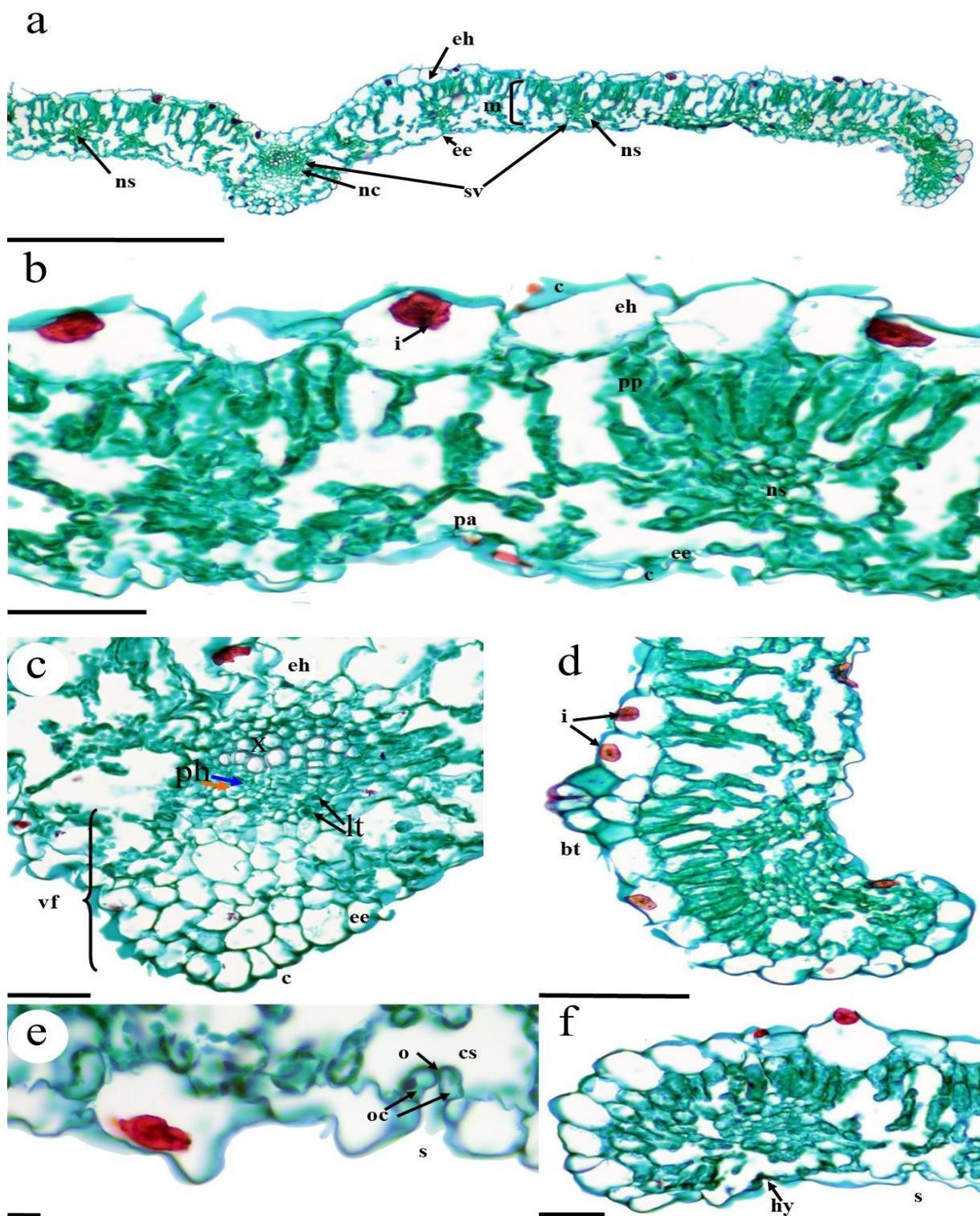


Figura 10: Sección transversal de la hoja de *P. dubium*. **a)** Aspecto general. **b)** Estructura de la hoja. **c)** Detalle del nervio central. **d)** Base de un tricoma. **e)** Estoma. **f)** Extremo distal de la hoja. **a, b, c, d, e, f** Microscopio óptico de campo claro. Safranina-Verde rápido. **bt:** base del tricoma; **c:** cutícula; **cs:** cámara subestomática; **e:** epidermis; **ee:** epidermis del envés; **eh:** epidermis del haz; **en:** envés; **h:** haz; **hy:** hidatodo; **i:** inclusiones; **m:** mesófilo; **nc:** nervio central; **ns:** nervio de segundo orden; **o:** ostiolo; **oc:** células oclusivas; **pa:** parénquima aerífero; **ph:** floema (la flecha azul señala la célula acompañante y la flecha naranja el elemento criboso); **pp:** parénquima en empalizada; **s:** estoma; **sv:** sistema vascular; **vf:** vaina fascicular; **x:** xilema.

Barras **a** = 500 μm ; **b, c, f** = 50 μm **d** = 100 μm **e** = 10 μm .

