



universidad
de león



FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y AMBIENTALES

**HERBARIO HISTOLÓGICO DEL
CAMPUS DE LA UNIVERSIDAD DE
LEÓN: HISTOLOGÍA DE LOS TALLOS Y
RAÍCES DE *BRYONIA*, *MALVA*,
PLANTAGO, *RUBUS* Y *TARAXACUM*.
HISTOLOGICAL HERBARIUM FROM
THE CAMPUS OF THE UNIVERSITY OF
LEÓN: STEMS AND ROOTS
HISTOLOGY OF *BRYONIA*, *MALVA*,
PLANTAGO, *RUBUS* AND *TARAXACUM*.**

Autora: Cecilia Parro Arellano

GRADO EN BIOLOGÍA

Julio, 2021

ÍNDICE

Introducción	1
Características botánicas de las especies objeto de estudio.....	1
Sección transversal del tallo.....	1
Sección transversal de la raíz.....	3
Material y métodos	4
Técnica histológica.....	5
Resultados y discusiones	5
<i>Bryonia dioica</i>	6
Tallos.....	6
Raíz.....	8
<i>Malva sylvestris</i>	10
Tallos.....	10
Raíz.....	12
<i>Plantago lanceolata</i>	14
Tallos.....	14
Raíz.....	16
<i>Rubus ulmifolius</i>	18
Tallos.....	18
Raíz.....	20
<i>Taraxacum officinale</i>	22
Tallos.....	22
Raíz.....	24
Conclusiones	28
Referencias	29

RESUMEN.

El presente trabajo se ha centrado en la caracterización histológica del tallo y la raíz de cinco especies de dicotiledóneas recolectadas en el Campus de la Universidad de León: *Bryonia dioica*, *Malva sylvestris*, *Plantago lanceolata*, *Rubus ulmifolius* y *Taraxacum officinale*, con el objeto de complementar el trabajo de fin de grado relativo a las hojas de los mismos ejemplares, defendido por Brisamar Estebánez González en Julio de 2015. El material de estudio fue recolectado, procesado y depositado en el Herbario Histológico del campus de la Universidad de León por la misma autora para su posterior análisis. El estudio de los cortes se realizó atendiendo a las características generales y las características de los tejidos dérmico, fundamental y vascular, y fue posible gracias al manejo de los microscopios de campo claro, polarización y fluorescencia. Todos los cortes de tallo analizados mostraron crecimiento primario. Respecto a las secciones de la raíz, se detectaron variantes de las estructuras típicas del crecimiento primario en *P. lanceolata* y *T. officinale*, los cuales mostraron un crecimiento primario tardío debido a la ausencia de felógeno y el mantenimiento de la epidermis; *B. dioica*, *M. sylvestris* y *R. ulmifolius* presentaron crecimiento típicamente secundario.

Palabras clave. Caracterización histológica, dicotiledóneas, microscopio, tallo, raíz.

SUMMARY.

The present work has focused on the histological characterization of the stem and the root of five species of dicotyledons collected in the Campus of the University of León: *Bryonia dioica*, *Malva sylvestris*, *Plantago lanceolata*, *Rubus ulmifolius* and *Taraxacum officinale*, in order to complement the final degree project related to the leaves of the same specimens, defended by Brisamar Estebánez González in July 2015. The study material was collected, processed and deposited in the Histological Herbarium from the Campus of the University of Leon by the same author for its subsequent analysis. The study of the sections was carried out taking into account the general characteristics and characteristics of the dermal, fundamental and vascular tissues, and was possible thanks to the use of brightfield, polarization and fluorescence microscopes. All analyzed stem cuttings showed primary growth. Regarding the root sections, variants of the typical structures of primary growth were detected in *P. lanceolata* and *T. officinale*, which showed a late primary growth due to the absence of phellogen and the maintenance of the epidermis; *B. dioica*, *M. sylvestris* and *R. ulmifolius* showed typical secondary growth.

Key words. Dicotyledons, histological characterization, microscope, root, stem.

Abreviaturas

a: amiloplasto

bf: base foliar

C: córtex

c: costilla

ce: célula estomática

cf: cambium fascicular

cif: cambium interfascicular

Ci: cilindro vascular

cp: cripta subestomática

cq: colénquima

cr: placa cribosa

cs: célula secretora

cost: célula de sostén

ct: cutícula

cv: cambium vascular

cx: célula anexa

cz: cicatriz

d: drusa

ec: elemento criboso

en: endodermis

ep: epidermis

es: estoma

esb: epidermis suberificada

ev: elemento del vaso

F: floema

fd: felodermis

fg: felógeno

hv: haz vascular

l: lumen

la: laticífero

li: lílide

M: médula

mg: célula mucilaginoso

mv: meristemo vascular

o: ostiolo

p: punteadura

pa: parénquima aerífero

pax: parénquima axial

pb: procambium

pc: periciclo

pcl: parénquima clorofílico

pct: parénquima cortical

pd: peridermis

pe: peciolo

pm: parénquima medular

pr: parénquima de reserva

prd: parénquima radial

rf: rastro foliar

R.l: raíz lateral

rm: radio medular

sb: súber

sq: esclerénquima

sp: espacio

t: tricoma

tq: traquéida

X: xilema

Y: yema axilar

ZC: zona de crecimiento

Introducción

La histología surge en el siglo V a. C., cuando los filósofos describían empíricamente la conformación corporal de líquidos y humores (Duarte, 2015), entonces era meramente descriptiva. En la actualidad se relaciona con otras ciencias como la citología, bioquímica y genética.

El material del presente trabajo fue recolectado por Brisamar Estébanez González y consiste en un conjunto de cinco especies de dicotiledóneas: *Bryonia dioica* Jacq., *Malva sylvestris* L., *Plantago lanceolata* L., *Rubus ulmifolius* Schott, y *Taraxacum officinale* F. H. Wigg. Este TFG se ha centrado en la caracterización histológica de los tallos y raíces de las especies previamente mencionadas con el propósito de complementar el trabajo de fin de grado relativo a las hojas de los mismos ejemplares (Herbario histológico del Campus de la Universidad de León: Histología de las hojas de *Bryonia*, *Malva*, *Plantago*, *Rubus* y *Taraxacum*) defendido por Brisamar Estébanez González en Julio de 2015.

Características botánicas de las especies objeto de estudio.

Con el fin de amenizar la lectura se propone la descripción conjunta de las especies de estudio, donde se tratarán los siguientes aspectos: hábito, biotipo y morfología de tallos y raíces.

Todas las especies utilizadas en el estudio son herbáceas perennes, a excepción de *M. sylvestris* que también puede ser bienal; además, *B. dioica* ha sido catalogada como planta trepadora y *R. ulmifolius* como planta rastrera (Aizpuru *et al.*, 1999). La clasificación de las formas biológicas utiliza como modelo un modificado del sistema de Raunkier basado en el grado de protección de las yemas, y distingue tres grupos: geófitos (*B. dioica*), hemicriptófitos (*M. sylvestris*, *P. lanceolata* y *T. officinale*) y fanerófitos (*R. ulmifolius*) (Aizpuru *et al.*, 1999). La morfología que adoptan los tallos es muy variable: tallo fibroso trepador provisto de zarcillos (*B. dioica*), tallo erecto ramoso, de glabrescente a hispido (*M. sylvestris*), rizoma vertical (*P. lanceolata*), tallo aculeado escandente (*R. ulmifolius*) y tallo muy corto (*T. officinale*). Para entender las secciones del tallo de *P. lanceolata* y *T. officinale* es necesario comprender su filotaxia, siendo roseta basal. La morfología de la raíz de las especies objeto también es variada: raíz modificada en tubérculo (*B. dioica*) y raíz pivotante (*M. sylvestris*, *P. lanceolata*, *R. ulmifolius* y *T. officinale*) (Renobales & Sallés, 2001).

Sección transversal del tallo

El tejido dérmico y/o protector de los tallos de dicotiledóneas con crecimiento primario se corresponde a una epidermis generalmente uniseriada, formada por una fila de células a menudo cubiertas por una cutícula de grosor variable (Alonso, 2011). La epidermis se apoya en toda su extensión sobre el córtex que incluye tejidos de diferente naturaleza, predominando el parénquima de reserva (Megías *et al.*, 2018). Los haces vasculares del tallo se reparten en fascículos independientes a lo largo del corte y se disponen en un círculo, lo que indica el grupo de plantas al que pertenece, una dicotiledónea o una gimnosperma (Megías *et al.*, 2018). Las diferentes tipologías de los haces vasculares son específicos de cada taxón, así como la disposición que adopta el floema y el xilema en el haz vascular. El cilindro vascular tiene una gran importancia en cuanto al establecimiento de filogenias, Alonso (2011) relaciona la continuidad del cilindro vascular con modelos menos evolucionados y la dispersión de los haces vasculares con modelos más evolucionados, monocotiledóneas y algunas dicotiledóneas herbáceas. El término estela es utilizado por muchos autores con el objeto de evidenciar las similitudes entre las estructuras de la raíz y el tallo, e incluye el periciclo, los tejidos vasculares y si hubiere, la médula. Alonso (2011) organiza los tipos de estela en tres grandes grupos: protoestela (cilindro macizo de xilema rodeado por floema), sifonoestela (cilindro de médula rodeado por el xilema y el floema) y eustela (fascículos independientes de xilema y floema separados por tejido parenquimático), y asigna el tipo eustela a los grupos de gimnospermas y dicotiledóneas.

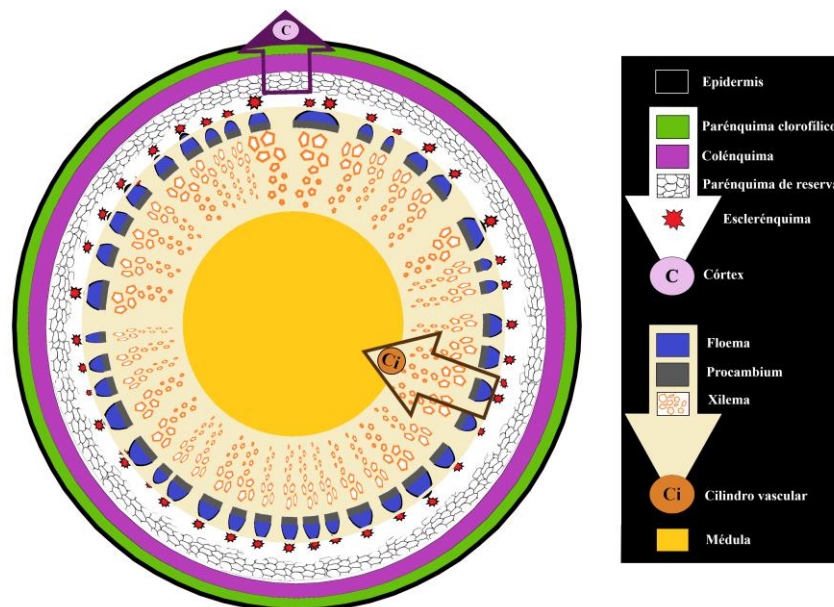


Figura 1. Esquematación de la sección transversal del tallo con crecimiento primario de *M. sylvestris*. Elaboración propia.

Sección transversal de la raíz

El crecimiento primario de la raíz de dicotiledóneas se caracteriza por la presencia de epidermis, habitualmente cubierta por una fina cutícula (Megías *et al.*, 2018). Adyacente a la epidermis se desarrolla el córtex fundamentalmente parenquimático, donde destaca la presencia de parénquima de reserva frente a cualquier otro tipo, y concluye en una endodermis bien definida que delimita el cilindro vascular (Megías *et al.*, 2018). La fila de células situadas debajo de la endodermis con aspecto parenquimático constituye el periciclo e interviene en el desarrollo de las raíces laterales (Alonso, 2011). Generalmente, el periciclo típico de dicotiledóneas es uniseriado, sin embargo, hay algunos géneros (*Salix*) en los que es pluriseriado (Alonso, 2011). En raíces con crecimiento primario el xilema y el floema adoptan una disposición radial, contraria a la disposición colateral típica de tallos con el mismo desarrollo, y presentan una maduración centripeta (Evert, 2008) en la que el tejido vascular se diferencia desde el exterior hacia el interior. De esta forma, el protofloema y el protoxilema quedan externamente y los elementos más diferenciados quedan en la parte interna (Alonso, 2011).

El crecimiento secundario es típico de la raíz principal y las laterales más grandes de gimnospermas y dicotiledóneas, y provoca el crecimiento en grosor de las raíces y la pérdida de los tejidos primarios como la epidermis y el córtex, incluyendo la endodermis (Megías *et al.*, 2018). En las raíces son frecuentes las formas transicionales, Megías *et al.* (2018) hace una distinción atendiendo al grado de desarrollo del crecimiento secundario: las menos desarrolladas presentan una epidermis y un córtex formado por tejido parenquimático y en las más desarrolladas, la epidermis y el córtex se sustituyen por la peridermis. La peridermis se forma a partir felógeno que forma suber hacia fuera y felodermis hacia dentro (Alonso, 2011) y se apoya sobre un córtex fundamentalmente parenquimático, reducido en raíces con crecimiento secundario avanzado. El cilindro vascular típicamente se compone de haces vasculares colaterales, donde el cambium vascular origina floema secundario hacia el exterior y xilema secundario hacia el interior (Alonso, 2011). Cuando se tratan órganos con crecimiento secundario habitualmente se hace una distinción entre xilema primario y secundario y floema primario y secundario con el objeto de determinar su origen. En el floema, el desarrollo del floema secundario separa el floema primario resultante del crecimiento primario del cambium vascular. En el xilema sucede algo similar, el desarrollo del xilema secundario impulsa los componentes del xilema primario hacia el interior de la sección. (Megías *et al.*, 2018).

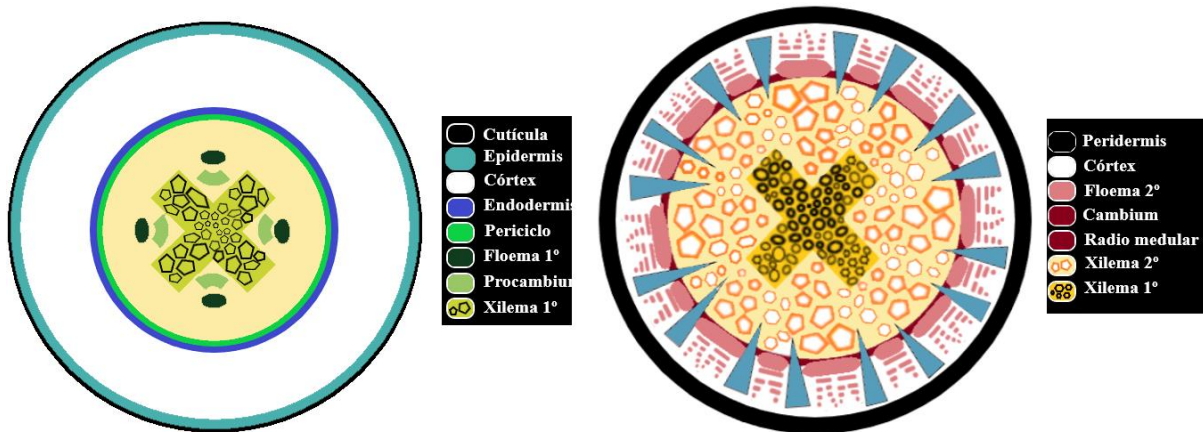


Figura 2. Esquema de la sección transversal de una raíz típica de dicotiledónea. A la izquierda una raíz de crecimiento primario y a la derecha una raíz con crecimiento secundario. Elaboración propia.

Material y métodos

El procesamiento de las muestras de estudio y su recolección datan de 2014, con Brisamar Estébanez González como autora y responsable.

En la colecta se recogieron los ejemplares al completo, con el propósito de lograr preparaciones histológicas de los órganos vegetativos: raíz, tallo y hojas; siendo este último objeto de su TFG, defendido en Julio de 2015. Un extracto del mismo fue publicado en la revista *Ambiociencias* (Estébanez & Álvarez, 2015).

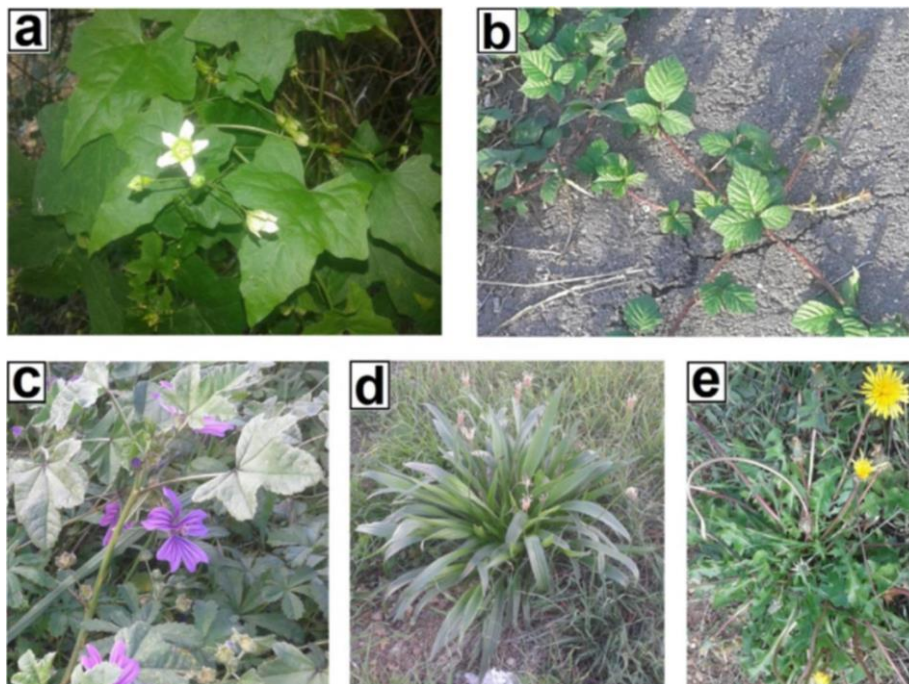


Figura 3. Plantas objeto de estudio, tomadas en el campus de la Universidad de León. **a** *B. dioica*. **b** *R. ulmifolius*. **c** *M. sylvestris*. **d** *P. lanceolata*. **e** *T. officinale*. Tomado del TFG de Estébanez (2015).

Técnica histológica

El trabajo de campo se realizó durante la última semana de Septiembre (2014) y consistió en la colecta de cinco ejemplares de cinco especies en el Campus de la Universidad de León (42° 36' 35.68"N/ 5° 33' 35,57" W): *Bryonia dioica* (Figura 3a), *Malva sylvestris* (Figura 3c), *Plantago lanceolata* (Figura 3d), *Rubus ulmifolius* (Figura 3b) y *Taraxacum officinale* (Figura 3e).

El material biológico reunido fue seleccionado y fijado en FAA durante 24 h (formaldehído – ácido acético – alcohol etílico de 70°) (Estébanez, 2015).

Se incluyeron de 1 a 3 muestras de cada especie y órgano vegetativo (hoja, raíz y tallo). Se deshidrataron en serie creciente de alcoholes y se sumergieron en isomilo de acetato (75 min), seguidamente se impregnaron en Paraplast® (90 min) y, utilizando las barras Leuckart como molde, se cofecionaron los bloques.

Los bloques fueron cortados usando el microtomo rotatorio de parafina LEITZ 1512, de esta forma, se consiguieron cortes seriados de 12 µm de grosor. Se obtuvieron 6 portaobjetos por bloque, con 3-5 cortes por portaobjetos.

Los cortes resultantes fueron desparafinados y rehidratados para proceder con su tinción. Las muestras fueron sometidas a dos tratamientos diferentes: tinción de rutina (Safranina-Verde Rápido) empleada en los portaobjetos impares (1, 3 y 5), y Lugol (portaobjetos 2), utilizado en el reconocimiento de almidón y tejidos lignificados. El portaobjetos 4 se montó sin teñir y el portaobjetos 6 se reservó. Seguidamente, las preparaciones fueron deshidratadas y montadas permanentemente, utilizando Entellan® como medio de montaje (Estébanez, 2015).

Resultados y discusiones

El estudio se realizó atendiendo a: (1) características generales, incluyendo presencia de tricomas e inclusiones; (2) características del tejido dérmico; (3) características del tejido fundamental; y (4) características tejido vascular.

Este apartado se plantea en forma de láminas, las impares se corresponden al tallo y las pares a la raíz, acompañadas por un pie de lámina y una breve discusión relativa a la lámina en cuestión. Finalmente se dispone la Tabla 1 y la Tabla 2, con el objeto de recopilar las observaciones simplificadas del tallo y la raíz, respectivamente.

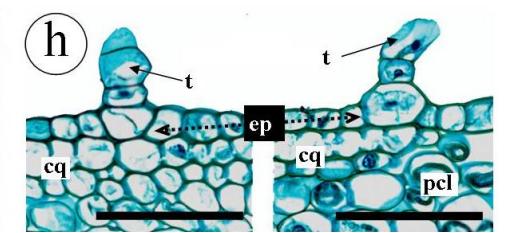
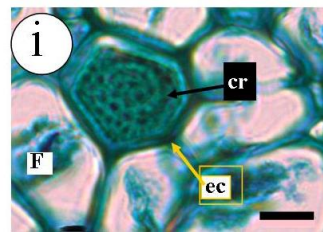
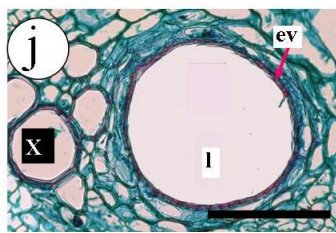
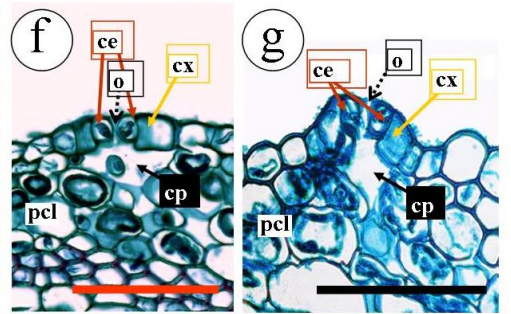
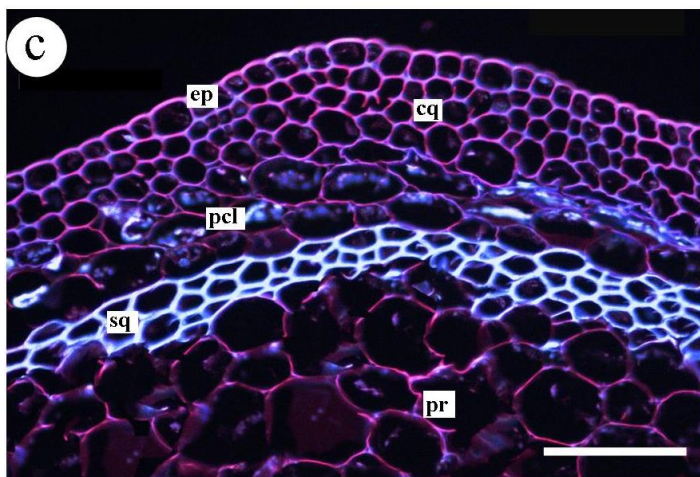
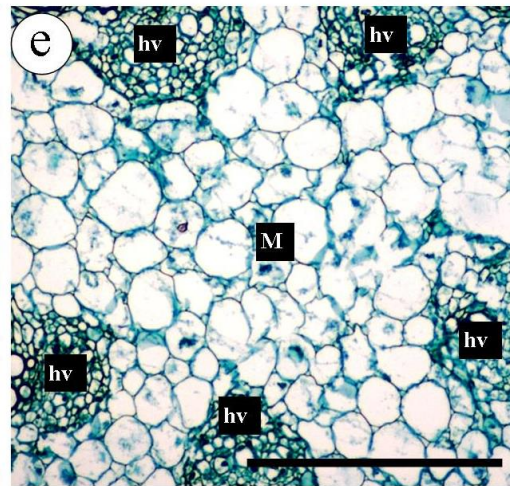
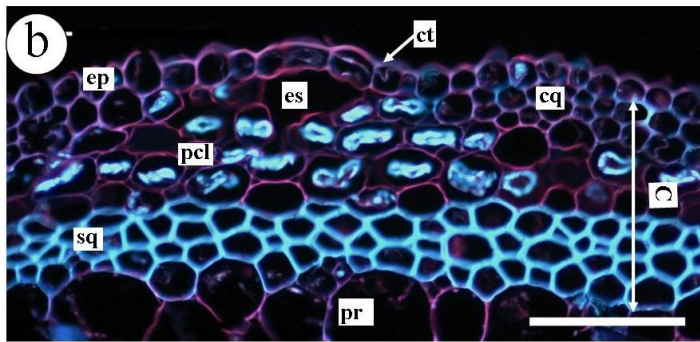
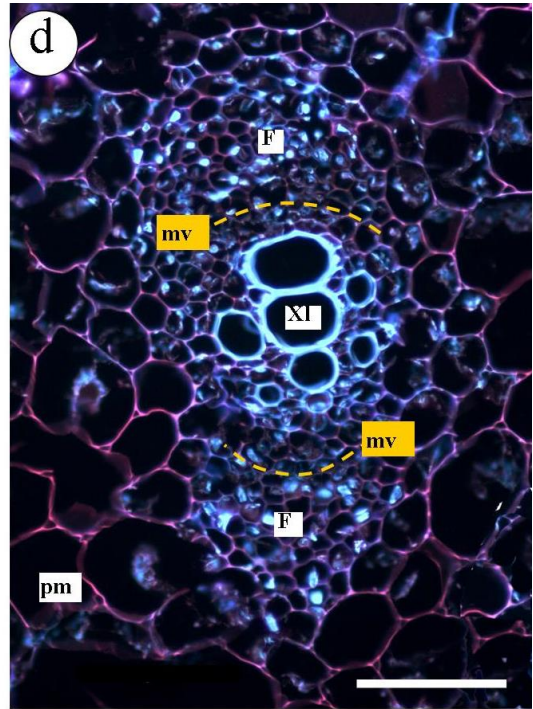
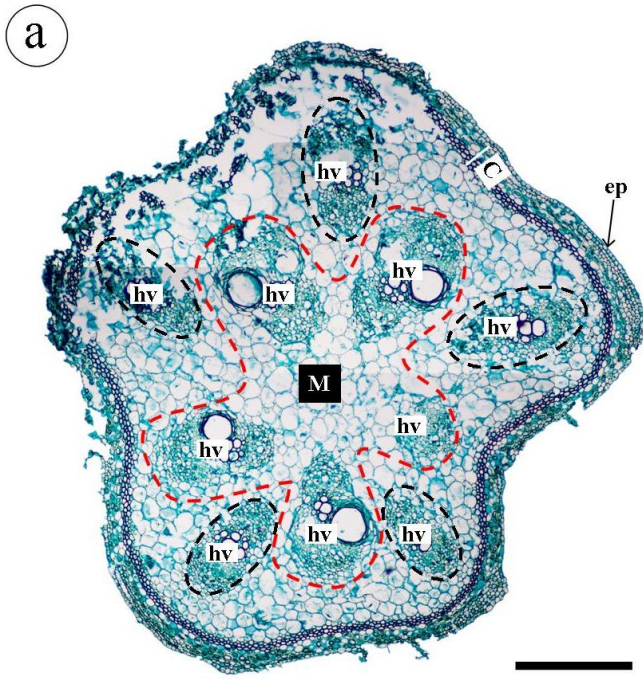


Lámina 1. Tallo de *B. dioica*. **a** Aspecto general. La sección del tallo presenta crecimiento primario y tiene forma pentagonal, donde cada vértice corresponde a una costilla. **b, c** Epidermis y córtex. Obsérvese una epidermis (ep) uniseriada cubierta en toda su extensión por una cutícula (ct). Adyacente a la epidermis se encuentra el córtex (C), formado por la sucesión de diferentes tejidos: 1/ colénquima laminar (cq), estrato más externo de 2-3 células de profundidad a menudo interrumpido por parénquima clorofílico lagunar, 2/ parénquima clorofílico lagunar (pcl) y 3/ anillo continuo de esclerénquima (sq). El estrato colenquimático es mucho más notable en las costillas que en los lados. **d**, Haz vascular. El eje de la planta se ajusta a una estela de tipo eustela biclateral, donde los haces vasculares (hv) son biclaterales y están separados por anchas tiras de tejido parenquimático. El xilema (X) y el floema (F) comprenden, respectivamente, el centro y los extremos de los fascículos vasculares biclaterales, y están divididos por una fila de células meristemáticas compactas que forman el meristemo vascular (mv). **e** Médula. Obsérvese la médula (M) formada por parénquima de reserva (pr), con células parenquimáticas de grandes dimensiones. **f, g** Estoma. Presencia de estomas al mismo nivel o ligeramente elevados sobre el nivel general de la epidermis. **h** Tricoma glandular. **i** Elemento criboso. Obsérvese la placa cribosa simple expuesta en la cara terminal del elemento criboso. **j** Elemento del vaso. Los elementos de los vasos de los haces vasculares centrales muestran un lumen (l) amplio. Tinciones. **a, e-j** Safranina-Verde Rápido. Microscopios. **a, e-j** Microscopio óptico de campo claro. **b-d** Microscopio de fluorescencia. Abreviaturas: C: córtex; ce: célula estomática; cp: cripta subestomática; cq: colénquima; cr: placa cribosa; ct: cutícula; cx: célula anexa; ec: elemento criboso; ep: epidermis; es: estoma; ev: elemento del vaso; F: floema; hv: haz vascular; l: lumen; M: médula; mv: meristemo vascular; o: ostiolo; pcl: parénquima clorofílico; pm: parénquima medular; pr: parénquima de reserva; sq: esclerénquima; t: tricoma; X: xilema. Escalas. **a, e** = 500 μ m; **b-d, f-h, j** = 100 μ m; **i** = 5 μ m.

El contorno del tallo de *B. dioica* se describe generalmente como anguloso, con colénquima en las costillas (Metcalf & Chalk, 1950). Los estomas descritos coinciden con las anotaciones de Zimmerman (1922) respecto a los estomas típicos de la familia Curcubitaceae. Incluimos, por tanto, los estomas de *Bryonia* en el conjunto de estomas al mismo nivel o ligeramente elevados sobre el nivel general de la epidermis. La configuración del córtex incluye una porción de colénquima, a veces interrumpido por parches de parénquima clorofílico, en los cortes la interrupción del colénquima está asociada a la presencia de estomas, siendo evidente la asociación entre el parénquima clorofílico y los elementos estomáticos. Fourcroy (1943) se refiere a esta interrupción como islas de colénquima subepidérmico rodeadas por parénquima clorofílico. El anillo continuo de esclerénquima revela el tiempo de vida de las muestras, de acuerdo a Metcalf & Chalk (1950) el desarrollo secundario resulta en la distorsión de esta estructura. La disposición de los haces vasculares es constante y consiste en 10 haces vasculares biclaterales separados por tejido parenquimático, y distribuidos en dos círculos concéntricos: 5 haces periféricos y 5 haces centrales predominantes (Bouvrain, 1943). Los haces vasculares mantienen la secuencia floema-xilema-floema, donde los elementos cribosos de floema están definidos, con placas cribosas llamativas, y los elementos de los vasos, principalmente de los haces vasculares centrales, presentan un lumen muy dilatado. La ausencia de elementos secretores e inclusiones cristalinas es habitual en las curcubitáceas (Metcalf & Chalk, 1950).