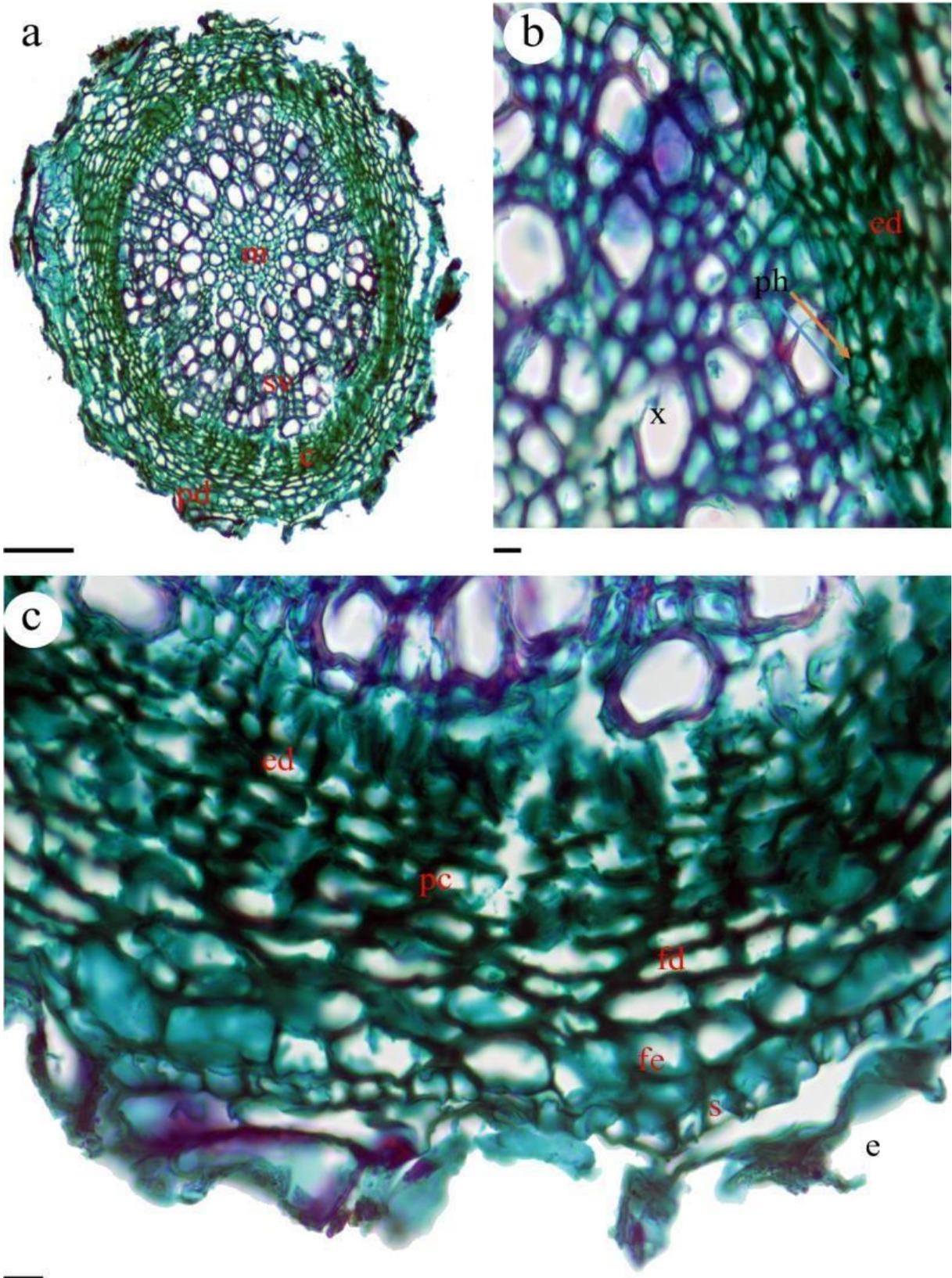


Figura 11: Sección transversal de raíz de *V. hederifolia*. **a)** Aspecto general. **b)** Detalle del sistema vascular. **c)** Detalle de peridermis y córtex. **a, b, c** Microscopio óptico de campo claro. Safranina-Verde rápido. **c:** córtex; **e:** epidermis; **ed:** endodermis; **fd:** felodermis; **fe:** felógeno; **m:** médula; **pc:** parénquima cortical; **pd:** peridermis; **ph:** floema (la flecha azul señala la célula acompañante y la flecha naranja el elemento criboso); **s:** súber; **sv:** sistema vascular; **x:** xilema. Barras **a** = 100 μm ; **b, c** = 10 μm .