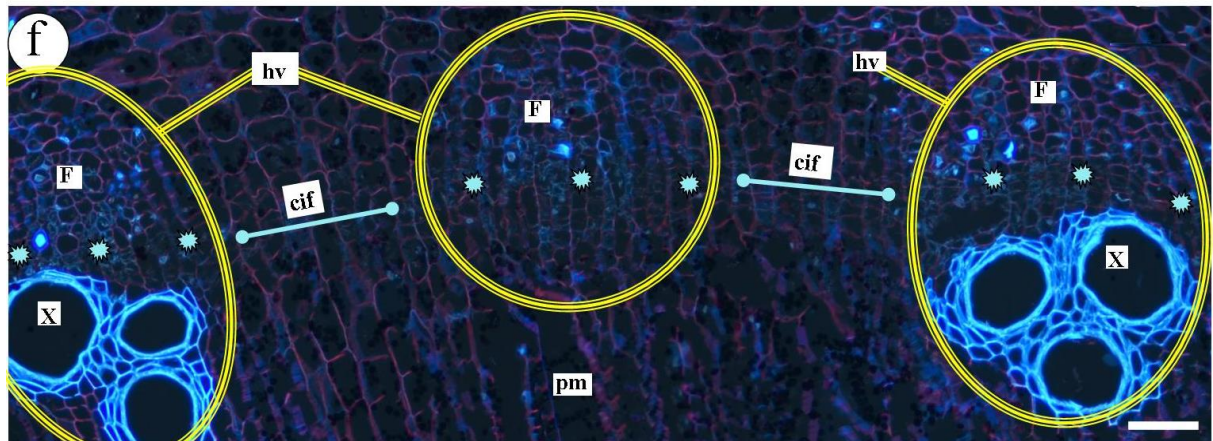
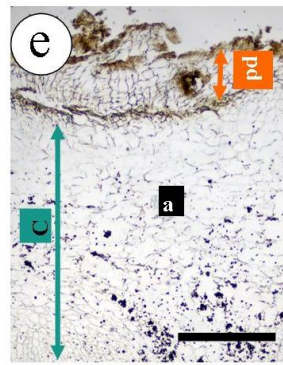
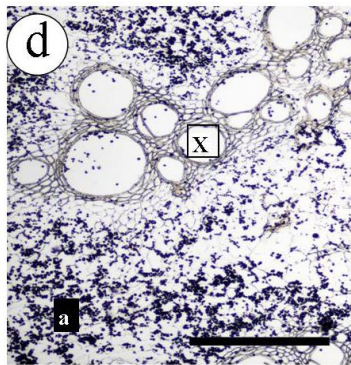
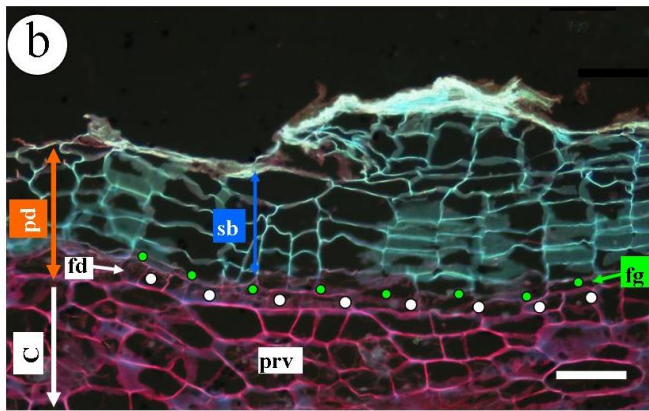
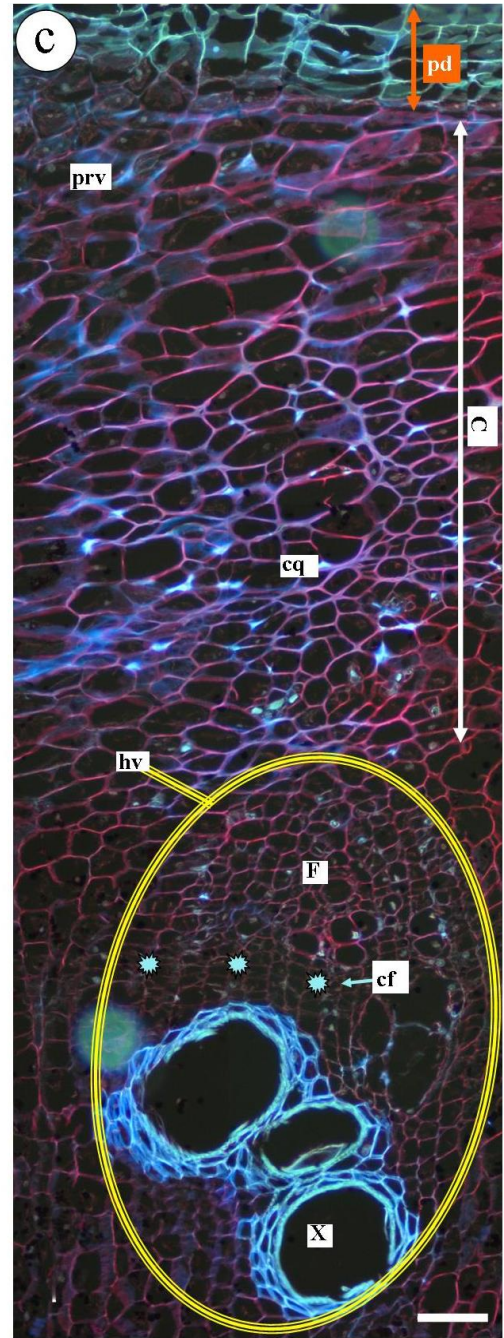
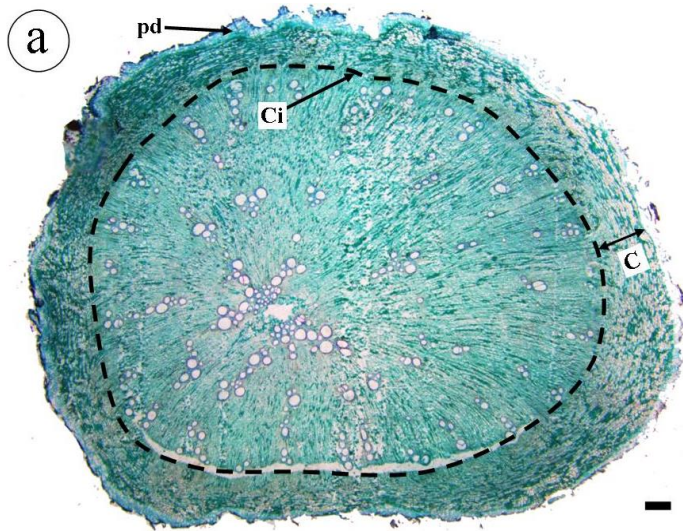


Lámina 2. Raíz de *B. dioica*. **a** Aspecto general. La sección de la raíz tiene contorno circular y presenta crecimiento secundario debido a la actividad del felógeno y el cambium vascular. **b** Peridermis y córtex. La peridermis está formada por varias capas de súber (sb) dispuestas superficialmente y apoyadas sobre una fila de células compactas que forman el felógeno (fg), que a su vez lo separa de la felodermis (fd). El córtex (C) se compone en casi toda su extensión de parénquima de reserva (pr), aunque es habitual la presencia de colénquima (cq) sobre los haces vasculares. **c, f** Cilindro vascular. Un anillo bien definido de células cambiales (cv) mantiene la separación típica entre el floema (F) y el xilema (X), además de interconectar los haces conductores colindantes. El tejido vascular se compone de cordones floemáticos dispuestos externamente, culminando los haces vasculares colaterales (hv), y vasos del xilema que se organizan radialmente a lo largo del eje de la sección. **d, e** Inclusiones. Obsérvense los amiloplastos (a) en el parénquima medular y cortical, respectivamente. Tinciones. **a** Safranina-Verde Rápido. **d, e** Lugol. Microscopios. **a** Lupa. **b, c, f** Microscopio de fluorescencia. **d, e** Microscopio óptico de campo claro. Abreviaturas: *a*: amiloplasto; *C*: córtex; *cf*: cambium fascicular; *cif*: cambium interfascicular; *Ci*: cilindro vascular; *cq*: colénquima; *cv*: cambium vascular; *F*: floema; *fd*: felodermis; *fg*: felógeno; *hv*: haz vascular; *pd*: peridermis; *pm*: parénquima medular; *pr*: parénquima de reserva; *sb*: súber; *X*: xilema. Escalas. **a-c, f** = 100 µm; **d, e** = 500 µm.

Al igual que las secciones transversales de *B. alba* analizados por Rus *et al.* (2015), los cortes estudiados tienen un contorno circular y presentan una transición hacia una estructura anatómica secundaria. Tanto descripciones propias del taxón como la de individuos del género coinciden en la presencia de una peridermis bien definida; Hather (1988) ha llegado a registrar peridermis de hasta aproximadamente 150 µm. Más internamente se encuentra el córtex, que debido a las dimensiones de los cortes se le califica como pequeño, y está formado por células ovoides alargadas tangencialmente (Hather, 1988). La estructura del cilindro vascular de *B. dioica* es comparable a la de otros individuos del género (*B. alba*); de acuerdo a Rus *et al.* (2015), el cilindro vascular consiste en haces vasculares simples dispuestos en estrella, con lo que evidencia la continuación de los radios medulares y la formación del cambium vascular. Los cortes analizados presentan haces vasculares de tipo colateral organizados radialmente a lo largo del eje, cuya estructura es la típica: el xilema se dispone en la parte interna y se separa del floema por la presencia del cambium vascular (Alonso, 2011). Hather (1988) destaca la intromisión de las fibras floemáticas en la peridermis en forma de “*estructuras triangulares que se alejan del cambium*”, inexistente en las preparaciones. Los autores anteriormente referenciados disienten respecto a la continuidad del anillo cambial, las secciones estudiadas se aproximan más a la condición de continuo pudiendo diferenciar las regiones fasciculares de las interfasciculares. Los vasos del xilema, con lumen poligonal (Hather, 1988), se extienden en forma de radios y se separan entre sí por la formación de los radios medulares de paredes celulósicas (Rus *et al.*, 2015). El empleo de lugol para el reconocimiento de almidón destacó la abundante carga de amiloplastos en el córtex y la médula; de acuerdo a Alonso (2011), esta característica es frecuente en semillas, tubérculos y radios de la madera.

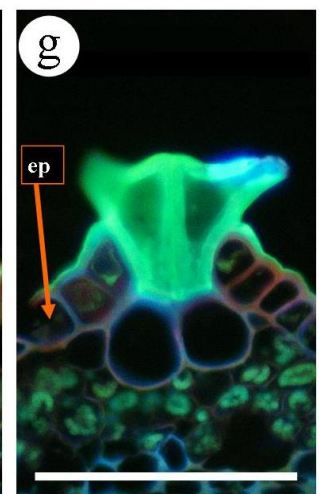
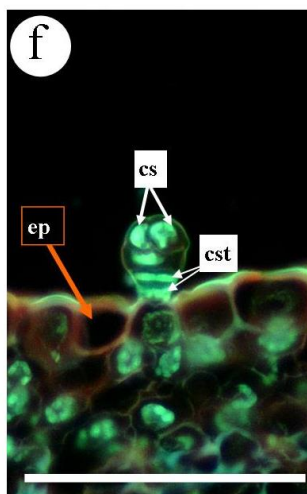
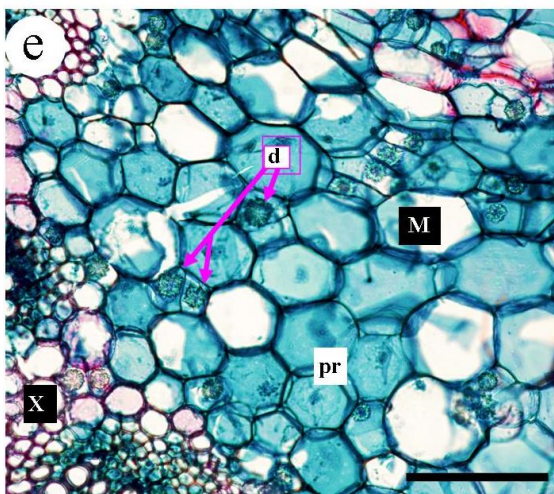
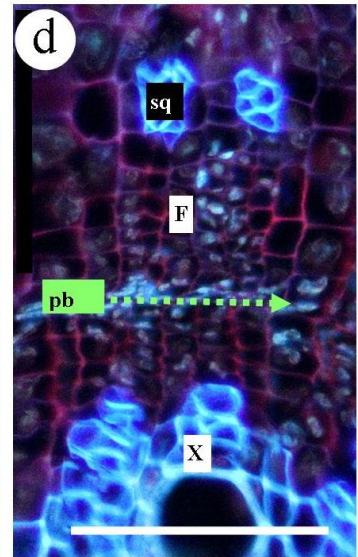
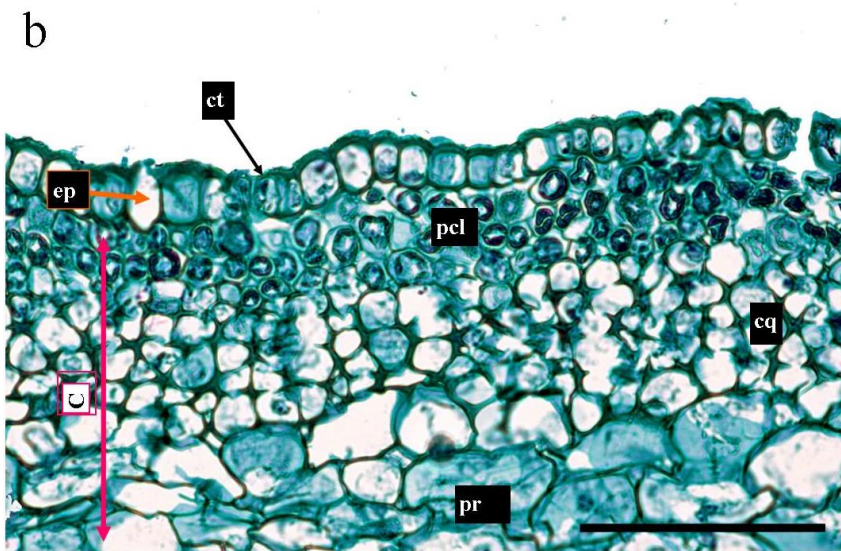
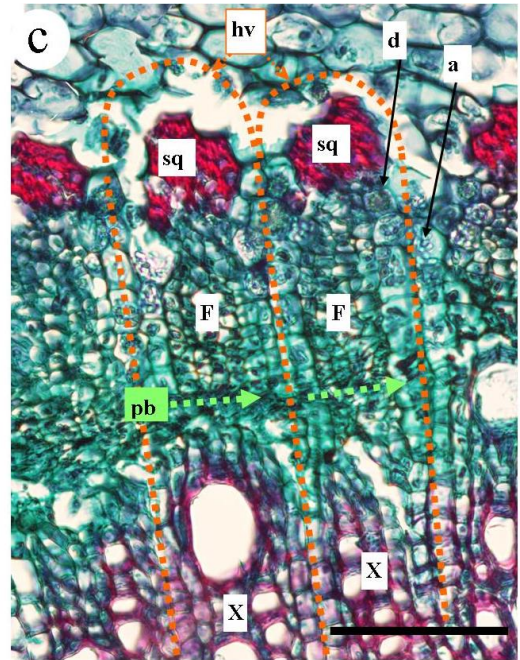
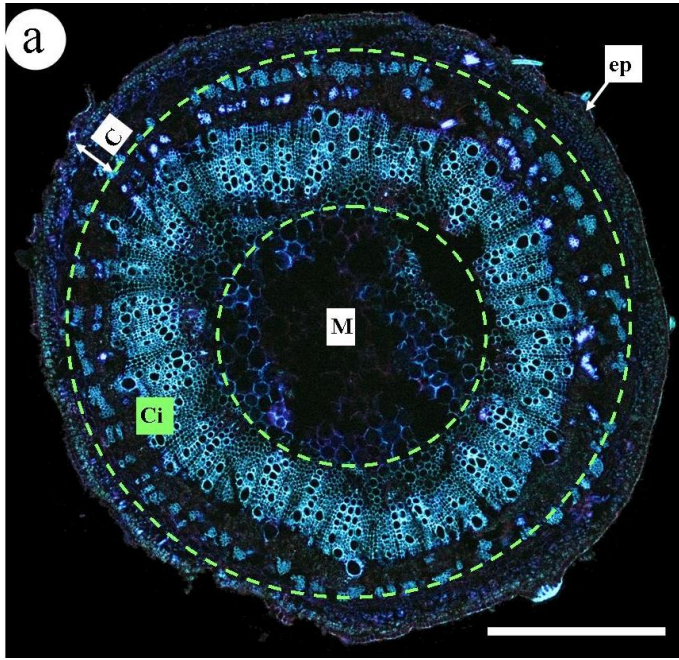


Lámina 3. Tallo de *M. sylvestris*. **a**, Aspecto general. La sección tiene forma circular y presenta crecimiento primario. **b**, Epidermis y córtex. La epidermis (ep) está formada por una sola fila de células prismáticas rodeada por una gruesa y lisa cutícula (ct). Subyacente a la epidermis está el córtex (C), que se compone de diferentes estratos: 1/ parénquima clorofílico lagunar (pcl), estrato más superficial de células poligonales con abundantes cloroplastos, 2/ colénquima angular (cq), de 3 células de grosor, 3/ parénquima de reserva (pr). **c, d** Cilindro vascular. El eje central del corte se ajusta a una estela de tipo eustela colateral debido a la sucesión en anillo de los haces vasculares de tipo colateral. En los haces vasculares el floema (F), dispuesto hacia el exterior, se separa del xilema (X) por tres filas de células compactas rectangulares que conforman el procambium (pb). Obsérvense las fibras de esclerénquima (sq) apoyadas en el floema. **e**, Médula. La médula (M) está formada por parénquima de reserva (pr), con células parenquimáticas redondeadas, grandes y de paredes delgadas. **f, g** Tricoma. Nótese la presencia de tricomas glandulares capitados y tricomas no glandulares estrellados, respectivamente, en la epidermis unicelular. Tinciones. **b, c, e** Safranina-Verde Rápido. Microscopios. **a, d, f, g** Microscopio de fluorescencia. **b, c, e** Microscopio óptico de campo claro. Abreviaturas: *a*: amiloplasto; *C*: córtex; *Ci*: cilindro vascular; *cs*: célula secretora; *csf*: célula de sostén; *ct*: cutícula; *d*: drusa; *ep*: epidermis; *F*: floema; *hv*: haz vascular; *M*: médula; *pb*: procambium; *pcl*: parénquima clorofílico; *sq*: esclerénquima; *X*: xilema. Escalas. **a** = 500 µm; **b-g** = 100 µm.