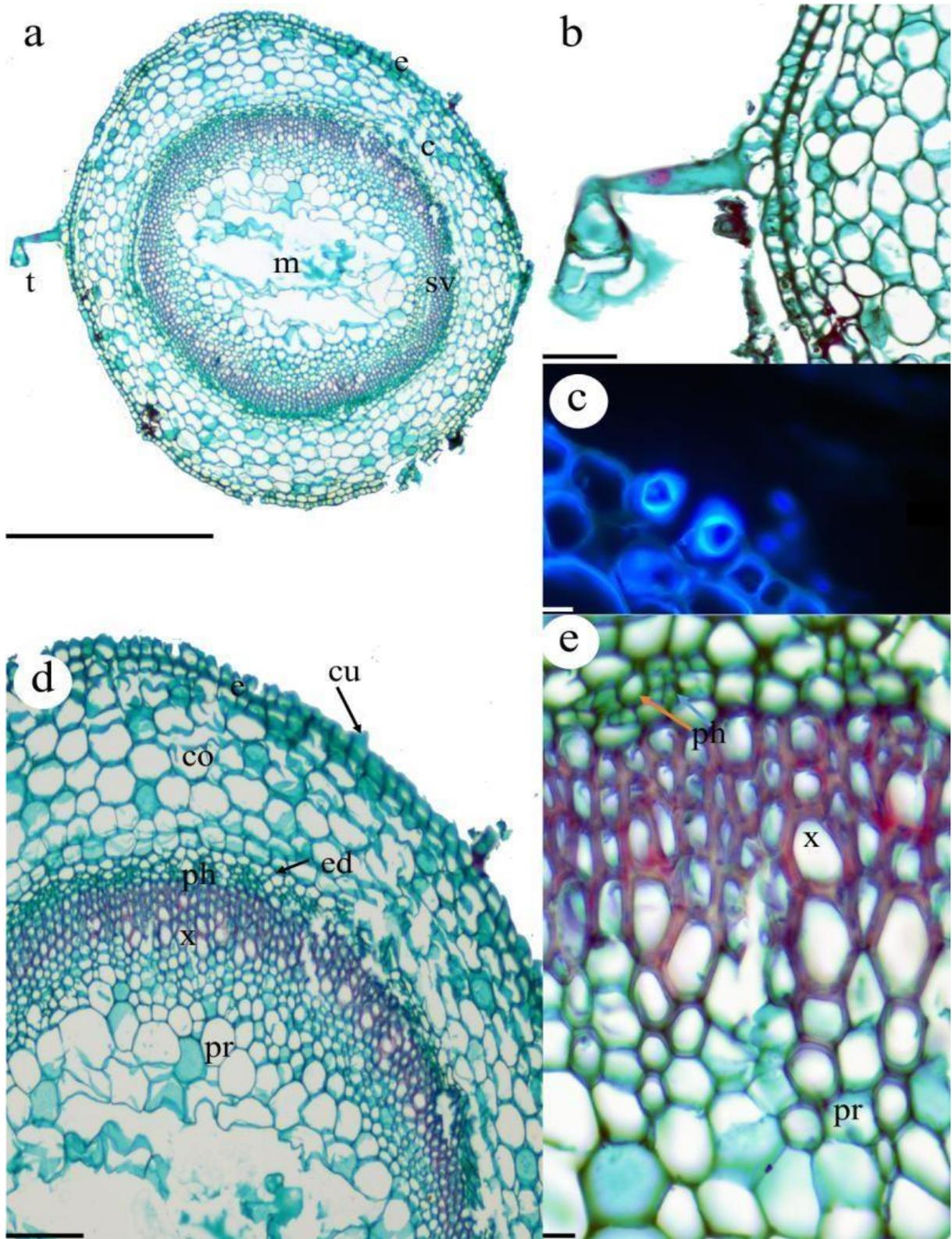


Figura 12: Sección transversal del tallo de *V. hederifolia*. **a)** Aspecto general del tallo. **b)** Tricoma **c)** Estoma **d)** Estructura del tallo. **e)** Detalle del sistema vascular. **a, b, d, e** Microscopio óptico de campo claro. Safranina-Verde rápido. **c** Microscopio de fluorescencia. **c:** córtex; **co:** colénquima; **cu:** cutícula; **e:** epidermis; **ed:** endodermis; **m:** médula; **ph:** floema (la flecha azul señala la célula acompañante y la flecha naranja el elemento criboso); **pr:** parénquima de reserva; **sv:** sistema vascular; **t:** tricoma; **x:** xilema; Barras **a** = 500 μm ; **b** = 50 μm ; **c, e** = 10 μm ; **d** = 100 μm .

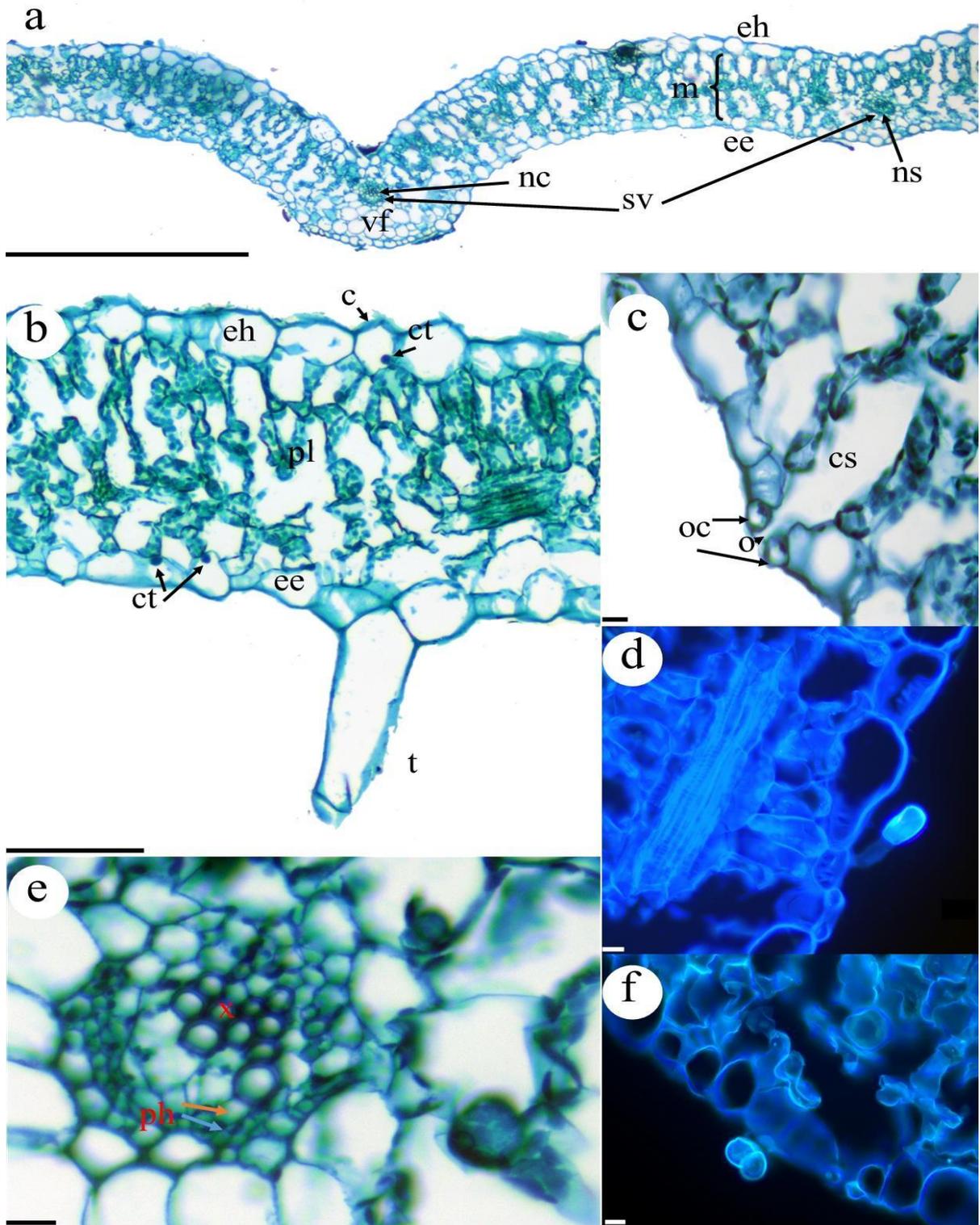


Figura 13: Sección transversal de hoja de *V. hederifolia*. **a)** Aspecto general. **b)** Detalle de la hoja. **c)** Estoma. **d y f)** Tricomas glandulares. **e)** Detalle del sistema vascular. **a, b, c, e)** Microscopio óptico de campo claro. Safranina-Verde rápido. **d, f)** Microscopio de fluorescencia. **c:** cutícula; **cs:** cámara subestomática; **ct:** cistolito; **ee:** epidermis del envés; **eh:** epidermis del haz; **m:** mesófilo; **nc:** nervio central; **ns:** nervio de segundo orden; **o:** ostiolo; **oc:** células oclusivas; **ph:** floema (la flecha azul señala la célula acompañante y la flecha naranja el elemento criboso); **pl:** parénquima lagunar; **sv:** sistema vascular; **t:** tricoma; **vf:** vaina fascicular; **x:** xilema. Barras **a** = 500 μm ; **b** = 100 μm ; **c, d, e, f** = 10 μm .

DISCUSIÓN

En el presente trabajo se han estudiado dos especies con una distancia filogenética considerable, tal y como se puede comprobar en el cladograma (Fig. 1). A continuación, se comentan las observaciones más llamativas y se comparan con otros estudios histológicos de la misma familia, género o especie, intentando establecer semejanzas y diferencias entre ellos.

Papaver dubium

Cabe destacar la inusual falta de artículos científicos e información actualizada sobre la histología de *Papaver dubium*. Ante la ausencia de artículos sobre esta especie, se han tomado como modelo estudios realizados sobre otras especies del género *Papaver* y se comparan sus estructuras. El presente trabajo es el primero que aporta descripciones y, más importante, fotografías de la estructura interna de los órganos vegetativos de esta especie.

Raíz

El crecimiento secundario de la raíz se pone de manifiesto por la presencia de felógeno y peridermis (Álvarez, 1997; Álvarez, 2015). Este crecimiento secundario no está muy avanzado ya que podemos encontrar restos de epidermis que aún no se han desprendido (Álvarez, 2002). La estructura de la raíz de *P. dubium* se asemeja a la descrita por Bercu (2012) sobre *P. rhoeas*.