La configuración de los cortes se ajusta en muchos aspectos a la descripción de *Abutilon ranadei* (Malvaceae) descrito por Guvenc *et al.* (2003). La epidermis uniseriada se compone de una fila de células isodiamétricas, generalmente cubierta por una fina y lisa cutícula (Guvenc *et al.*, 2003), y presenta una serie de tricomas similares a los registrados en la hoja; Romitelli & Martins (2013) hacen una distinción entre tricomas glandulares capitados y no glandulares estrellados con más de una rama, mientras que Estébanez (2015) distingue tricomas glandulares y no glandulares. El córtex es inmediatamente inferior a la epidermis y lo forma la sucesión de parénquima clorofílico, colénquima y parénquima de reserva; Ganea *et al.* (2019) destacan los gránulos de almidón en las capas más profundas del parénquima cortical y los radios medulares y Metcalfe & Chalk (1950) los cristales de racimo en la corteza. También son frecuentes los cristales de racimo en el floema, los radios medulares y médula. La estructura del cilindro vascular se adapta a la descripción general de la familia Malvaceae (Metcalfe & Chalk, 1950): 1/ fibras de esclerénquima en forma de grupos externos al floema, 2/ floema de hebras triangulares poco definidas y 3/ anillo continuo de xilema frecuentemente interrumpido por la continuación de los radios medulares triangulares; la base de los radios medulares también se interpone entre los grupos del floema. Todos los autores coinciden en la médula fundamentalmente parenquimática, de células parenquimáticas grandes y de paredes delgadas. Además, son habituales las células y las cavidades mucilaginosas en el córtex y en la médula (Metcalfe & Chalk, 1950), aunque no se han determinado en los cortes.

-

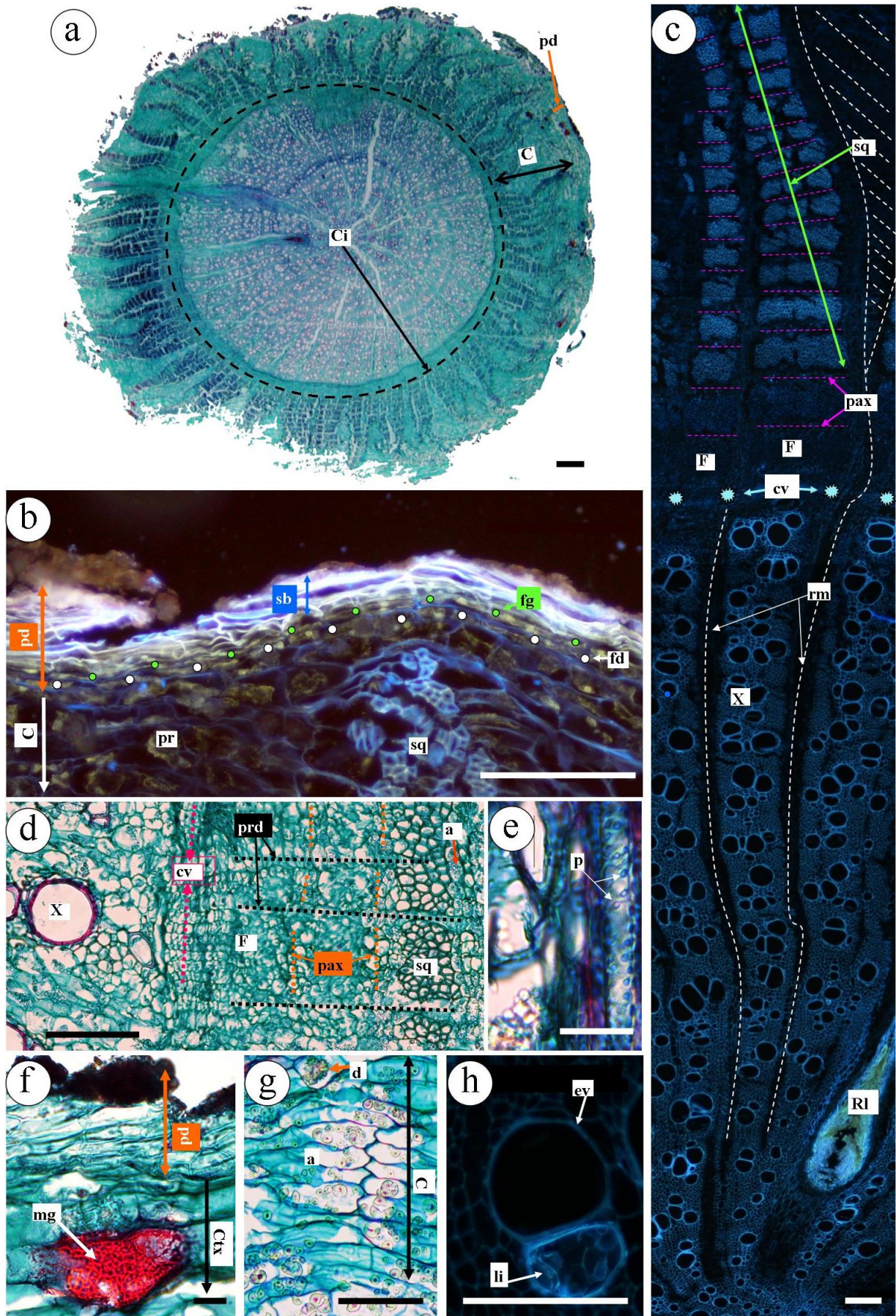


Lámina 4. Raíz de *M. sylvestris*. **a** Aspecto general. La sección tiene contorno circular y presenta crecimiento secundario debido a la actividad del felógeno y el cambium vascular. **b** Peridermis y córtex. La peridermis (pd) está formada por varias capas de súber (sb) dispuestas superficialmente, una fina felodermis (fd) de células parenquimáticas rectangulares y el felógeno, que mantiene la separación entre los dos estratos anteriores. Más internamente se observa el córtex (C) constituido fundamentalmente por un parénquima de reserva a menudo interrumpido por las agrupaciones de fibras floemáticas (sq). **c** Sistema fundamental. Obsérvese la disposición de las bandas de fibras floemáticas separadas tangencialmente entre sí por varias capas de parénquima axial (pax) y radialmente por células del parénquima radial (prd). La continuación de los radios medulares (rm) alcanza el córtex, donde se expanden y separan el esclerénquima. **d** Cilindro vascular. Las agrupaciones piramidales esclerenquimáticas descansan sobre el floema (F), adyacente al floema hay una capa estratificada de células cambiales que lo separa del xilema (X). **e** Xilema. Punteaduras simples en las paredes tangenciales de las traquéidas. **f** Células secretoras. Presencia de células mucilaginosas (mg) en el córtex. **g** Inclusiones. Obsérvense drusas (d) de gran tamaño en el córtex y abundantes amiloplastos (a) en el parénquima cortical y medular. **h** Tílide (li). Tinciones. **a, d-g** Safranina-Verde Rápido. Microscopios. **a** Lupa. **b, c, h** Microscopio de fluorescencia. **d, e-g** Microscopio óptico de campo claro. Abreviaturas: *a*: amiloplasto; *Ci*: cilindro vascular; *cv*: cambium vascular; *d*: drusa; *ev*: elemento del vaso; *F*: floema; *fd*: felodermis; *fg*: felógeno; *li*: tílide; *mg*: célula mucilaginosa; *p*: punteadura; *pax*: parénquima axial; *pd*: peridermis; *pr*: parénquima de reserva; *prd*: parénquima radial; *R.l*: raíz lateral; *rm*: radio medular; *sb*: súber; *sq*: esclerénquima; *X*: xilema. Escalas. **a-d, g, h** = 100 µm; **e, f** = 10 µm.

La discusión de la raíz de *M. sylvestris* se apoya, en gran medida, en estudios referentes a otros géneros de la familia (Malvaceae). Los cortes presentaron un contorno circular y, a diferencia de la epidermis unicelular de células rectangulares suberificadas descrita en de *Abutilon ranadei* por Guvenc *et al.* (2003), mostraron una peridermis definida, pudiendo diferenciar las partes que lo forman: 1/ súber, 2/ felógeno y 3/ felodermis. De acuerdo a Evert (2008), la peridermis es una estructura típica de dicotiledóneas y sustituye a la epidermis en raíces y tallos de crecimiento secundario. El córtex se ajusta en muchos aspectos a las descripciones relativas a *A. ranadei* y se constituye de células parenquimáticas de paredes delgadas con abundantes amiloplastos y cristales en racimo; además, son habituales las infiltraciones de fibras de esclerénquima organizadas en torres triangulares y las células mucilaginosas, siendo esto último contrario a la bibliografía. (Guvenc *et al.*, 2003). De acuerdo con la definición del cilindro vascular de Alonso (2011), el eje de la sección se forma por el conjunto de tejido vascular y fundamental. En el cilindro vascular, el floema es externo y se separa del xilema, dispuesto radialmente, por un cambium bien definido; la continuidad del cilindro a menudo se ve comprometida por el desarrollo de los radios medulares (Guvenc *et al.*, 2003). De acuerdo a Metcalfe & Chalk (1950), la obstrucción de los vasos del xilema por la emergencia de tílides conspicuas es habitual en algunos géneros de la familia como *Gossypium*; en los cortes se localizan en los vasos más internos del xilema.

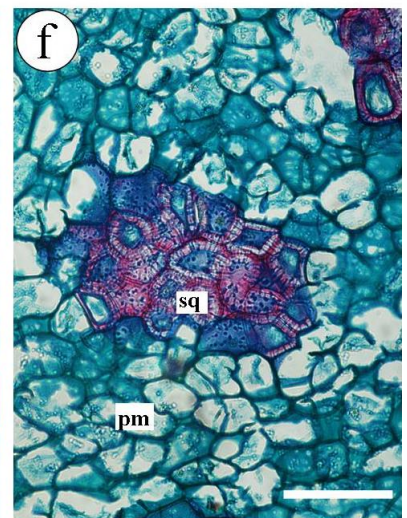
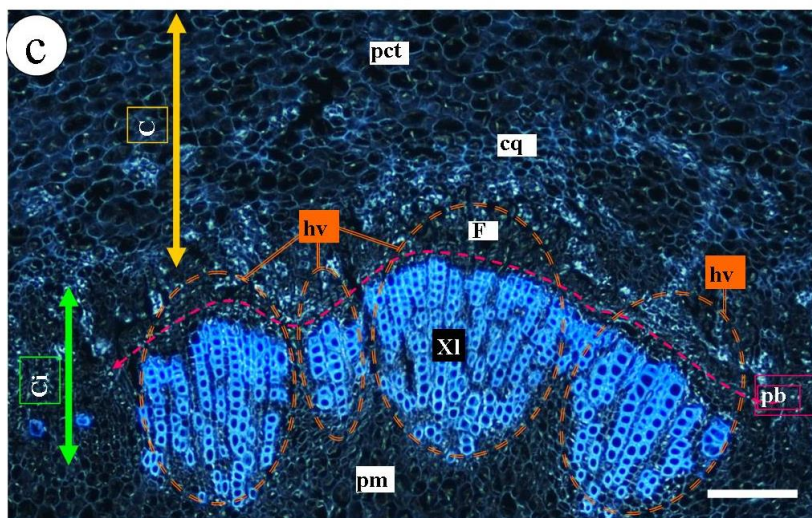
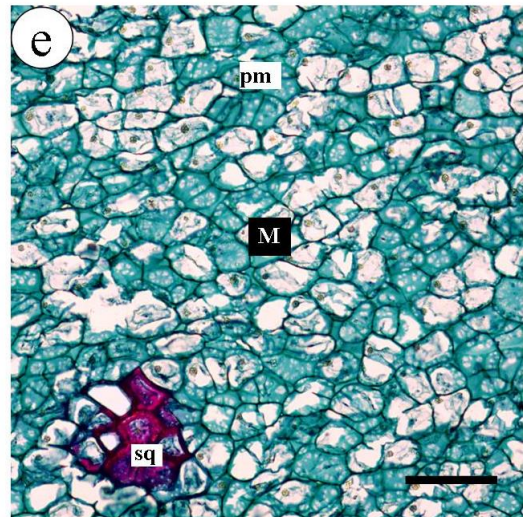
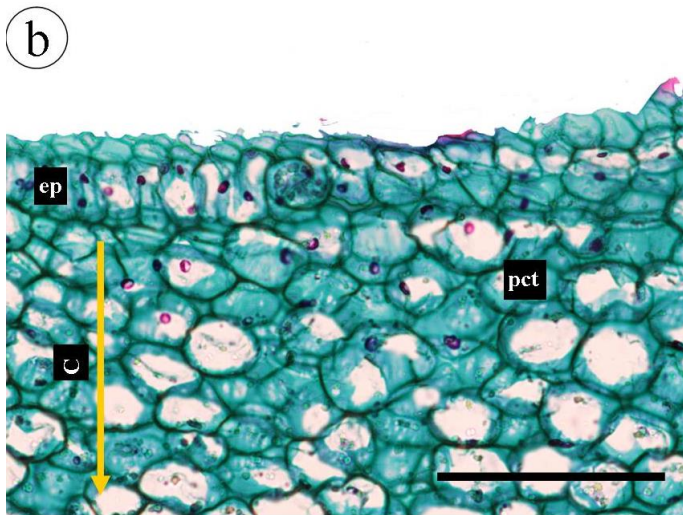
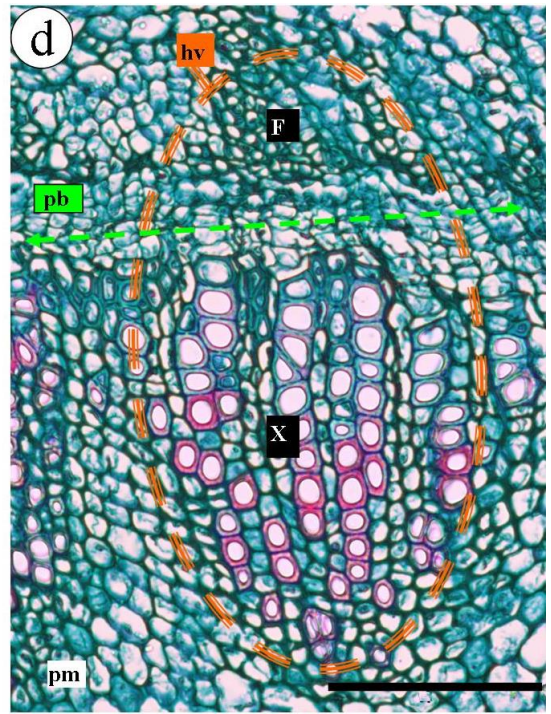
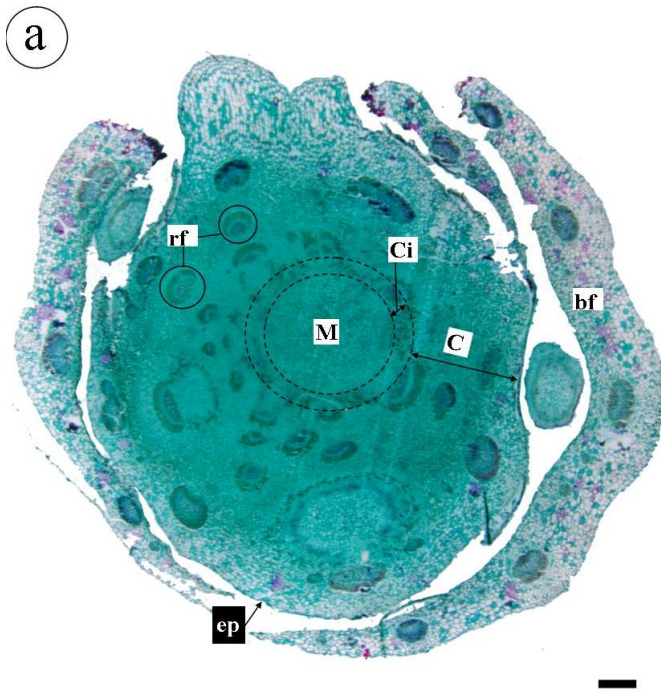


Lámina 5. Tallo de *P. lanceolata*. **a**, Aspecto general. La sección tiene forma circular y presenta crecimiento primario. La disposición que adoptan las bases foliares alrededor del tallo justifica la filotaxia típica del género, correspondiendo a una roseta basal. **b** Epidermis y córtex. La epidermis (ep) es uniseriada y está cubierta por una fina cutícula (ct). Adyacente a la epidermis está el córtex (C) fundamentalmente parenquimático, formado por parénquima de reserva (pr) y colénquima anular (cq), y dispuesto sobre los haces vasculares (hv) colaterales. **c, d** Cilindro vascular. Los haces vasculares son colaterales y su estructura consiste en floema (F) orientado hacia el exterior y separado de la masa xilemática (X) por la presencia del procambium (pb), formado por células con morfología irregular generalmente compactas. El conjunto de los haces vasculares colaterales y la médula constituyen la estela de tipo eustela colateral. **e** Médula. Células poligonales forman el parénquima medular, donde surgen agrupaciones puntuales esclerenquimáticas (sq) integradas por braquiescleréidas de gran tamaño. **f** Braquiescleréidas. Tinciones. **a, b, d-f** Safranina-Verde Rápido. Microscopios. **a** Lupa. **b, d-f** Microscopio óptico de campo claro. **c**, Microscopio de fluorescencia. Abreviaturas: *bf*: base foliar; *C*: córtex; *Ci*: cilindro vascular; *cq*: colénquima; *ep*: epidermis; *F*: floema; *hv*: haz vascular; *M*: médula; *pb*: procambium; *pct*: parénquima cortical; *pm*: parénquima medular; *pr*: parénquima de reserva; *rf*: rastro foliar; *sq*: esclerenquima; *X*: xilema. Escalas. **a-f** = 100 μ m.