Cabe destacar que no se observa tejido meristemático (cambium vascular) entre xilema y floema (haz vascular cerrado), aunque Bercu (2012) sí que lo describió en *P. rhoeas*.

Metcalf y Chalk (1957) apuntan que en la familia Papaveraceae existe cierta tendencia a que los haces vasculares de la raíz aparezcan dispersos y el xilema con forma de U, cosa que no se cumple para esta especie, ya que los haces vasculares se encuentran confinados en el cilindro vascular y el xilema tiene forma redondeada.

Tallo

La estructura del tallo se asemeja, en parte, a la estudiada por Bercu (2012) en *P. rhoeas*.

Bercu (2012) no describe la presencia de parénquima clorofílico lagunar en *P. rhoeas* y sí describe la presencia de esclerénquima formando un anillo externo al córtex, que define como periciclo, que no se encuentra en esta especie. La presencia de este parénquima clorofílico no es extraña ya que el tallo es verde, por la presencia de cloroplastos.

Llama la atención que el número de haces vasculares en esta especie es bastante reducido si se compara con la observación del tallo realizada por Bercu (2012) y los esquemas de Metcalf y Chalk (1957). En ambos casos se puede observar una gran cantidad de haces vasculares

formando un anillo no tan discontinuo como el de esta especie, lo que sugiere que tal vez *P. dubium* posea un sistema de transporte más eficiente y a raíz de esto haya ido reduciendo progresivamente el número de haces vasculares.

Hoja

Rahmatpour et al. (2010) midió el grosor de las células epiteliales del haz de *P. dubium*, estableciendo una medida de 40 μm para la epidermis del haz y 30 μm para la del envés. Midiendo con una regla y extrapolando la medida con la barra de la figura 7b, vemos que este dato coincide para el haz, pero no para la epidermis del envés, que es más fina. El grosor de la cutícula del haz es de unos 5 μm , coincidiendo con lo medido por Rahmatpour et al. (2010).

Las inclusiones de color rojo que aparecen en la epidermis del haz han sido descritas en *P. rhoeas* por Christodoulakis et al. (2013) como grandes acúmulos de metabolitos en la vacuola de las células epidérmicas, cuya función es la acumulación y retención de agua, así como alguna función protectora desconocida. Estos acúmulos podrían aparecer como respuesta a un clima desfavorable (Christodoulakis et al., 2013). Si comparamos el tamaño de estos acúmulos, en *P. rhoeas* ocupan prácticamente la totalidad de la célula, mientras que en *P. dubium* pueden llegar a ocupar la tercera parte a lo sumo. Esta diferencia de tamaño quizá se deba a que, al ser la cutícula de *P. dubium* ligeramente más gruesa que la de *P. rhoeas*, esta pueda retener mejor el agua, por lo que no necesitaría acumular tanto volumen de metabolitos.

La presencia de estomas en el haz y en el envés coincide con la descripción proporcionada por Christodoulakis et al. (2013), con la salvedad que en su artículo indica que los estomas del haz solo pueden observarse con microscopía electrónica, ya que quedan tapados por las células epidérmicas, mientras que en el presente trabajo se han podido observar tanto en el haz como en el envés utilizando un microscopio óptico. La presencia de hidátodos en el borde distal de la hoja coincide con lo descrito por Metcalfe y Chalk (1957), y morfológicamente se asemejan a los descritos por Dieffenbach et al. (1980). La presencia de hidátodos contribuye a una mejor transpiración y retención de agua, lo que se puede relacionar también con la diferencia de tamaño de las inclusiones entre *P. dubium* y *P. rhoeas* que se indica en el párrafo anterior.

El parénquima clorofílico en empalizada coincide con lo descrito por Christodoulakis et al. (2013), destacando también la presencia de células lobuladas. Esta distribución también se mantiene en el parénquima aerífero. La forma lobulada de las células del parénquima en empalizada y la distribución de los cloroplastos posiblemente mejoren la fotosíntesis al dotar a la célula de una mayor superficie de contacto (Christodoulakis et al., 2013).

Rahmatpour et al. (2010) describen la región del nervio central como triangular con dos haces vasculares laterales, coincidiendo con lo observado en nuestro caso.

Veronica hederifolia

Al igual que con *P. dubium*, a penas existe bibliografía relacionada con la histología no solo de *V. hederifolia* sino del género *Veronica*, por lo que es complicado establecer posibles comparaciones con otras especies del género. Kaplan et al. (2007) hacen referencia a esta falta de información, considerando su estudio como el primer estudio anatómico de 4 especies de este género.

Raíz

La raíz posee crecimiento secundario ya que presenta peridermis con felógeno (Álvarez, 1997; Álvarez, 2015). Al igual que lo indicado por Strelyaeva et al. (2020) en *V. beccabunga*, *V. hederifolia* tiene una raíz dicotiledónea típica. La presencia de epidermis indica que el crecimiento secundario no está demasiado avanzado (Álvarez, 2002). El súber, tal y como apuntan Metcalfe y Chalk (1957) es bastante reducido.

Strelyaeva et al. (2020) describen este parénquima como aerífero en *V. beccabunga*, pero esto no aplica en *V. hederifolia* ya que apenas existen espacios intercelulares, siendo este un parénquima de reserva.

Tallo

El crecimiento del tallo es únicamente primario ya que no se observa peridermis con felógeno (Álvarez, 1997; Álvarez, 2015). Es muy similar al descrito por Kaplan et al., (2007) en *V. persica*.

Gray (1973) describe en *V. lyallii* la existencia de una capa de células suberificadas hipodérmicas, que sería análoga a la segunda capa de células epidérmicas descrita en este trabajo, sin embargo, para *V. hederifolia* no podemos considerar esta capa como células suberificadas, ya que morfológicamente son iguales a las células epidérmicas y tampoco polarizan la luz, como deberían hacer si estuviesen suberificadas.

El colénquima que compone el córtex es anular ya que el engrosamiento de sus paredes es uniforme y aparecen espacios intercelulares (Álvarez, 2002). El córtex es similar a lo descrito por Metcalfe y Chalk (1975). Metcalfe y Chalk, (1975), Kaplan et al. (2007) y Strelyaeva et al. (2020) describen la existencia de endodermis, compuesta por esclerenquima, en el género *Verónica*, y específicamente en *V. persica* y *V. becabunga*, respectivamente. Si bien el término

endodermis es más adecuado para la raíz, en este caso cabe considerar la existencia de endodermis, ya que sí que se aprecia una capa continua de células que rodea el anillo continuo de los haces vasculares y que marca el final del córtex.

Hoja

Lo primero que llama la atención es que, en el haz, se forma una escotadura bastante pronunciada hacia el nervio central.

Las observaciones del sistema dérmico coinciden en su mayor parte con lo descrito por Metcalfe y Chalk (1975), Kaplan et al. (2007) y Strelyaeva et al. (2020). En cuanto a los estomas, son más fácilmente observables los que se encuentran en el envés, ya que las células epidérmicas son más pequeñas y no los tapan. Las células oclusivas de los estomas están más o menos al mismo nivel que las células epidérmicas, aunque en ocasiones aparecen algo más situadas hacia el exterior, por lo que podríamos decir que los estomas se encuentran a caballo entre ser estomas elevados o estomas a nivel. Kaplan et al. (2007) los consideran a nivel en *V. persica*. Metcalfe y Chalk (1975) apuntan la existencia de hidátodos en el extremo distal de la hoja, aunque no se han observado en esta especie. Llama la atención la gran densidad de cistolitos, y su presencia coincide con lo descrito por Metcalfe y Chalk (1975). Se han descrito también inclusiones cristalinas de oxalato cálcico (Metcalfe y Chalk, 1975) aunque no se han observado en esta especie.

El mesófilo es homogéneo y se compone de parénquima clorofílico lagunar. Este parénquima en algunas zonas, en especial en los extremos distales, se dispone de una manera más densa y recuerda a un parénquima clorofílico en empalizada, no obstante, sigue habiendo muchos espacios intercelulares por lo que no se le puede considerar como tal. Kaplan et al. (2007) sí que describen un mesófilo heterogéneo, con parénquima clorofílico en empalizada en el haz y lagunar en el envés, en *V. persica* y *V. beccabunga*, pero comparado con las fotos de su estudio, el parénquima de *V. hederifolia* es mucho más difuso, por lo que no se puede considerar en empalizada.

En el nervio central llama la atención que la vaina vascular está muy desarrollada y ocupa la mayor parte del nervio, mientras que el haz vascular ocupa una posición central muy reducida en comparación a la vaina. Se considera que la distribución y presencia o ausencia de esclerénquima en el floema posee valor taxonómico (Canne-Hilliker y Kampny, 1991; Makbul et al., 2006). En *V. hederifolia* no se ha encontrado. Según el estudio de Kaplan et al. (2007), tampoco se encontró este tejido en *V. persica* ni en *V. becabunga*, lo que puede llevar a pensar

que quizá estas especies estén filogenéticamente más próximas entre sí que entre otras del mismo género.

Como se puede comprobar, las dos especies estudiadas guardan ciertas características estructurales comunes, como pueden ser la estructura general de la raíz, la hoja y el tallo, mientras que se van encontrando diferencias cuando se va entrando en detalle, como la organización del mesófilo o la continuidad del anillo vascular. Esto entra dentro de lo esperable ya que al ser ambas Eudicotiledóneas van a poseer caracteres generales comunes, pero al pertenecer a ordenes distintos y filogenéticamente distantes van a aparecer grandes diferencias. En general, ambas especies son muy similares a otras pertenecientes al mismo género, como se puede comprobar con la bibliografía.

El presente trabajo aporta algo muy importante y de gran utilidad para posibles futuros estudios histológicos: fotografías. Puede que parezca una nimiedad, pero la ausencia de fotografías en los estudios histológicos dificulta mucho su seguimiento y comparación. Además, una fotografía es mucho más objetiva que una descripción o que un dibujo.