La sección transversal del eje de *P. lanceolata* tiene forma circular. El sistema dérmico de los cortes coincide con la descripción de Hamed *et al.* (2014), observándose una epidermis uniseriada cubierta por una fina cutícula; también hace alusión a la presencia de tricomas no glandulares, ausentes en los cortes. La corteza a menudo consta de células redondas de paredes delgadas (Metcalf & Chalk, 1950); la ausencia de parénquima clorofílico y esclerenquima en el córtex difiere con la caracterización de Hamed *et al.* (2014). Muchos autores defienden la presencia de una endodermis bien definida e incluso con engrosamientos de la banda de Caspary tanto en el propio taxón (Hamed *et al.*, 2014) como en individuos del mismo género (*P. cynops*) (Metcalf & Chalk, 1950). Además, Metcalf & Chalk (1950) han reconocido la presencia de periciclo en tallos de especies del mismo género (*P. cynops*) y espesamientos en las paredes de las células limítrofes entre el córtex y el floema (*P. atrata*, *P. major* y *P. media*). Los resultados no indican la presencia de endodermis ni periciclo, sin embargo, el engrosamiento de las paredes de las células del colénquima es similar al descrito por Metcalf & Chalk (1950). El colénquima observado en las preparaciones difiere con la idea de que las muestras correspondan a un rizoma grueso, según Metcalf & Chalk (1950), la demarcación definida del floema con respecto al córtex es típica de rizomas estrechos. El cilindro vascular se compone de haces vasculares separados por amplias franjas de parénquima (Metcalf & Chalk, 1950). El análisis de los cortes indicó la tipología del haz vascular, siendo colateral. La caracterización anatómica de la médula que más se aproxima es la realizada por Metcalf & Chalk (1950), y consiste en parénquima de paredes delgadas que a menudo incluye grupos de células pétreas o braquiescleréidas. Ninguno de los autores anteriormente referenciados ha reconocido la presencia de cristales en los cortes, coincidiendo con los resultados obtenidos.

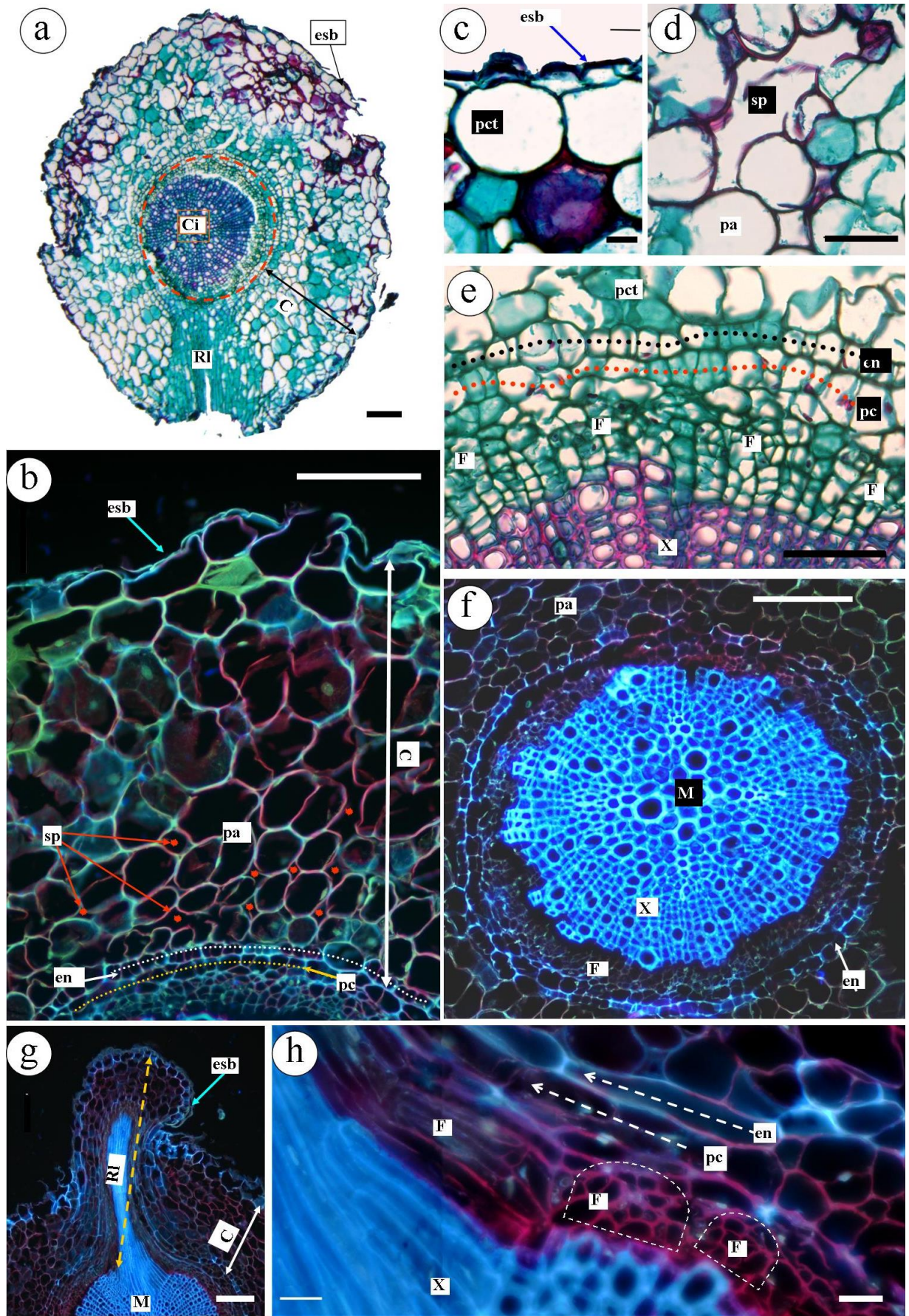


Lámina 6. Raíz de *P. lanceolata*. **a** Aspecto general. La sección de la raíz tiene contorno circular y presenta crecimiento primario tardío. **b, c** Epidermis y córtex. La epidermis uniseriada (*esb*), de células epidérmicas suberificadas, se apoya sobre un córtex (*C*) fundamentalmente parenquimático formado por parénquima aerífero (*pa*) que se extiende hacia el interior y culmina en una fila de células estrechas y compactas que forman la endodermis (*en*). **d** Parénquima aerífero. Formación de espacios intercelulares (*sp*) entre células parenquimáticas colindantes. **e** Cilindro vascular. El límite más externo del cilindro vascular (*Ci*) lo conforma una capa de células meristemáticas cuya proliferación origina raíces laterales, denominada periciclo (*pc*). El floema (*F*), que corona los haces vasculares colaterales, se separa del xilema (*X*) por una capa de células fuertemente aplastadas que forman el meristemo vascular (*mv*). **f** Médula. Fundamentalmente ocupada por células lignificadas. **g, h** Raíz lateral. La proliferación de las células del periciclo resultan en la formación de raíces laterales (*Rl*). Tinciones. **a, c-e** Safranina-Verde Rápido. Microscopios. **a** Lupa. **c-e** Microscopio óptico de campo claro. **b, f-h** Microscopio de fluorescencia. Abreviaturas: *C*: córtex; *Ci*: cilindro vascular; *en*: endodermis; *esb*: epidermis suberificada; *F*: floema; *pa*: parénquima aerífero; *pc*: periciclo; *pct*: parénquima cortical; *M*: médula; *Rl*: raíz lateral; *sp*: espacio; *X*: xilema. Escalas. **a, b, f, g** = 100 µm; **c, h** = 10 µm; **d, e** = 50 µm.

Paşca Manuela *et al.* (2016) distinguen tres zonas en la raíz de *P. lanceolata* que reconocen, del exterior hacia el interior, como rizodermis, corteza y cilindro central; asimismo, subdivide la rizodermis en una exodermis, inexistente en los cortes, la propia corteza y la endodermis. A diferencia de la peridermis observada por Bayón *et al.* (2000), la raíz de estudio muestra una rizodermis uniseriada compuesta fundamentalmente por células epidérmicas. Schmidt, W., & Bartels (1996) advirtieron la formación de células de transferencia en la rizodermis de individuos establecidos en ambientes deficientes en hierro. El córtex es fundamentalmente parenquimático de células alargadas y de paredes delgadas (Metcalf & Chalk, 1950), muchos autores (Striker *et al.*, 2007; Banach *et al.*, 2012) lo clasifican como parénquima aerífero de porosidad variable. La porosidad del parénquima aerífero de las raíces control de *P. lanceolata* empleadas en el estudio de Striker *et al.* (2007) coincide con el observado en las preparaciones y consistió en pequeños espacios de aire intercelulares relacionado con la configuración cúbica de las celdas. Como respuesta a la hipoxia, Banach *et al.* (2012) propusieron la emergencia de lagunas lisígenas en la corteza radicular, también registradas en las preparaciones. La endodermis es uniseriada y no se ha observado ningún tipo de suberificación; la presencia de endodermis es defendida por Paşca Manuela *et al.* (2016) en el propio taxón y por Metcalf & Chalk (1950) en el género, con la adición de la suberificación de sus paredes. Más internamente se dispone el cilindro vascular formado por haces vasculares de tipo colateral, donde el floema y el xilema se separan por el desarrollo del meristemo vascular.

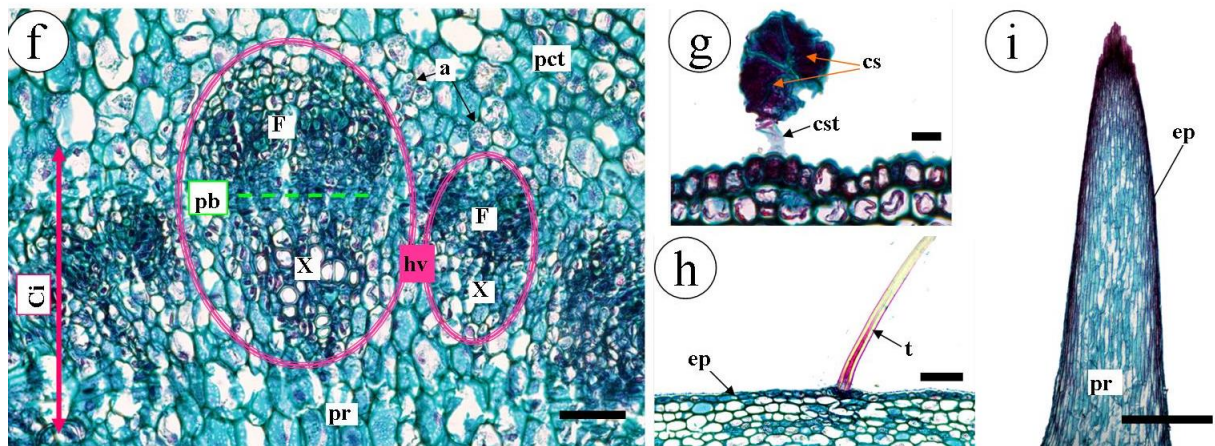
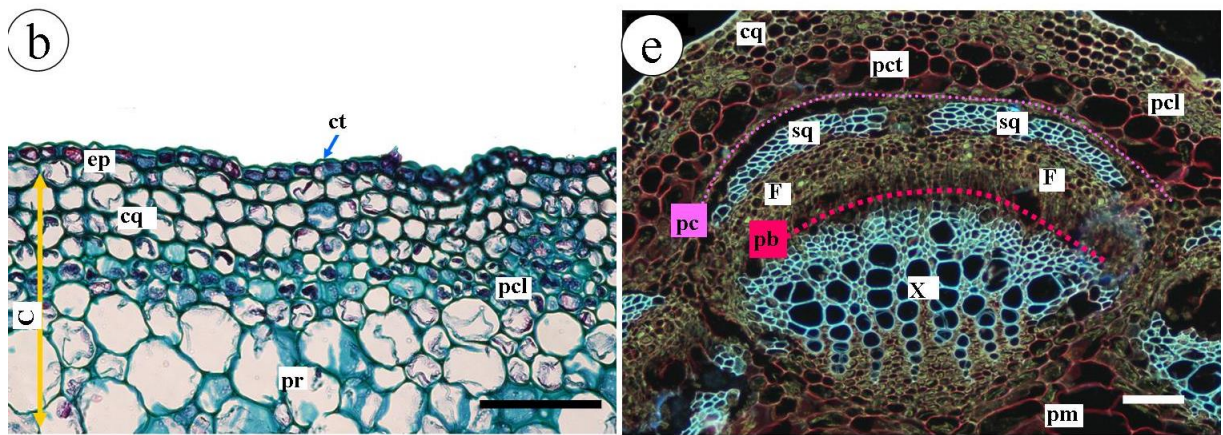
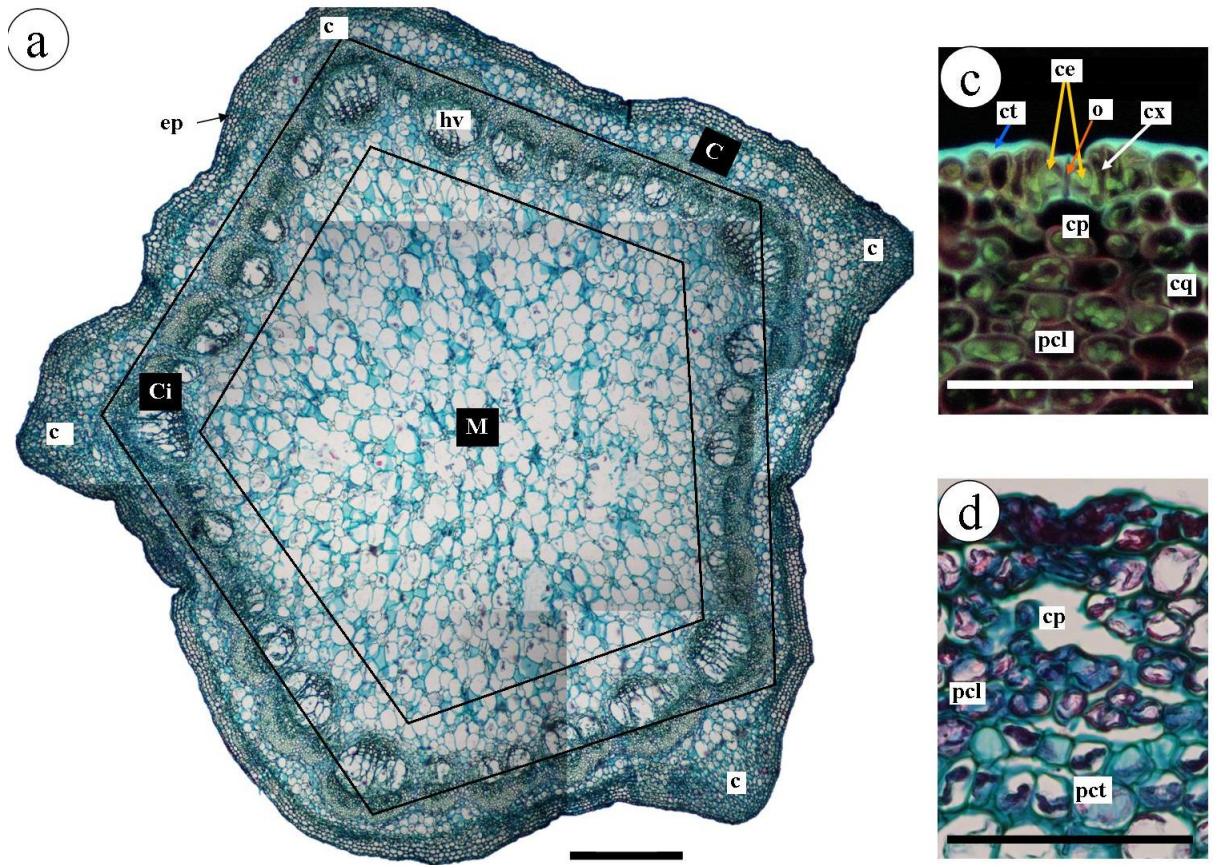