En cuanto a las especies, llama mucho la atención las inclusiones en *Papaver dubium*, sobre las que se podría investigar más para determinar su naturaleza y posibles utilidades o aplicaciones.

El presente trabajo es el primero en estudiar la histología de *Veronica hederifolia*, la cual, siguiendo las descripciones de Metcalfe y Chalk (1975), se encuentra a caballo entre la de Scrophulariaceae y Plantaginaceae, como por ejemplo la estructura del mesófilo.

CONCLUSIONES

1ª. *Papavaer dubium* y *Veronica hederifolia* guardan ciertas características comunes en cuanto a la estructura general de la raíz, tallo y hoja, como corresponde a dos especies pertenecientes a Eudicotiledóneas

2ª. *Papaver dubium* presenta unas inclusiones muy llamativas en sus células epidérmicas. Estas inclusiones han de ser investigadas más a fondo para determinar su naturaleza, utilidad y aplicaciones, si las tuviesen.

3ª. Se ha caracterizado por primera vez la morfología microscópica de *Veronica hederifolia*, la cual presenta características propias de Scrophulariaceae por un lado y de Plantaginaceae por otro.

4ª. Existe poca bibliografía relacionada con la histología de los géneros *Papaver* y, especialmente, *Veronica*. El presente trabajo aporta nuevas descripciones y fotografías con las

que poder comparar futuros estudios histológicos.

BIBLIOGRAFÍA

Aizpuru, I., Aseginolaza, C., Uribe-Echebarría, P.M., Urrutia, P. y Zorrakin, I. (1999) *Claves ilustradas de la flora del País Vasco y territorios limítrofes*. Servicio Central de Publicaciones del País Vasco, Vitoria-Gasteiz.

Álvarez, R. (1997). *Apuntes de citología-histología de las plantas*. Universidad de León.

Álvarez Nogal, R. (2002). *Atlas de histología y organografía de las plantas*. León, Universidad de León.

Álvarez, R. (2015) *Citología e Histología de las plantas*. León, España. Eolas Ediciones

Álvarez, R., Encina, A. y Pérez, N. (2008) “*Pistacia terebinthus* L. leaflets: an anatomical study”. *Plant Systematics and Evolution*, 272, pp. 107-118.

Arbo, M. M. y Ferrucci, M. S. (2019) *Botánica morfológica. Morfología de plantas vasculares*. Argentina. Facultad de Ciencias Agrarias UNNE.

Bercu, R. (2012). “Histoanatomical aspects of the vegetative organs of *Papaver Rhoeas* L.” *Annals of the Romanian Society for Cell Biology*. 17, pp. 186-191.

Blanca, G., Cabezudo, B., Cueto, M., Morales Torres, C. y Salazar, C. (2011) *Claves de la Flora Vasculare de Andalucía Oriental*. España. Universidades de Granada, Almería, Jaén y Málaga.

Campbell, N. A. y Reece, J. B. (2007) *Biología. Séptima edición*. Madrid, España. Editorial Médica Panamericana.

Canne-Hilliker, J.M. y C.M. Kampny. (1991). “Taxonomic significance of leaf and stem anatomy of *Agalinis* (*Scrophulariaceae*) from the U.S.A. and Canada” *Can. J. Bot.* 69, pp. 1935-1950.

Castroviejo, S., M. Laínz, G. López González, P. Montserrat, F. Muñoz Garmendia, J. Paiva, y P. Villar. (1986-2012). *Flora Ibérica. Plantas vasculares de la Península Ibérica e Islas Baleares*. Madrid, España. Real Jardín Botánico, C.S.I.C.

Chase, M. W., Christenhusz, M. J. M., Fay, M. F., Byng, J. W., Judd, W. S., Soltis, D. E. y Stevens, P. F. (2016). “An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV”. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 181(1), pp. 1-20.

Christodoulakis, N., Tsiarta, M. y Fasseas, C. (2013). “Leaf Structure and Histochemical Investigation in *Papaverrhoeas* L. (Corn Poppy, Field Poppy).” *Journal of Herbs*. 19 (2), pp. 119-131.

Cronquist, A. (1981). *An integrated system of classification of flowering plants*.

Curtis, H., Schnek, A., Barnes, N. S. y Massarini, A. (2007) *Biología. 7ª edición*. Madrid, España. Editorial Médica Panamericana.

Dahlgren, G. (1989) “An updated angiosperm classification”, *Botanical Journal of the Linnean Society*. 100(3), pp. 197–203.

Díaz, T. E., Fernández-Carvajal, M. C. y Fernández, J. A. (2004) *Curso de Botánica*. Gijón, España. Ediciones Trea.