Figura 7. Tallo de *R. ulmifolius*. **a** Aspecto general. La sección tiene forma pentagonal y/o circular, dependiendo de la altura del corte, y presenta crecimiento primario. Cada vértice se corresponde con una costilla (c). Ocasionalmente, en la costilla se observan acúleos. **b** Epidermis y córtex. La epidermis es uniseriada (ep) y está cubierta en toda su extensión por una gruesa cutícula (ct). El córtex (C) presenta diferentes estratos: 1/ colénquima laminar (cq), estrato de 3-4 células de profundidad a menudo interrumpido por parénquima clorofílico, 2/ parénquima clorofílico lagunar (pcl), estrato intermedio compuesto de células con abundantes cloroplastos, y 3/ parénquima de reserva (pr), estrato más interno que fija el límite entre el córtex y la estela. **c, d** Estoma. La posición de los estomas coincide con la interrupción del colénquima cortical por parches de parénquima clorofílico que abrazan la cripta subestomática. **e, f** Cilindro vascular. Los haces vasculares colaterales están formados por floema (F), a veces sustentado por arcos de fibras extraxilares (sq), y xilema (X); ambos están separados por una fila de células meristemáticas, irregulares y aplanadas que conforman el procambium (pb). El conjunto del periciclo, los haces vasculares colaterales y la médula fundamentalmente parenquimática constituyen la estela de tipo eustela colateral. **g, h** Tricomas. **i** Acúleo. Tinciones. **a, b, d, f-i** Safranina-Verde Rápido. Microscopios. **a, b, d, f-i** Microscopio óptico de campo claro. **c, e** Microscopio de fluorescencia. Abreviaturas: *a*: amiloplasto; *C*: córtex; *c*: costilla; *ce*: célula estomática; *Ci*: cilindro vascular; *cp*: cripta subestomática; *cq*: colénquima; *cs*: célula secretora; *cst*: célula de sostén; *ct*: cutícula; *cx*: célula anexa; *ep*: epidermis; *F*: floema; *hv*: haz vascular; *M*: médula; *o*: ostiolo; *pb*: procambium; *pcl*: parénquima clorofílico; *pct*: parénquima cortical; *pm*: parénquima medular; *pr*: parénquima de reserva; *sq*: esclerénquima; *X*: xilema. Escalas. **a** = 500 µm; **b-e, g-i** = 100 µm; **f** = 50 µm.

La discusión utiliza principalmente como modelos taxones del mismo género (*Rubus*) y/o la misma familia (Rosaceae). El tallo de *R. ulmifolius* tiene sección acanalada o angulosa y presenta una pilosidad variable; Gesteira *et al.* (2008) destacan la presencia de tricomas estrellados y simples, aunque sólo se han detectado los últimos. El desarrollo de los vértices culmina en la formación del acúleo que oscila entre recto y falciforme, y generalmente está cubierto de pelos estrellados (Gesteira *et al.*, 2008) ausentes en los cortes. La descripción más aproximada de la epidermis corresponde a Narayanan *et al.* (2019), quienes describen la epidermis de *R. indicus* como una sola fila de células rectangulares elongadas cubiertas por una cutícula. La composición del córtex y la disposición de sus tejidos es similar a la de *R. indicus*; el córtex se constituye de tres zonas bien diferenciadas: zona colenquimática externa, zona clorénquimática media y zona parenquimática interna (Narayanan *et al.*, 2019). A diferencia de Zhang (1992), se ha determinado la presencia de cristales de oxalato cálcico en el cilindro vascular de las secciones; Narayanan *et al.* (2019) destaca su presencia en el floema. El cilindro vascular se compone de haces vasculares colaterales dispuestos radialmente y separados por la presencia de los radios medulares. Metcalfe & Chalk (1950) hacen una distinción de acuerdo a la brecha de separación entre haces vasculares reconociendo los rayos primarios medulares estrechos y anchos, siendo el último característico del género (*Rubus*). Asimismo, hacen una compilación de varios géneros de la familia Rosaceae que difieren en la naturaleza de la médula, incluyendo a *Rubus* en el conjunto de géneros que presentan una médula heterogénea. Solereder (1908) utilizó la disposición de las células de tanino en la médula de *Rubus* con fines taxonómicos.

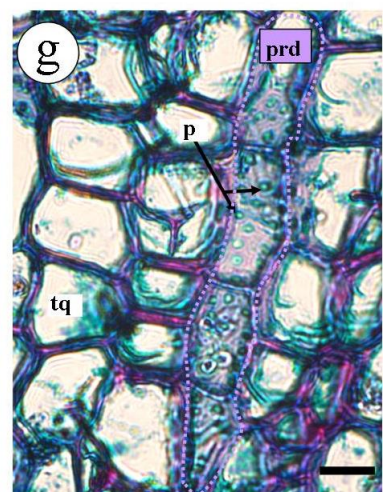
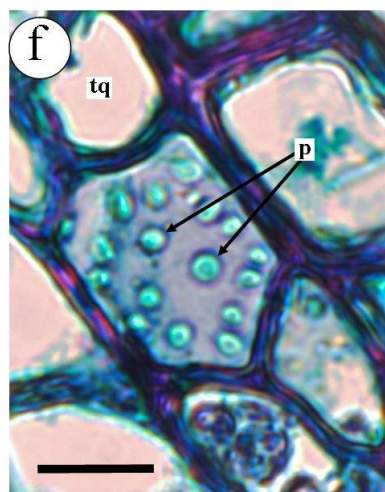
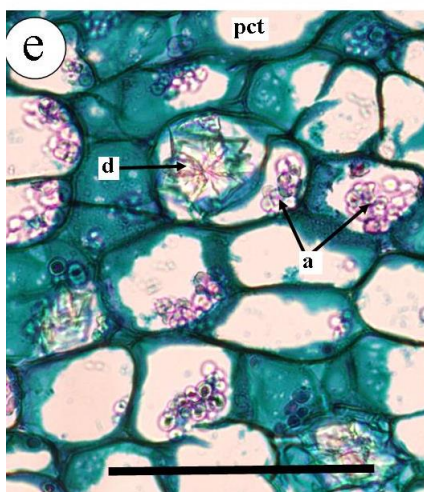
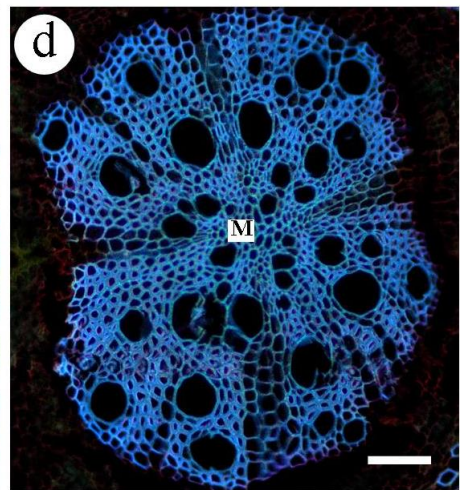
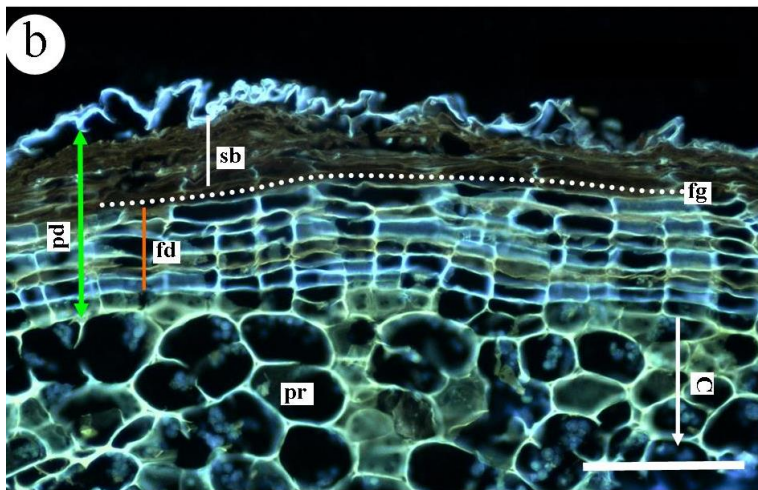
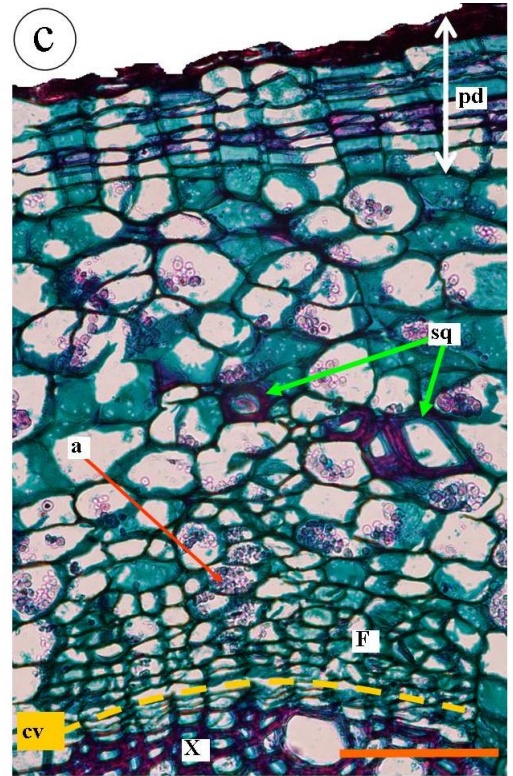
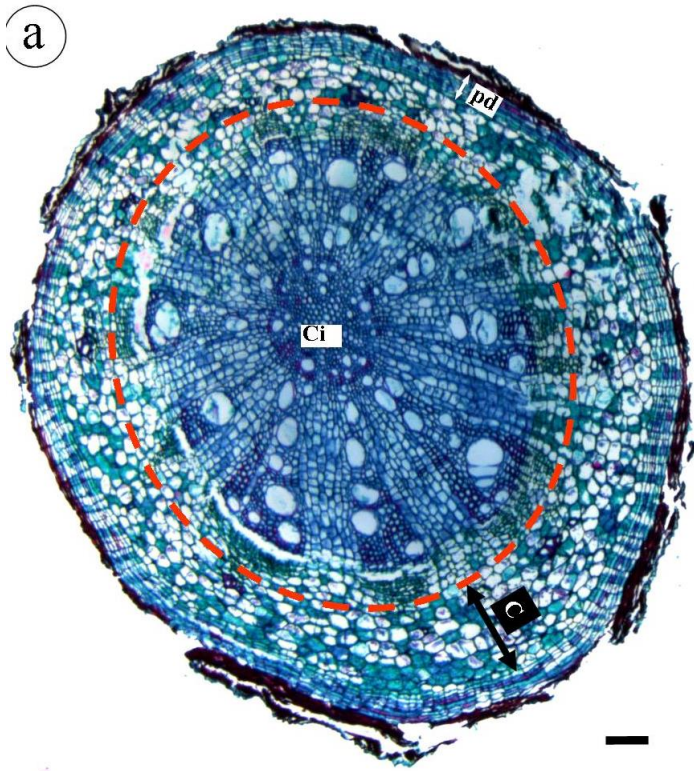


Lámina 8. Raíz de *R. ulmifolius*. **a** Aspecto general. Los cortes estudiados tienen un contorno redondeado y presentan crecimiento secundario debido a la actividad del felógeno y el cambium vascular. **b** Peridermis y córtex. El sistema dérmico se compone de una peridermis (pd), formado por varias capas de súber (sb) dispuestas superficialmente, y una gruesa felodermis (fd), formada por filas de células parenquimáticas rectangulares no suberinizadas alternas a filas de células parenquimáticas con indicios de suberización; ambas se separan entre sí por la presencia de una fila de células fuertemente aplanadas, el felógeno (fg). El cortex (C) no alcanza mucha profundidad y está constituido fundamentalmente de parénquima de reserva (pr), a menudo atravesado por cordones esclerenquimáticos (sq) instalados sobre el floema. **c** Cilindro vascular. El floema (F), que corona los haces vasculares colaterales, se separa de los vasos conductores del xilema (X) por una capa de células fuertemente aplastadas que conforman el cambium vascular (cv). **d** Médula. Fundamentalmente constituida por células lignificadas. **e** Inclusiones. Amiloplastos (a) distribuidos homogéneamente por todo el parénquima cortical y los radios medulares, además de drusas (d) en el córtex. **f, g** Xilema. Punteaduras areoladas en las paredes de las traquéidas (tq) y el parénquima radial xilemático (prd). Tinciones. **a, c, e-g** Safranina-Verde Rápido. Microscopios. **a** Lupa. **b, d** Microscopio de fluorescencia. **c, e-g** Microscopio óptico de campo claro. Abreviaturas: *a*: amiloplasto; *C*: córtex; *Ci*: cilindro vascular; *cv*: cambium vascular; *d*: drusa; *F*: floema; *fd*: felodermis; *fg*: felógeno; *M*: médula; *p*: punteadura; *pct*: parénquima cortical; *pd*: peridermis; *pr*: parénquima de reserva; *prd*: parénquima radial; *sb*: súber; *sq*: esclerenquima; *tq*: traquéida; *X*: xilema. Escalas. **a-e** = 100 µm; **f, g** = 10 µm.

La bibliografía correspondiente a la raíz de *R. ulmifolius* al igual que en el tallo es muy escasa, por ello, la discusión a menudo hace referencias relativas al género (*Rubus*) y/o la familia (Rosaceae). Varios autores (Rühl & Stosser, 1988; McKenzie & Peterson, 1995; Evert, 2008) sostienen que el tejido protector de las rosáceas consiste en una polidermis, donde la alternancia de las células parenquimáticas no suberificadas y suberificadas es evidente; sin embargo, el análisis del tejido dérmico concluye con la presencia de peridermis, también descrita por Narayanan *et al.* (2019) en *R. indicus*. Adyacente a la epidermis está la región cortical, que consiste principalmente en parénquima de reserva; Narayanan *et al.* (2019) destacan los cristales de oxalato cálcico en las células del parénquima cortical y agrupaciones de fibras pericíclicas en las zonas más internas del córtex, coincidente con los resultados obtenidos. Los haces vasculares, de acuerdo a las explicaciones de Evert (2008), son de tipo colateral y a menudo están separados por la continuidad de los radios medulares que desembocan en la región cortical (Narayanan *et al.* 2019). En el estudio del tejido vascular se detectaron abundantes placas cribosas en las paredes transversales de las traquéidas; de acuerdo a la clasificación de las punteaduras propuesta por Evert (2008) según su forma y disposición, se categorizaron como placas cribosas con punteado areolado alterno. Narayanan *et al.* (2019) señalan un gradiente en cuanto a la presencia de amiloplastos en los radios medulares y advierten de la lignificación de las paredes de las células del parénquima medular.