- Dieffenbach, H., Kramer, D., y Lüttge, U. (1980). "Release of Guttation Fluid from Passive Hydathodes of Intact Barley Plants. I. Structural and Cytological Aspects." *Annals of Botany*. 45(4), pp. 397-401.
- Dimitri y Orfila (2009) *Tratado de morfología y sistemática vegetal*. Acme Agency S.A.C.I. y F., Buenos Aires. Font Quer, P. (2001) *Diccionario de botánica. Segunda edición*. Barcelona, España. Ediciones Península.
- Gairola S, Sharma J y Singh B. Y. (2014) "A cross-cultural analysis of Jammu, Kashmir and Ladakh (India) medicinal plant use." *J Ethnopharmacol*. 155, pp. 925–986.
- Google. (s.f). [Mapa TFG] Disponible en <https://www.google.com/maps/d/u/0/edit?mid=1WIK70I0DIvLqtPNwzITIU8OY5qeK3ev8&usp=sharing> (Accedido 30 de Agosto de 2021).
- Gray, R. (1937) "Cork Formation in Veronica Lyallii" *Transactions of the Botanical Society of Edinburgh*, 32(2)pp. 362-367.
- Izco, J., Barreno, E., Brugués, M., Costa, M., Devesa, J. A., Fernández-González, F., Gallardo, T., Llimona, X., Prada, C., Talavera, S. y Valdés, B. (2004) *Botánica. 2.ª Edición*. Madrid, España. McGraw-Hill – Interamericana.
- Kaplan, A., Hasanoglu, A. y Ince, I. A. (2007). "Morphological, anatomical and palynological properties of some Turkish Veronica species (Scrophulariaceae)". *International Journal of Botany*, 3(1), pp. 23-32.
- Lezáun, J. A., Telletxea N. y Goñi, C. (2018) "*Veronica hederifolia*". *Navarra Agraria*. 228, pp. 45-46.
- Makbul, S., Coskuncebi, K., Turkmen, Z. y Beyazoglu, O. (2006). "Morphology and anatomy of *Scrophularia* L. (Scrophulariaceae) taxa from NE anatolia". *Acta Biologica Cracoviensia Series Botanica*. 48, pp. 33-43.
- Megías, M., Molist, P. y Pombal, M. A. (2018c) *Atlas de Histología Vegetal y Animal. Órganos vegetales. Hoja*. Disponible en: <https://mmegias.webs.uvigo.es/descargas/o-v-hoja.pdf> (Accedido: 15 de agosto de 2021).
- Megías, M., Molist, P. y Pombal, M. A. (2018b) *Atlas de Histología Vegetal y Animal. Órganos vegetales. Tallo*. Disponible en: <https://mmegias.webs.uvigo.es/descargas/o-v-tallo.pdf> (Accedido: 15 de agosto de 2021).
- Megías, M., Molist, P. y Pombal, M. A. (2018a) *Atlas de Histología Vegetal y Animal. Órganos vegetales. Raíz*. <https://mmegias.webs.uvigo.es/descargas/o-v-raiz.pdf> (Accedido: 14 de agosto de 2021).
- Metcalf C. R. y Chalk L. 1957. *Anatomy of the Dicotyledons, Systematic Anatomy of the leaf and stem. Vol. I*. Oxford. Clarendon Press.
- Metcalf, C.R. y Chalk, L. (1957) *Anatomy of the Dicotyledons. Vol. 2*. Oxford. Clarendon Press.
- Padilla García, N. (2018) "Evolutionary, phylogenetic, and biogeographical studies within the diploid-polyploid Veronica subsect. Pentasepalae (Veronica L., Plantaginaceae)" Tesis de doctoral, Universidad de Salamanca.
- Paniagua, R., Nistal, M., Sesma, P., Álvarez-Uría, M. Fraile, B., Anadón, R. y Sáez, F. J. (2007) *Citología e Histología Vegetal y Animal. Histología vegetal y animal. Volumen 2. Cuarta Edición*. Madrid, España. McGraw-Hill – Interamericana.

Rahmatpour, N., Attar, F., Zamani, A. y Najafi, A. (2010). "Comparative anatomy in some species of *Papaver* L.(Papaveraceae) in Iran as taxonomical implication". *The Iranian Journal of Botany* 16(2 (32)), pp. 282-292.

Ramírez, B. y Goyes, R.I. (2004). *Botánica. Generalidades, Morfología y Anatomía de plantas superiores*. Colombia. Universidad del Cauca.

Strelyaeva A. V., Larina O. A., Antsyshkina A. M., Kuznetsov R. M., Bondar A. A. y Sorokin V. A. (2020) "The Study of External Signs, Microscopy and Chemical Composition of Medicinal Plant Materials of *Veronica beccabunga* L." *Herb. Pharmacognosy Journal*. 12(2), pp. 391-403.

Tasaka M, Kato T y Fukaki H. (1999). "The endodermis and shoot gravitropism". *Trends in plant sciences*. 4, pp.103-107.

The Angiosperm Phylogeny Group. (1998). "An Ordinal Classification for the Families of Flowering Plants." *Annals of the Missouri Botanical Garden*. 85 (4), pp. 531-553.

Tormo, R. (2021a). Plantas y hongos. Disponible en: https://www.plantasyhongos.es/herbarium/htm/Papaver_dubium.htm. (Accedido: 30 de agosto de 2021).

Tormo, R. (2021b). Plantas y hongos. Disponible en: https://www.plantasyhongos.es/herbarium/htm/Veronica_hederifolia.htm. (Accedido: 30 de agosto de 2021).