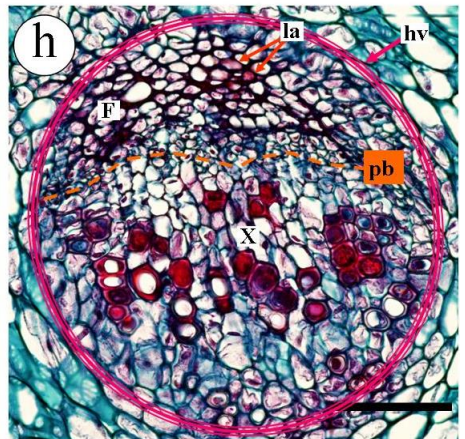
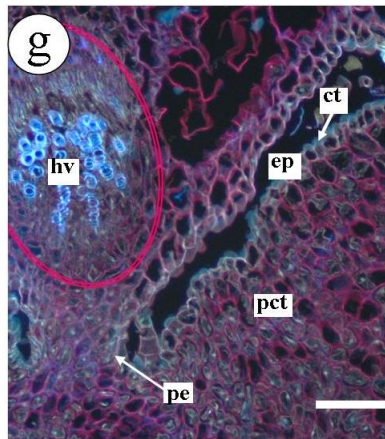
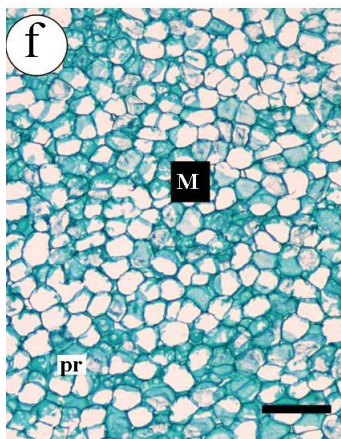
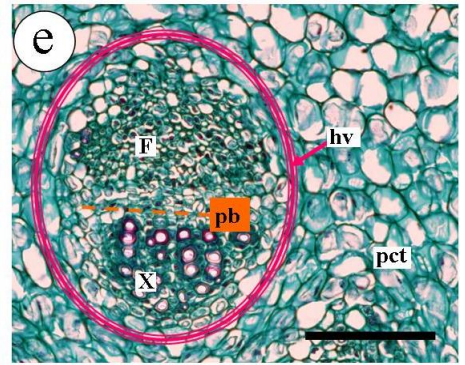
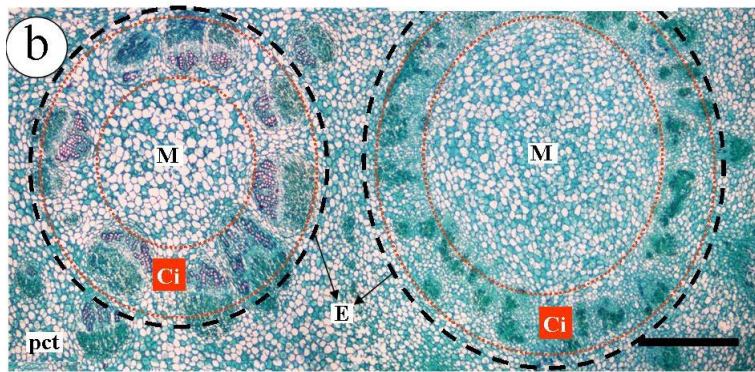
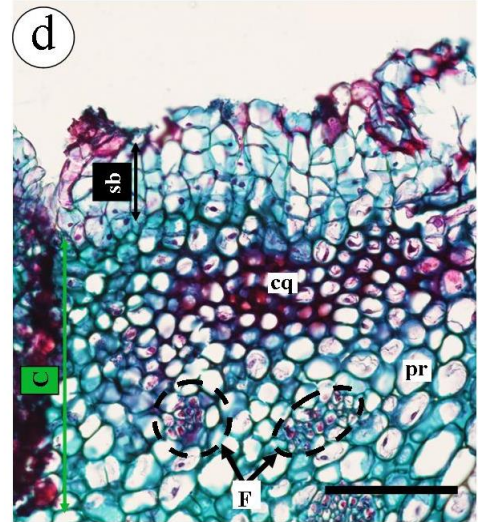
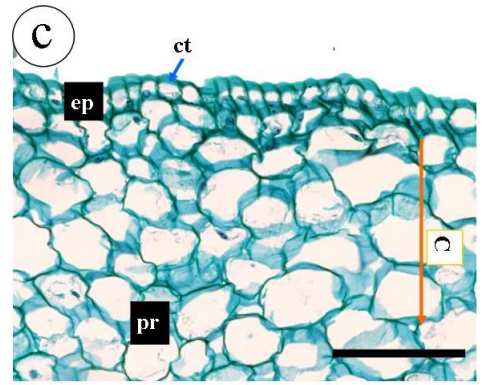
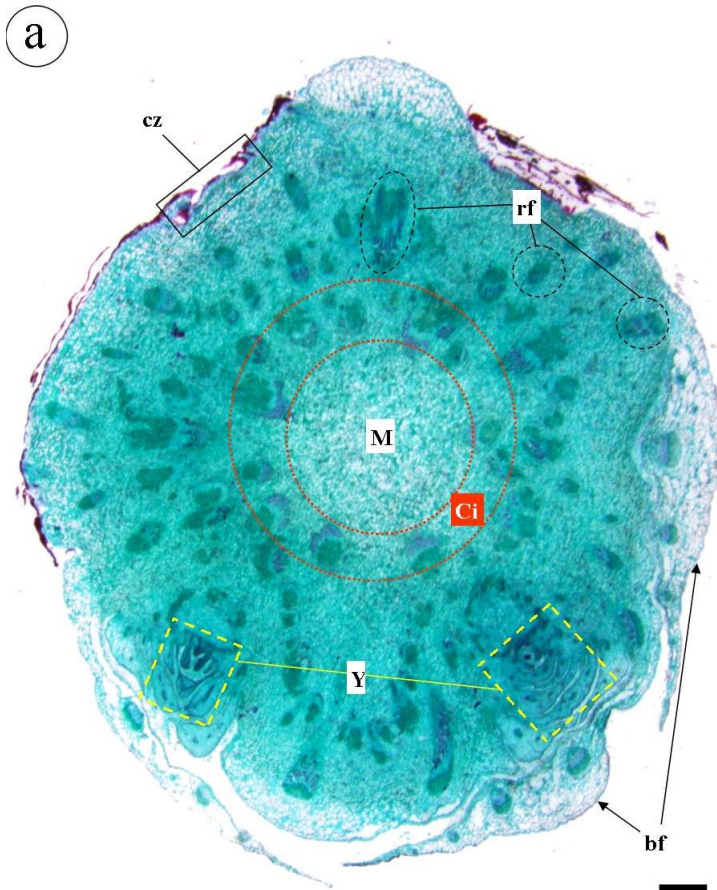


Lámina 9 Tallo de *T. officinale*. **a** Aspecto general. La sección es generalmente circular, aunque es habitual que la formación de las bases foliares pecioladas circundantes al eje distorsionen su forma. La disposición de las bases foliares justifica la filotaxia típica del género que consiste en una roseta basal. **b** Estelas. En la sección aparecen varias estelas de tipo eustela colateral inmersas en un manto parenquimático, al parecer, la división del cilindro vascular (Ci) está relacionada con el desarrollo del meristemo vascular (mv). **c** Epidermis y córtex. El tejido protector del tallo se corresponde principalmente al de las bases foliares (bf) y consiste en una epidermis unicelular (ep) de células rectangulares ligeramente cutinizadas que descansa sobre la región cortical. El córtex se extiende incluyendo las estelas y los fascículos vasculares destinados a las hojas, y se conforma fundamentalmente de parénquima de reserva (pr), aunque también se han registrado agrupaciones de colénquima anular (cq) próximas a la zona de escisión de las hojas. **d** Cicatriz. Son habituales las formaciones de súber (sb), y colénquima (cq) como tejido cicatrizante en las zonas de escisión de las hojas. **e, h** Haz vascular. El cilindro conductor se compone de la sucesión en anillo de los haces vasculares de tipo colateral, donde el floema (F) y el xilema (X) quedan separados por dos filas de células procambiales regulares (pb). La presencia de laticíferos (la) en el floema es típico de algunos haces vasculares, generalmente los relativos a los cilindros vasculares más superficiales. **f** Médula. La médula (M) es fundamentalmente parénquima de reserva; sus células, grandes y de paredes delgadas, no muestran inclusiones amiloplásticas ni cristales de oxalato cálcico. **g** Peciolo. El nacimiento de las bases foliares evidencia la formación de un pequeño peciolo (pe) que sustenta la lámina. Tinciones. **a-f, h** Safranina-Verde Rápido. Microscopios. **a** Lupa. **b-f, h** Microscopio óptico de campo claro. **g** Microscopio de fluorescencia. Abreviaturas: *bf*: base foliar; *C*: córtex; *Ci*: cilindro vascular; *cq*: colénquima; *ct*: cutícula; *cz*: cicatriz; *ep*: epidermis; *F*: floema; *hv*: haz vascular; *la*: laticífero; *M*: médula; *pb*: procambium; *pct*: parénquima cortical; *pe*: peciolo; *pr*: parénquima de reserva; *rf*: rastro foliar; *sb*: súber; *X*: xilema; *Y*: yema axilar. Escalas **a, h** = 500 µm; **b-g** = 100 µm.

Aún en la década de los cuarenta, Gier & Burrell (1942) se referían al tejido dérmico del tallo de *T. officinale* como una única fila de células regulares ligeramente cutinizadas. El sistema dérmico, según Curtis (1940), consiste en una peridermis que a menudo pasa inadvertida debido a la pérdida de las capas más superficiales y el desarrollo de las bases foliares circundantes; además, hace mención a la teoría “*leaf-skin*” de Saunders (1922) con el objeto de diferenciar el sistema dérmico del tallo y las bases foliares, y concluye que los tejidos externos del tallo corresponden a los de las bases de las hojas decurrentes. A diferencia de Curtis (1940), Gier & Burrell (1942) destacaron la presencia de colénquima en las capas más superficiales del córtex; carácter parcialmente compartido con las muestras dada su limitación a las zonas de escisión de las hojas. La corteza es principalmente parenquimática y son habituales los rastros foliares, grupos de floema aislados y laticíferos (Curtis, 1940). El cilindro vascular observado presenta la estructura típica de dicotiledóneas, con el añadido de vasos laticíferos bien desarrollados en el margen exterior del protofloema que, según Curtis (1940), constituyen el sistema laticífero pericíclico descrito por Solereder (1908). La descripción de Curtis (1940) relativa a la médula estaba enfocada a la detección de la división del cilindro vascular y la calificaba de esponjosa, de células parenquimáticas de paredes delgadas (Metcalf & Chalk, 1950); la región medular observada concuerda en todos los aspectos con la citada anteriormente. La ausencia de referencias a cerca de las inclusiones cristalinas y amiloplastos justifica su falta en los cortes.

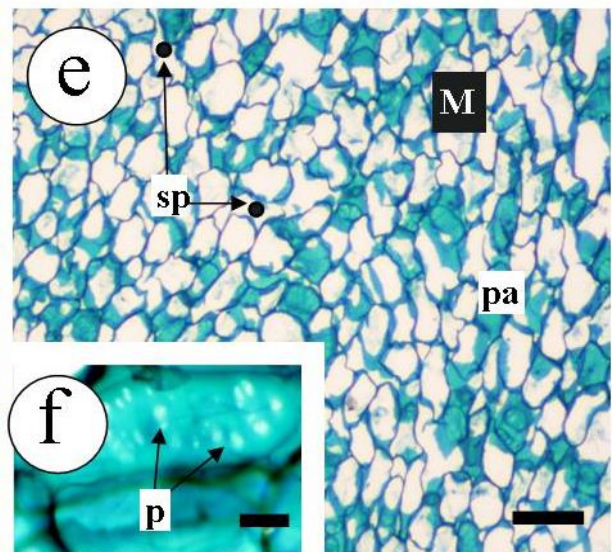
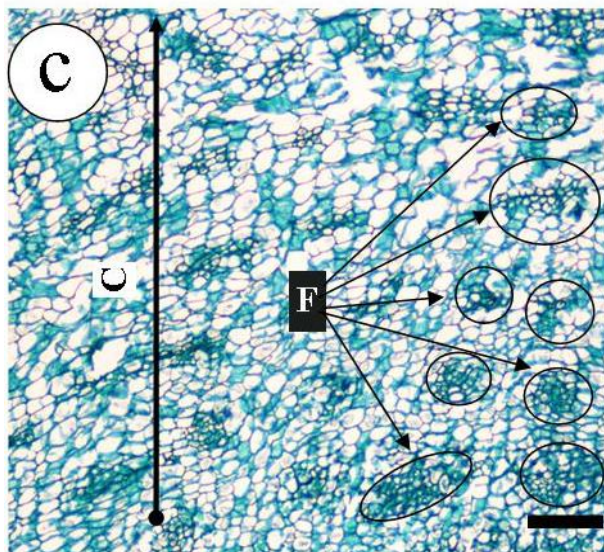
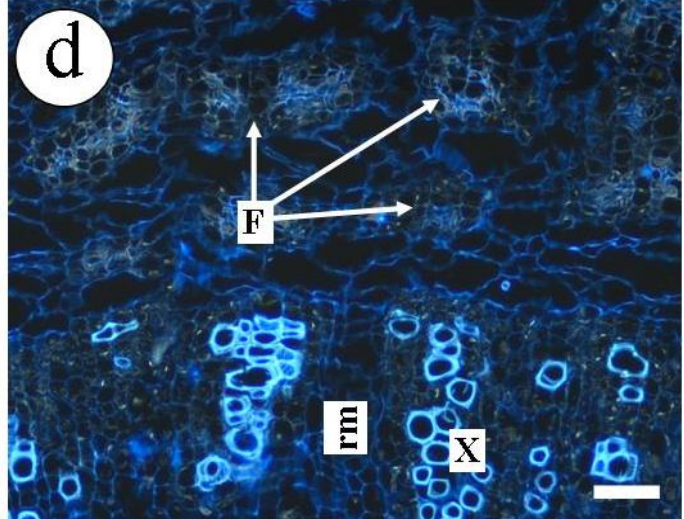
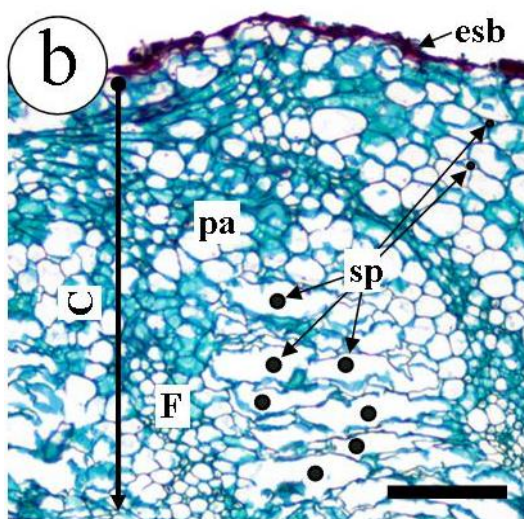
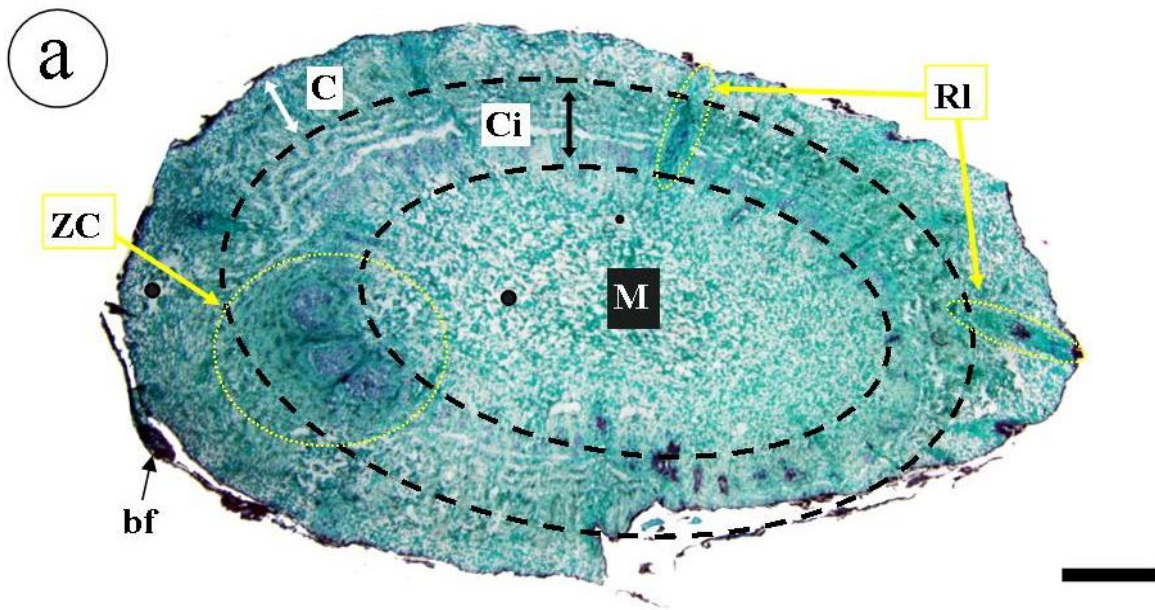


Lámina 10 Raíz de *T. officinale*. **a** Aspecto general. La sección transversal presenta un contorno ovalado, a menudo deformado debido a la escisión de las hojas basales, y crecimiento primario tardío. Obsérvense cómo las numerosas raíces laterales (Rl), con origen en el cilindro vascular (Ci), se corresponden con el sistema radicular alorrido típicamente asociado al taxón. **b** Epidermis y córtex. La epidermis se constituye por una fila de células irregulares totalmente suberificadas y se apoya sobre un córtex (C) formado por parénquima aerífero (pa), donde la presencia de espacios intercelulares (sp) es evidente. **c** Córtex. El parénquima cortical a menudo es penetrado por hileras intermitentes de fibras floemáticas formadas por la sucesión de agrupaciones independientes de floema (F); los grupos más externos están constituidos por células muertas, no son funcionales. **d** Cilindro vascular. El límite entre el cilindro vascular y el córtex no está definido, el apilamiento de las bandas de fibras de floema y la ausencia de endodermis dificulta su delimitación, por tanto, para su definición se ha tenido en cuenta el floema funcional, que se corresponde a las dos bandas más internas de floema, el meristemo vascular y el xilema. **e-f** Parénquima medular. La médula se constituye principalmente de parénquima aerífero de pequeños espacios intercelulares, en comparación con los analizados en el córtex. Obsérvense las punteaduras simples en las paredes de las células del parénquima medular. Tinciones. **a-c, e, f** Safranina-Verde Rápido. Microscopios. **a** Lupa. **b, c, e, f** Microscopio óptico de campo claro. **d** Microscopio de fluorescencia. Abreviaturas: *bf*: base foliar; *C*: córtex; *Ci*: cilindro vascular; *esb*: epidermis suberificada; *F*: floema; *M*: médula; *p*: punteadura; *pa*: parénquima aerífero; *Rl*: raíz lateral; *rm*: radio medular; *sp*: espacio; *X*: xilema; *ZC*: zona de crecimiento. Escalas **a-e** = 100 μ m; **f** = 50 μ m.

Respecto a los aspectos generales de la raíz de *T. officinale*, Hather (1988) señala la predominancia del córtex frente al resto de componentes, esta característica ha pasado inadvertida dado que las dimensiones del córtex, el cilindro vascular y la médula son equiparables; además, se refiere al tejido dérmico como una peridermis de células aplanadas tangencialmente. Metcalfe & Chalk (1950), apoyándose en otros autores (Fritsché, 1914; Curtis, 1940; Gier & Burrell, 1942) concluyeron que el tejido dérmico se componía originalmente de un corcho superficial y posteriormente se desarrollaba felógeno en el floema; sin embargo, en las secciones sólo se ha determinado la epidermis suberificada típica del crecimiento primario tardío. Adyacente a la epidermis se encuentra el córtex fundamentalmente parenquimático, donde son habituales las fibras de floema de segundo orden dispuestas en anillos concéntricos: los anillos externos se forman a partir de haces discretos de floema, mientras que los anillos internos se forman a partir de anillos completos de floema. (Hather, 1988). Roberts (1936) sugirió la posibilidad de determinar la edad del ejemplar contando los “*anillos anuales*”, refiriéndose a los anillos concéntricos de floema secundario; Curtis (1940) lo desmiente. Las referencias de laticíferos articulados en el floema secundario son muy frecuentes (Curtis, 1940; Metcalfe & Chalk, 1950; Bowes, 1976), Metcalfe & Chalk (1950) indican la importancia del uso de métodos especiales de tinción para su detección. El cilindro vascular se compone de floema en el exterior y xilema en el interior, ambos separados por la presencia del meristemo vascular. En relación al xilema, Hather (1988) advierte un aumento de las dimensiones del lumen de los elementos de los vasos más periféricos, reconociendo magnitudes de hasta 70 μ m.

Tabla 1. Características microscópicas generales, tejido dérmico, tejido fundamental y tejido vascular. de los tallos de *B. dioica*, *M. sylvestris*, *P. lanceolata*, *R. ulmifolius* y *T. officinale*.

Tallos			<i>B. dioica</i>	<i>M. sylvestris</i>	<i>P. lanceolata</i>	<i>R. ulmifolius</i>	<i>T. officinale</i>
Características generales	Inclusiones	• Drusas	-	C y M	-	+ (+)	-
		• Glandulares	+ (+++)	+ (++)	-	+ (+)	-
	Tricomas	• No glandulares	-	+ (++)	-	-	-
Tejido dérmico	Epidermis	• Cutícula	fina	gruesa	fina	gruesa	fina
		• Células	poligonales	poligonales	poligonales	isodiamétricas	poligonales
		• Estomas	+ (++)	+ (+)	-	+ (++)	-
Tejido fundamental	Parénquima	• Reserva	+ [C (4/4) y M]	+ [C (3/3) y M]	+ [C y M]	+ [C (3/3) y M]	+ [C y M]
		• Clorofílico lagunar	+ [C (2/4)]	+ [C (1/3)]	-	+ [C (2/3)]	-
	Colénquima	Laminar + [C (1/4) y ct]	Angular + [C (2/3)]	Anular + [C]	Laminar + [C (1/3)]	Anular + [cz]	
	Esclerénquima	Anillo continuo de fibras + [C (3/4)]	Grupos de fibras aislados + [Ci]	Braquiescleréidas + [M]	Arcos de fibras extraxilares + [Ci]	-	
Tejido vascular	Haz Vascular	• Colateral	-	+	+	+	+
		• Bicolateral	+	-	-	-	-

“-” indica ausencia, “+” presencia. A menudo la presencia “+” va acompañada de un paréntesis que indica cantidad (+ poco, ++ medio, +++ mucho) y/o de un corchete que indica la/s ubicaciones donde predomina. Las fracciones se corresponden exclusivamente al córtex, el numerador se refiere al nivel que ocupa el tejido en cuestión (siendo 1 más externo y 3 y 4 más interno) y el denominador el total de capas que lo conforman. Abreviaturas. *C*: córtex; *Ci*: cilindro vascular; *cz*: cicatriz; *ct*: costilla; *M*: médula.

Tabla 2. Características microscópicas generales, tejido dérmico, tejido fundamental y tejido vascular de las raíces de *B. dioica*, *M. sylvestris*, *P. lanceolata*, *R. ulmifolius* y *T. officinale*.

Raíz			<i>B. dioica</i>	<i>M. sylvestris</i>	<i>P. lanceolata</i>	<i>R. ulmifolius</i>	<i>T. officinale</i>
Características generales	Inclusiones	• Drusas	+ (+) [C]	+ (+) [C]	-	+ (+) [C]	-
		• Amiloplastos	+ (+++) [C y M]	+ (+++) [C]	-	+ (+++) [C]	-
Tejido dérmico	Epidermis		-	-	+	-	+
	Peridermis		+	+	-	+	-
	Endodermis		-	-	+	-	-
Tejido fundamental	Parénquima	• Reserva	+ [C y M]	+ [C]	-	+ [C]	-
		• Aerífero	-	-	+ [C]	-	+ [C y M]
	Colénquima		Anular + [hv]	-	-	-	-
	Esclerénquima		-	Torres triangulares de fibras floemáticas + [C]	-	Cordones de esclerénquima + [C]	-
Tejido vascular	Haz Vascular	• Colateral	+	+	+	+	+
		• Bicolateral	-	-	-	-	-

“-” indica ausencia, “+” presencia. A menudo la presencia “+” va acompañada de un paréntesis que indica cantidad (+ poco, ++ medio, +++ mucho) y/o de un corchete que indica la/s ubicaciones donde predomina. Abreviaturas. C: córtex; hv: haz vascular; M: médula.

Conclusiones

PRIMERA.

La totalidad de los cortes de tallo analizados mostraron un crecimiento primario típico de dicotiledóneas. Superficialmente todos los tallos están protegidos por una epidermis uniseriada cubierta por una cutícula de grosor variable, siendo más evidente en *M. sylvestris* y en *R. ulmifolius* que en el resto.

SEGUNDA.

La región cortical del tallo en *B. dioica*, *M. sylvestris* y *R. ulmifolius* se divide en estratos bien diferenciados donde el orden de sus componentes y su naturaleza varía atendiendo al taxón al que se refiere.

TERCERA.

La predominancia de parénquima de reserva en el tallo frente al resto de tipos celulares es evidente en el córtex de *P. lanceolata* y *T. officinale*.

CUARTA.

La estructura del tejido vascular del tallo de todos los taxones a excepción de *B. dioica* mostraron haces vasculares colaterales. Los haces vasculares de *B. dioica* son de tipo bicolateral.

QUINTA.

Las raíces de *B. dioica*, *M. sylvestris* y *R. ulmifolius* presentan crecimiento secundario, mientras que las raíces de *P. lanceolata* y *T. officinale* presentan crecimiento primario tardío. El tejido dérmico de las primeras consiste en una peridermis formada por la secuencia súber-felógeno-felodermis, de más externo a más interno, y las segundas, en una epidermis irregular generalmente suberificada.

SEXTA.

En el córtex de las raíces de *Taraxacum* y *Plantago* predomina el parénquima aerífero con abundantes espacios intercelulares y en el resto, *Bryonia*, *Malva* y *Rubus*, el parénquima de reserva con una gran carga de amiloplastos y drusas.

SÉPTIMA.

La presencia de endodermis en las raíces es exclusivo de *P. lanceolata*.

OCTAVA.

El tejido vascular de todas las raíces de estudio se organiza en haces vasculares de tipo colateral.

Referencias

- Aizpuru, I., Aseginolaza, C., Uribe-Echebarría, P., Urrutia, P. & Zorrakin, I. (1999) *Claves ilustradas de la flora del País Vasco y territorios limítrofes*. Vitoria-Gasteiz: Servicio central de publicaciones del Gobierno Vasco.
- Alonso Peña, J. R. (2011) *Manual de histología vegetal*. Madrid: Mundi-Prensa.
- Banach, K., Visser, E. J., Stepniewska, Z. & Banach, A. M. (2012). "The change of root morphology of *Plantago lanceolata* under hypoxia conditions", *Acta Agrophysica*, 19(2), pp. 253-263.
- Bayón, N. D., Colares, M. N., Arambarri, A. M. & Viña, S. (2000). "Anatomía de las especies medicinales de la Provincia Pampeana: *Plantago* L. (Plantaginaceae)", *Acta Farm. Bonaerense*, 19(4), pp. 263-72.
- Bouvrain, G. (1943). "Sur un mode de réduction du nombre des convergents dans la tige de *Bryonia dioica* (Cucurbitacées)", *Bulletin de la Société Botanique de France*, 90(9), pp. 172-177.
- Bowes, B. G. (1976). "Polar regeneration in excised roots of *Taraxacum officinale* Weber: a light and electron microscopic study", *Annals of Botany*, 40(3), pp. 423-432.
- Curtis, W. M. (1940). "The structure and development of some apomicts of *Taraxacum*", *Bulletin of Miscellaneous Information (Royal Botanic Gardens, Kew)*, 1940(1), pp. 1-29.
- Duarte, A. J. (2015). "Historia de la Histología", *Revista Médica Hondureña*, 83(1), pp. 77-81.
- Evert, R. F. (2008) *Esau anatomía vegetal. Meristemas, células y tejidos de las plantas: su estructura, función y desarrollo*. 3.^a ed. Barcelona: Omega, S. A.
- Fourcroy, M. (1943). "Connections anormales des faisceaux dans la tige de *Bryonia dioica*", *Bulletin de la Société Botanique de France*, 90(9), pp. 168-172.
- Fritsché, E. (1914). "Recherches anatomiques sur le *Taraxacum vulgare* Schrk. Arch", *Inst. bot. Univ. Liège*, 5, pp. 25.
- Ganea, M., Ghitea, T. C., Groza, F., Pașca, B., Gîtea, D. & Pallag, A. (2019). "The morpho-anatomic comparative study of two species in the Malvaceae family", *Analele Universitatii din Oradea*, (32), 207-212.
- Gesteira, E. M., Bobillo, M. T. S., Beato, M. T. A., Álvarez, M. L. & Santos, I. L. (2008) *Plantas medicinales españolas. Familia Rosaceae*. Salamanca: Universidad de Salamanca.
- Gier, L. J. & Burrell, R. M. (1942). "Anatomy of *Taraxacum officinale* 'Weber'", *Transactions of the Kansas Academy of Science*, 45, pp. 94-97.
- Estébanez, B. (2015). *Herbario histológico del Campus de la Universidad de León: histología de las hojas de Bryonia, Malva, Plantago, Rubus y Taraxacum*. Trabajo de fin de grado. Universidad de León.
- Estébanez, B., & Álvarez, R. (2015). "Aproximación a la histología foliar de *Bryonia, Malva, Plantago, Rubus, Taraxacum*", *Ambiociencias*, (13), pp. 52-65.
- Guvenc, A., Ozkan, A. M., Erdurak, C. S. & Coskun, M. (2003). "Root, stem and leaf anatomy of *Abutilon theophrastii* Medik. (Malvaceae)", *Pakistan Journal of Botany*, 35 (3), pp. 351-359.
- Hamed, K., Hassan, S., Mohamed, A. & Hosney, N. (2014). "Morphological and anatomical study on Plantaginaceae Juss. and some related taxa of Scrophulariaceae Juss", *Egypt. J. Exp. Biol. (Bot.)*, 10(2), pp. 135-146.
- Hather, J. G. (1988) *The morphological and anatomical interpretation and identification of charred vegetative parenchymatous plant remains*. Doctoral dissertation. University of London.
- Rus, L., Ielciu, I., Păltinean, R., Vlase, L., Ștefănescu, C. & Crișan, G. (2015). "Morphological and histo-anatomical study of *Bryonia alba* L. (Cucurbitaceae)", *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 43(1), pp. 47-52.

- McKenzie, B. E. & Peterson, C. A. (1995). "Root browning in *Pinus banksiana* Lamb. and *Eucalyptus pilularis* Sm. 2 Anatomy and permeability of the cork zone", *Botanica Acta*, 108(2), pp. 138-143.
- Megías, M., Molist, P., & Pombar, M. A. (2018). *Atlas de histología vegetal y animal*. Disponible en: <http://mmegias.webs.uvigo.es/inicio.html> (Accedido: 18 de marzo de 2021).
- Narayanan, B., Mana H. C. & Thara, U. B. (2019). "Microscopic characterisation of root, stem and leaves of an unresolved species: *Rubus indicus* (Rosaceae)", *International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, 10(8), pp. 3715-3720.
- Paşca Manuela, B., Pallag, A., Gitea, D., Nemeth, S. & Gavriş, C. (2016). "Comparative histological analysis of some vegetal products obtained from *Plantago* L. genus", *Analele Universităţii din Oradea*, (26), pp. 85-92.
- Renobales, G. & Sallés, J. (2001). *Plantas de interés farmacéutico*. Lejona: Universidad del País Vasco.
- Roberts, H. F. (1936). "Seed Reproduction in *Dandelion*", *Scientific Agriculture*, 17(4), pp. 235-242.
- Romitelli, I. & Martins, M. B. G. (2013). "Comparison of leaf morphology and anatomy among *Malva sylvestris* (" gerânio-aromático"), *Pelargonium graveolens* (" falsa-malva") and *Pelargonium odoratissimum* (" gerânio-de-cheiro")", *Revista Brasileira de Plantas Mediciniais*, 15(1), pp. 91-97.
- Saunders, E. R. (1922). "The Leaf-skin Theory of the Stem", *Annals of Botany*, 36(142), pp. 135-165.
- Schmidt, W. & Bartels, M. (1996). "Formation of root epidermal transfer cells in *Plantago*", *Plant physiology*, 110(1), pp. 217-225.
- Solereeder, H. (1908). *Systematic anatomy of the Dicotyledons*. Vol. II. Oxford: Clarendon Press.
- Striker, G. G., Insausti, P., Grimoldi, A. A. & Vega, A. S. (2007). "Trade-off between root porosity and mechanical strength in species with different types of aerenchyma", *Plant, Cell and Environment*, (30), pp. 580-589.
- Zhang, S. Y. (1992). "Systematic wood anatomy of the Rosaceae", *Blumea*, (37), pp. 81-158.
- Zimmermann, A. (1922). *Die cucurbitaceen, beiträge zur anatomie, physiologie, morphologie, biologie, pathologie und systematik*. Vol. I. Jena: G. Fischer.